

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA  
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA  
LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA

STUDIO VIBRAZIONALE

Relazione Generale

SCALA:

-

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

RC1C 03 R 22 RG IM0004 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione esecutiva	F. Tamburini	Novembre 2021	R. Azzarito A. Corvaja	Novembre 2021	I. D'Amore	Novembre 2021	C. Ercolani ITALFERR S.p.A. Dott.ssa Carolina Ercolani S.O. Ambiente	Novembre 2021

1	PREMESSA .....	4
2	RIFERIMENTI LEGISLATIVI .....	5
2.1	ISO 2631 “VALUTAZIONE SULL’ESPOSIZIONE DEL CORPO UMANO ALLE VIBRAZIONI” .....	5
2.2	UNI 9614 “MISURA DELLE VIBRAZIONI NEGLI EDIFICI E CRITERI DI VALUTAZIONE DEL DISTURBO” .....	6
2.3	UNI 9916 “CRITERI DI MISURA E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLE VIBRAZIONI SUGLI EDIFICI” .....	7
3	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO DELLA LINEA FERROVIARIA .....	10
3.1	CONTESTO GEOLOGICO.....	10
3.2	MODELLO PREVISIONALE .....	17
3.3	CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE.....	17
3.4	LA PROPAGAZIONE DELLE ONDE VIBRAZIONALI .....	30
4	INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITÀ E PREVISIONE DELL’IMPATTO IN FASE DI ESERCIZIO .....	46
4.1	CONSIDERAZIONI GENERALI .....	46
4.2	TRAFFICO E VELOCITÀ DI ESERCIZIO.....	47
4.3	LIVELLO DI EMISSIONE COMPLESSIVO.....	49
	<i>4.3.1 Valori attesi per i tratti al coperto (Galleria): valutazione sul livello dei periodi di riferimento da pk 4+233 a pk 17+265 Galleria da pressi Bivio Settimo verso Bivio Pantani.....</i>	<i>49</i>
	<i>4.3.2 Valori attesi per i tratti al coperto (Galleria): valutazione sul livello dei periodi di riferimento da pk 17+516 a pk 20+404 galleria da pressi Bivio Pantani a Paola.....</i>	<i>54</i>
	<i>4.3.3 Valori attesi per i tratti al coperto (Galleria): valutazione sul livello dei periodi di riferimento da pk18+491 a pk 20+728 galleria da pressi Bivio Pantani a San Lucido .....</i>	<i>56</i>
	<i>4.3.4 Valori attesi per i tratti al coperto (Galleria): valutazione sul livello evento critico.....</i>	<i>61</i>
	<i>4.3.5 Valori attesi per i tratti allo scoperto (Viadotto) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Bivio Settimo – Cosenza da pk 0+286 a pk 4+233.....</i>	<i>63</i>
	<i>4.3.6 Valori attesi per i tratti allo scoperto (Rilevato) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Bivio Settimo - Cosenza da pk 0+000 a pk 0+286.....</i>	<i>66</i>
	<i>4.3.7 Valori attesi per i tratti allo scoperto (Rilevato e Trincea) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Bivio Settimo - Cosenza da pk 0+286 a pk 4+233 .....</i>	<i>69</i>

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA <b>RC1C</b>	LOTTO <b>03 R 22</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>IM0004 002</b>	REV. <b>A</b>

4.3.8	Valori attesi per i tratti allo scoperto (Rilevato e Trincea) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Paola - Bivio Pantani .....	72
4.3.9	Valori attesi per i tratti allo scoperto (Rilevato e Trincea) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario San Lucido – Bivio Pantani .....	75
4.3.10	Valori attesi per i tratti allo scoperto su Linea Storica (Viadotto) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Bivio Settimo – Bivio Antonello .....	80
4.3.11	Valori attesi per i tratti allo scoperto su Linea Storica (Rilevato) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Bivio Antonello - Cosenza.....	84
4.3.12	Valori attesi per i tratti allo scoperto su Linea Storica (Rilevato) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Paola – San Lucido.....	88
5	CONCLUSIONI .....	92

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	4 di 94

## 1 PREMESSA

Il presente documento contiene i risultati dello studio relativo all'impatto vibrazionale prodotto dall'esercizio della Linea Ferroviaria Salerno – Reggio Calabria: Nuova linea AV Salerno – Reggio Calabria – Lotto 3: Raddoppio Cosenza – Paola (Commessa RC19.1T02).

Il lavoro tiene conto delle indicazioni delle norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, basandosi anche sui risultati della campagna di rilievi vibrometrici appositamente eseguita nell'ambito della Progettazione in oggetto e a cui si fa riferimento per i dettagli del caso.

L'analisi dei livelli vibrometrici alla sorgente, lungo la linea di propagazione ed agli eventuali ricettori prossimi alla linea ferroviaria è effettuata distinguendo le tipologie di convogli effettivamente transitanti sulla ferrovia, le condizioni geologiche che costituiscono il terreno tra ferrovia e ricettori e la tipologia di ricettore in termini di struttura e numero di piani.

Il valore complessivo di accelerazione, che tiene conto anche del modello di esercizio all'orizzonte temporale di progetto, è confrontato con i limiti indicati dalle norme tecniche per il periodo diurno (07-22) e il periodo notturno (22-07), così come previsto dal “*Manuale di Progettazione delle Opere Civili di RFI (cod. RFI RFIDTCSIAMMAIFS001D di dicembre 2020)*”.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	5 di 94

## 2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI

A differenza del rumore ambientale, regolamentato a livello nazionale dalla Legge Quadro n. 447/95, non esiste al momento alcuna legge che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni. Esistono invece numerose norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, che costituiscono un utile riferimento per la valutazione del disturbo in edifici interessati da fenomeni di vibrazione.

Per quanto riguarda il disturbo alle persone, i principali riferimenti sono costituiti dalla norma ISO 2631 / Parte 2 "Evaluation of human exposure to whole body vibration / "Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz)". La norma assume particolare rilevanza pratica poiché ad essa fanno riferimento le norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale relativi alla componente ambientale "Vibrazioni", contenute nel D.P.C.M. 28/12/1988. Ad essa, seppur con alcune non trascurabili differenze, fa riferimento la norma UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo".

Si riporta di seguito la principale normativa tecnica esistente in riferimento all'aspetto ambientale vibrazioni.

### 2.1 ISO 2631 "Valutazione sull'esposizione del corpo umano alle vibrazioni"

La ISO 2631-2 si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi x, y e z per persone in piedi, sedute o coricate. Il campo di frequenze considerato è 1÷80 Hz e il parametro di valutazione è il valore efficace dell'accelerazione  $a_{rms}$  definito come:

$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

dove  $a(t)$  è l'accelerazione in funzione del tempo, T è la durata dell'integrazione nel tempo dell'accelerazione. La norma definisce tre curve base per le accelerazioni e tre curve base per le velocità (in funzione delle frequenze di centro banda definite per terzi di ottava) che rappresentano le curve approssimate di uguale risposta in termini di disturbo, rispettivamente per le accelerazioni riferite all'asse Z, agli assi X, Y e alla combinazione dei tre assi. L'Annex A della ISO 2631-2 (che non rappresenta peraltro parte integrante della norma) fornisce informazioni sui criteri di valutazione della risposta soggettiva alle vibrazioni; in pratica sono riportati i fattori di moltiplicazione da applicare alle curve base delle accelerazioni e delle velocità al variare del periodo di riferimento (giorno e notte), del tipo di vibrazione (vibrazioni continue o intermittenti, vibrazioni transitorie) e del tipo di insediamento (ospedali, laboratori di precisione, residenze, uffici, industrie).

Le vibrazioni devono essere misurate nel punto di ingresso nel corpo umano e deve essere rilevato il valore di accelerazione r.m.s. perpendicolarmente alla superficie vibrante. Nel caso di edifici residenziali in cui non è facilmente definibile un asse specifico di vibrazione, in quanto lo stesso edificio può essere usato da persone in

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	6 di 94

pedi o coricate in diverse ore del giorno, la norma presenta una curva limite che tiene conto delle condizioni più sfavorevoli combinate in tre assi.

## 2.2 UNI 9614 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”

La norma è sostanzialmente in accordo con la ISO 2631-2. Tuttavia, sebbene le modalità di misura siano le stesse, la valutazione del disturbo è effettuata sulla base del valore di accelerazione r.m.s. ponderato in frequenza, il quale è confrontato con una serie di valori limite dipendenti dal periodo di riferimento (*giorno*, dalle 7:00 alle 22:00, e *notte*, dalle 22:00 alle 7:00) e dalle destinazioni d’uso degli edifici. Generalmente, tra le due norme, la UNI 9614 si configura come più restrittiva.

I livelli di soglia indicati dalla suddetta norma sono riportati nella tabella seguente:

Luogo	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	L [dB]
Aree critiche	3.3 10 <sup>-3</sup>	71
Abitazioni (notte)	5.0 10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni (giorno)	7.2 10 <sup>-3</sup>	77
Uffici	14.4 10 <sup>-3</sup>	83
Fabbriche	28.8 10 <sup>-3</sup>	89

**Tabella 2-1 – Valori di soglia di vibrazione relativi al disturbo alle persone (UNI 9614)**

Considerato che gli effetti prodotti dalle vibrazioni sono differenti a seconda della frequenza delle accelerazioni, vanno impiegati dei filtri che ponderano le accelerazioni a seconda del loro effetto sul soggetto esposto. Tali filtri rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo.

I simboli dell’accelerazione complessiva ponderata in frequenza e del corrispondente livello sono rispettivamente,  $a_w$  e  $L_w$ . Quest’ultimo, espresso in dB, è definito come  $L_w = 20 \log_{10} (a_w / 10^{-6} \text{ ms}^{-2})$ . Il filtro per le accelerazioni che si trasmettono secondo l’asse z prevede una attenuazione di 3 dB per ottava tra 4 e 1 Hz, una attenuazione nulla tra 4 e 8 Hz ed una attenuazione di 6 dB per ottava tra 8 e 80 Hz. Il filtro per le accelerazioni che si trasmettono secondo gli assi x e y prevede un’attenuazione nulla tra 1 e 2 Hz e una attenuazione di 6 dB per ottava tra 2 e 80 Hz. La banda di frequenza 1-80 Hz deve essere limitata da un filtro passabanda con una pendenza asintotica di 12 dB per ottava. Nel caso la postura del soggetto esposto non sia nota o vari nel tempo, va impiegato il filtro definito nel prospetto I della norma, ottenuto considerando per ogni banda il valore minimo tra i due filtri suddetti. In alternativa, i rilievi su ogni asse vanno effettuati utilizzando in successione i filtri sopraindicati; ai fini della valutazione del disturbo verrà considerato il livello dell’accelerazione complessiva ponderata in frequenza più elevato.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	7 di 94

Nell'Appendice della norma UNI 9614, che non costituisce parte integrante della norma, si indica che la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni di livello costante deve essere svolta confrontando i valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, o i corrispondenti livelli più elevati riscontrati sui tre assi, con una serie di valori limite riportati nei prospetti II e III.

Quando i valori o i livelli delle vibrazioni in esame superano i limiti, le vibrazioni possono essere considerate oggettivamente disturbanti per il soggetto esposto. Nel caso di vibrazioni di tipo impulsivo è necessario misurare il livello di picco dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza; tale livello deve essere successivamente diminuito di 3 dB al fine di stimare il corrispondente livello efficace. I limiti possono essere adottati se il numero di eventi impulsivi giornalieri non è superiore a 3. Nel caso si manifestino più di tre eventi impulsivi giornalieri i limiti fissati per le abitazioni, gli uffici e le fabbriche vanno diminuiti in base al numero di eventi e alla loro durata, moltiplicandoli per un fattore correttivo F. Nessuna riduzione può essere applicata per le aree critiche. Nel caso di impulsi di durata inferiore a 1 s si deve porre  $F = 1.7 \cdot N^{-0.5}$ . Per impulsi di durata maggiore si deve porre  $F = 1.7 \cdot N^{-0.5} \cdot t^{-k}$ , con  $k = 1.22$  per pavimenti in calcestruzzo e  $k = 0.32$  per pavimenti in legno. Qualora i limiti così calcolati risultassero inferiori ai limiti previsti per le vibrazioni di livello stazionario, dovranno essere adottati questi ultimi valori.

### 2.3 UNI 9916 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici”

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 e 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 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 per semplicità gamme di frequenza variabili da 0.1 a 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale (vento, terremoti, ecc.) nonché ad eccitazioni causate dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza delle vibrazioni può essere più ampio; 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 UNI 9916 contiene una guida semplificata per la classificazione degli edifici secondo la loro probabile reazione alle vibrazioni meccaniche

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA <b>RC1C</b>	LOTTO <b>03 R 22</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>IM0004 002</b>	REV. <b>A</b>

trasmesse attraverso il terreno. Nell'ambito di questa classificazione, un sistema dinamico è costituito dal terreno e dallo strato di base (magrone) sul quale si trovano le fondazioni oltre che la struttura medesima dell'edificio.

Le strutture comprese nella classificazione riguardano:

- tutti gli edifici residenziali e gli edifici utilizzati per le attività professionali (case, uffici, ospedali, case di cura, ecc.);
- gli edifici pubblici (municipi, chiese, ecc.);
- edifici vecchi ed antichi con un valore architettonico, archeologico e storico;
- le strutture industriali più leggere spesso concepite secondo le modalità costruttive in uso per gli edifici abitativi.

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 la reazione di una struttura agli effetti delle 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 e antichi o strutture costruite con criteri tradizionali (Gruppo 1) e edifici e strutture moderne (Gruppo 2). L'associazione della categoria viene fatta risalire alle caratteristiche tipologiche e costruttive della costruzione e al numero di piani.

Le fondazioni sono classificate in tre classi. La Classe A comprende fondazioni su pali legati in calcestruzzo armato e acciaio, platee rigide in calcestruzzo armato, pali di legno legati tra loro e muri di sostegno a gravità; la Classe B comprende pali non legati in calcestruzzo armato, fondazioni continue, pali e platee in legno; la Classe C infine comprende i muri di sostegno leggeri, le fondazioni massicce in pietra e la condizione di assenza di fondazioni, con muri appoggiati direttamente sul terreno.

Il terreno viene classificato in sei classi: rocce non fessurate o rocce molto solide, leggermente fessurate o sabbie cementate (Tipo a); terreni compattati a stratificazione orizzontale (Tipo b); terreni poco compattati a stratificazione orizzontale (Tipo c); piani inclinati, con superficie di scorrimento potenziale (Tipo d); terreni granulari, sabbie, ghiaie (senza coesione) e argille coesive sature (Tipo e) e materiale di riporto (Tipo f).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	9 di 94

L'Appendice B della UNI 9916 contiene i criteri di accettabilità dei livelli delle vibrazioni con riferimento alla DIN 4150 e al Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 24 gennaio 1986 “*Norme tecniche relative alle costruzioni in zona sismica.*” La parte 3 della DIN 4150 indica le velocità massime ammissibili per vibrazioni transitorie:

- sull'edificio (nel suo complesso)
- sui pavimenti:  $v < 20$  mm/s in direzione verticale nel punto di massima vibrazione e le velocità massime ammissibili per vibrazioni stazionarie:
- sull'edificio (nel suo complesso):  $v < 5$  mm/s in direzione orizzontale sull'ultimo piano
- sui pavimenti:  $v < 10$  mm/s in direzione verticale nel punto di massima vibrazione.

Per velocità massima è da intendersi la velocità massima di picco. Essa 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 e il valore efficace. Per onde sinusoidali si assume  $F = 1.41$ ; in altri casi si possono assumere valori maggiori. Nei casi più critici (ed es. esplosioni di mina) F può raggiungere il valore 6. 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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	10 di 94

### 3 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO DELLA LINEA FERROVIARIA

L'esercizio di una linea ferroviaria è fonte di sollecitazioni dinamiche nel terreno circostante. Le cause di tali vibrazioni sono da ricondursi all'interazione del sistema veicolo/armamento/struttura di sostegno e dipendono da diversi fattori quali la tipologia di convoglio, le velocità di esercizio le caratteristiche dell'armamento, la tipologia di terreni e non ultimo le caratteristiche strutturali dei fabbricati.

Le vibrazioni sono in grado di determinare effetti indesiderati sulla popolazione esposta e sugli edifici. Il disturbo sulle persone, classificato come "*annoyance*", dipende in misura variabile dall'intensità e frequenza dell'evento disturbante e dal tipo di attività svolta. Le vibrazioni possono causare danni agli edifici in alcune situazioni, o in presenza di caratteristiche di estrema suscettività strutturale o di elevati e prolungati livelli di sollecitazione dinamica. 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*.

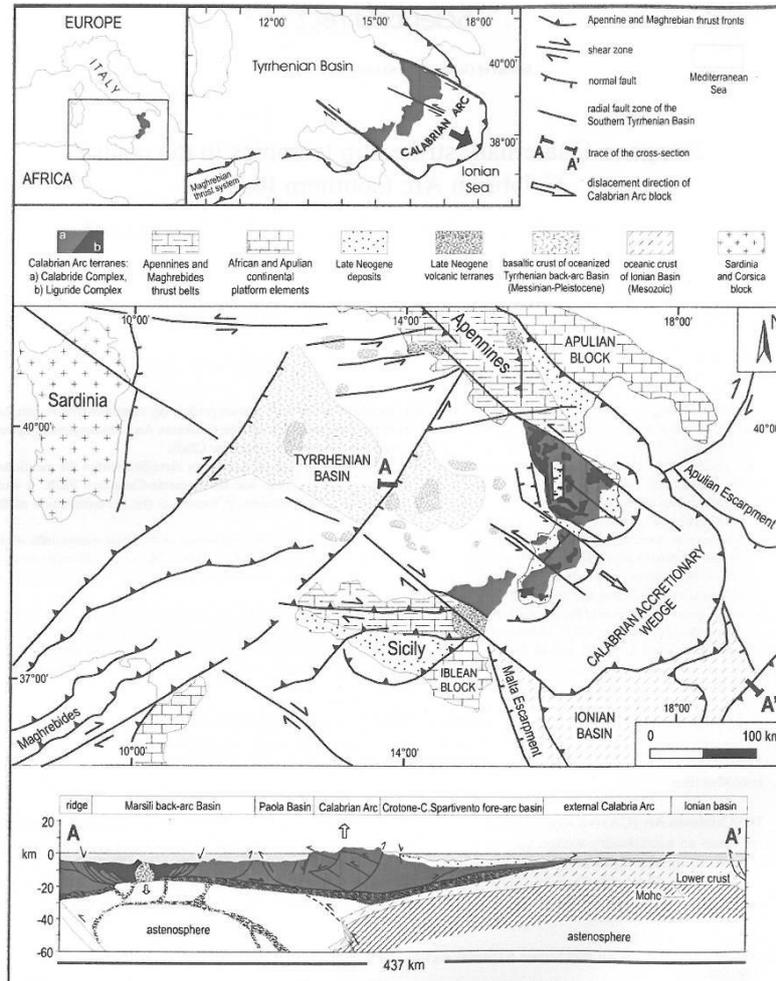
Nel caso specifico il territorio interessato dal progetto è di tipo rurale, caratterizzato da un'alternanza di aree agricole/incolti, residenze sparse e strutture del produttivo industriale e artigianale. La tipologia edilizia è costituita per le residenze da fabbricati generalmente di 1, 2 o 3 piani in parte con struttura in muratura e in parte con struttura in c.a. I terreni affioranti interessati dal tracciato di progetto sono principalmente di tipo sciolto e presentano un comportamento abbastanza omogeneo in relazione al trasferimento di onde vibratorie.

Per quanto riguarda le sorgenti vibrazionali attualmente presenti si evidenzia l'attuale linea ferroviaria che si sviluppa parallelamente alla tratta ferroviaria in progetto.

#### 3.1 Contesto geologico

Il contesto geologico dell'area di studio, lungo cui si intesta la linea di progetto di interesse, ricade nella porzione occidentale dell'Arco Calabro-Peloritano. Le presenti informazioni sono state estrapolate dalle relazioni specialistiche riguardanti la geologia, i sondaggi geognostici e le indagini geofisiche, documenti ai quali si rimanda per maggiori dettagli.

L'arco Calabro-Peloritano è caratterizzato da un esteso basamento paleozoico di natura cristallina e metamorfica su cui poggiano successioni sedimentarie tardo-cenozoiche a composizione carbonatica, evaporitica e silicoclastica. Inoltre, costituisce una delle più importanti strutture dell'orogene Appenninico-Maghrebide e rappresenta, in buona sostanza, un cuneo di accrezione causato dalla collisione tra Africa ed Europa.



**Figura 1 – Schema geologico strutturale semplificata del Mediterraneo Centrale e dell’area Calabro-Peloritano (fonte Tansi et al 2007)**

L’assetto geologico e i rapporti tra le differenti successioni affioranti si sono delineati nel tempo a causa della storia deformativa polifasica della zona.

Nello specifico, nell’area di studio, si sono sviluppate due strutture tettoniche di importanza regionale a partire dal Pliocene: la Catena costiera e il Graben del Crati.

La Catena Costiera si è sviluppata a partire dal Pleistocene medio grazie all’attività di faglie orientate N-S, con un tasso di sollevamento di circa 0.8-1 mm/a negli ultimi 700.000 anni. Tale catena è un elemento strutturale dell’Arco Calabro allungato in senso meridiano dalla Linea di Sangineto, a nord, alla bassa valle del F. Savuto, a sud. Tale struttura è delimitata ad occidente dal graben di Paola e ad oriente dal graben del Crati, essenzialmente tramite strutture distensive ad andamento circa meridiano. L’horst risulta costituito, essenzialmente, da litotipi cristallino-

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	12 di 94

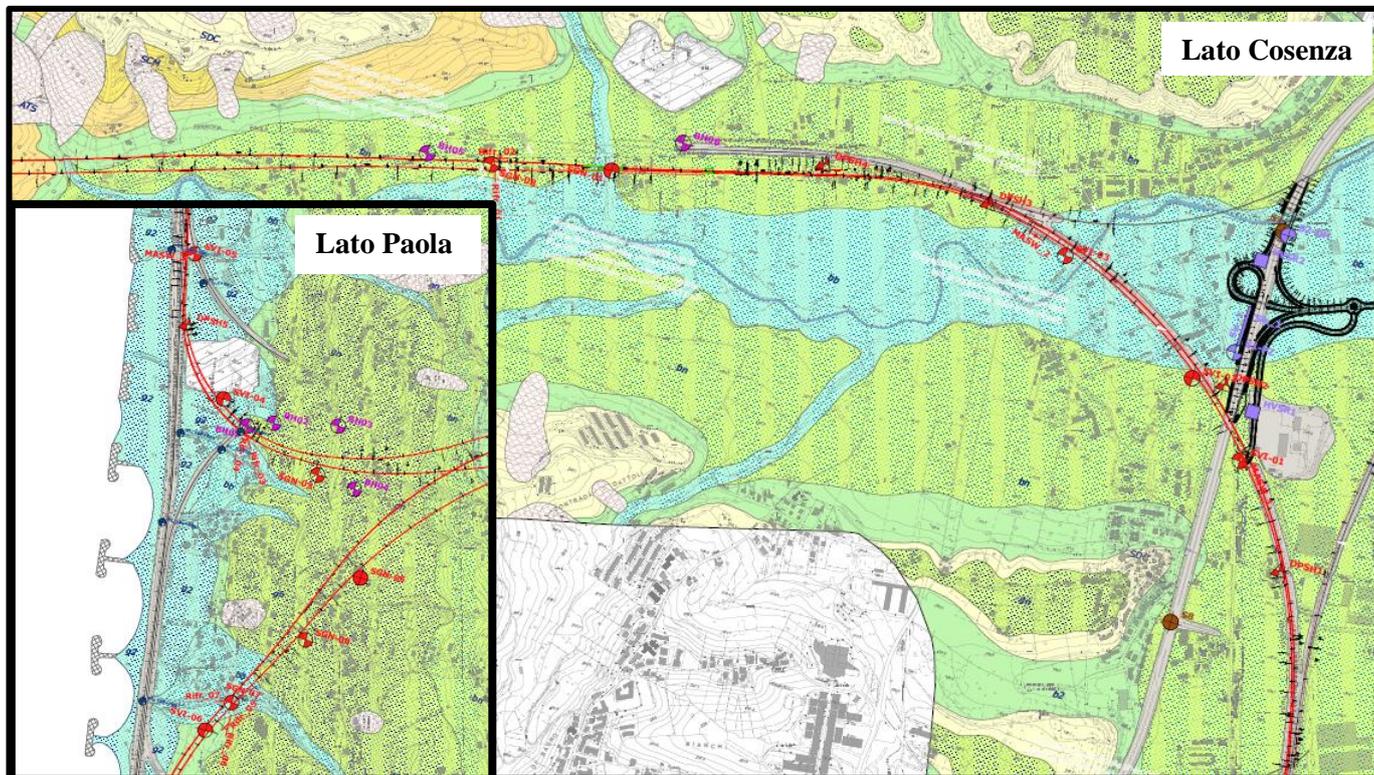
metamorfici paleozoici del Complesso Liguride e del Complesso Calabride, a loro volta ricoperti da sedimenti marini tardo-cenozoici.

Il graben del Crati è una depressione tettonica di età plio-quadernaria, strutturata da faglie attive, ad andamento circa N-S, che ne determinano la forma tipicamente stretta ed allungato. Tali faglie delimitano i depositi tardo-cenozoici di riempimento del graben dalle rocce cristallino-metamorfiche, paleozoiche e cretache, che costituiscono gli horst della Catena Costiera e della Sila.

La Linea Paola-Cosenza si colloca tra il bordo occidentale dell'alta valle del Fiume Crati (gaben del Crati) e la fascia costiera tirrenica (gaben di Paola), tagliando trasversalmente la Catena Costiera (horst della catena Costiera), tra i territori comunali di Rende (a NW) e Paola e San Lucido (SE).

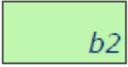
Nel dettaglio, la linea di progetto intercetta diverse successioni geologiche che saranno descritte nella tabella riportata di seguito. I depositi indicati riguardano essenzialmente i settori di Paola, fino l'abitato di Acqua dei Rossi, e il settore di Cosenza, a partire dall'abitato di Cicala: il settore intermedio a questi abitati, entro il quale si intesta la parte più profonda della galleria, non è stato considerato in quanto non determinante per lo studio vibrazionale.

Entrambe le zone considerate presentano praticamente gli stessi depositi geologici, come evidente nella carta geologica (scala 1:10000) allegata allo studio specialistico, di cui si riportano due stralci dei tratti considerati lato Paola e lato Cosenza. Di conseguenza la risposta del terreno alla propagazione delle onde vibrazionali si considera confrontabile.



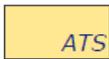
**Figura 2 – Stralcio carta geologica dell'area investigata, lato Paola e lato Cosenza (fonte: RCIC00R69G4GE00010010)**

Più precisamente, nel settore di Paola e nel settore di Cosenza si identificano:

	DEPOSITI	DESCRIZIONE	
SUCCESSIONI CONTINENTALI QUATERNARIE	Depositi detritico-colluviali		Ghiaie fortemente eterometriche in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa; limi argilloso-sabbiosi, con locali ghiaie poligeniche; argille limoso-sabbiose, con locali passaggi di sabbie e sabbie ghiaiose. Depositi di versante e di alterazione del substrato, localmente mobilizzati per frana. <i>Olocene - Attuale</i>
	Depositi alluvionali attuali e recenti		Ghiaie eterometriche, in matrice sabbiosa e sabbioso-limose; sabbie e sabbie limose. Depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale. Argille limose e limi argillosi, con locali intercalazione di limi sabbiosi e

	DEPOSITI	DESCRIZIONE
		sabbie limose. Depositi di piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono. <i>Olocene Attuale</i>
	Depositi alluvionali terrazzati	 <p>Ghiaie eterometriche, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, talora da poco a mediamente cementate; sabbie e sabbie limose, con locali ghiaie eterometriche, a luoghi debolmente cementate. Depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale. Argille limose e limi argillosi con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose. Depositi di piana inondabile, lago meandro e canale in fase di abbandono. <i>Pleistocene medio-superiorie</i></p>
<b>SUCCESSIONI MARINE QUATERNARIE</b>	Depositi marini attuali e recenti	 <p>Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sabbie e sabbie limose con locali ghiaie eterometriche. Depositi di spiaggia e cordone litoraneo. <i>Olocene attuale</i></p>
	Depositi marini terrazzati	 <p>Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, talora da poco a mediamente cementate; sabbie e sabbie limose, con locali ghiaie eterometriche, a luoghi debolmente cementate, talora livelli di limi argilloso-sabbiosi, con locali ghiaie poligeniche. Depositi di spiaggia, cordone litoraneo e mare basso. <i>Pleistocene medio-superiore</i></p>

Solo nel **settore di Cosenza**, invece, si individuano, oltre alle successioni già descritte, anche:

	DEPOSITI	DESCRIZIONE	
<b>SUCCESSIONI MARINO PLIO- PLEISTOCENICHE</b>	Argille limose del T. Settimo		Argille limose e limi argillosi grigi e grigio azzurri, a frattura concoide, con frequenti intercalazioni di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio; presenza di piccoli livelli di sabbie e sabbie limose grigie o lenti di ghiaie poligeniche in matrice sabbioso limosa grigia. <i>Pleistocene inferiore</i>
	Sabbie e conglomerati di Cozzo della Mola		Sabbie e conglomerati a piccoli ciottoli con locali intercalazioni di arenarie a cemento calcareo. Trasgressive sui depositi più antichi attraverso un conglomerato grossolano ricco di livelli sabbiosi rossastri. <i>Pleistocene inferiore</i>

Secondo le indagini geofisiche effettuate nei due settori di interesse:

- **l'area di Paola**, soprattutto nel settore centrale, è caratterizzata da un graduale aumento delle velocità con la profondità, da 350 a 400 m/s, con la presenza di materiale meno compatto. Nella parte meridionale localmente i valori di  $V_p$  e  $V_s$  non superano i 2000 m/s e 450 m/s, rispettivamente, aspetto testimoniato anche dal sondaggio geognostico SGN07, che mostra la presenza di argilla limosa e argilla sabbiosa probabilmente caratterizzate da un basso grado di compattazione;
- **l'area di Cosenza**, ugualmente mostra un graduale aumento delle  $V_s$  con le profondità nella parte orientale, tuttavia, è caratterizzata anche dalla presenza di uno strato con  $V_s$  più basse che generano inversioni di velocità, riconducibile alla presenza di sabbia ghiaiosa poco compatta (evidenziato anche nel sondaggio geognostico SVI-02). Nel settore occidentale, le indagini sismiche mostrano delle  $V_p$  e  $V_s$  che non superano valori di 2500 m/s e 700 m/s, rispettivamente. Inoltre, si evidenzia la presenza di aree dalla forma lenticolare caratterizzate da velocità più alte e, talora, più basse rispetto ai valori delle velocità medie al contorno. Ciò potrebbe essere dovuto a lenti di materiale ghiaioso più o meno compatto; l'assenza di sondaggi geognostici vicini alla linea non ha permesso di vincolare le indagini da un punto di vista lito-stratigrafico.

Si fa presente, in base agli studi geofisici, che ogni tipo di sedimento o roccia ha una vasta gamma di velocità sismiche e molti di questi range si sovrappongono tra loro. Ci sono molte variabili che influenzano il modulo elastico e quindi la velocità delle onde di compressione delle rocce e dei terreni. Nelle tabelle seguenti si riportano le velocità da bibliografia di alcune delle principali litologie.

**Tabella 2 – velocità delle onde di compressione e delle onde di taglio di alcuni terreni**

VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE			VELOCITA' ONDE DI TAGLIO		
LITOLOGIA	VELOCITA' [m/sec]		LITOLOGIA	VELOCITA' [m/sec]	
Suoli superficiali	300	700	Suoli superficiali	50	300
Limi ed argille sature	1100	2500	Limi ed argille sature	200	800
Arenarie sature e porose	2000	3500	Arenarie sature e porose	800	1800
Acqua	1450	1500	Acqua	-	-
Sabbie asciutte	400	1200	Sabbie asciutte	100	500
Sabbie sature	1500	2000	Sabbie sature	400	600
Arenarie	2100	4400	Arenarie	900	3100
Argilliti	2000	6000	Argilliti	500	2100
Calcari	2000	7000	Calcari	1000	3500
Dolomie	2500	6500	Dolomie	1200	3800
Marne	2000	3000	Marne	750	1500

In conclusione, la Linea Paola-Cosenza si intesta essenzialmente su depositi argillosi, sabbiosi e ghiaiosi che possono essere comparati, seppur di natura geologica differente, con i terreni costituenti le unità geologiche della Linea del Lotto1A Battipaglia - Romagnano, le quali erano state suddivise nelle classi di terreni a comportamento coesivo e di terreni a comportamento granulare. Di conseguenza, la risposta del terreno alla propagazione delle onde vibrazionali è confrontabile anche in questo caso con le misure di vibrazioni di riferimento effettuate nell'area prossima all'abitato di Agropoli. Si ricorda che in tale area, il contesto geologico è caratterizzato dalla *Formazione di San Mauro* (Miocene), una litologia estremamente eterogenea, rappresentata da torbitidi arenaceo-pelitiche e calcarenitico-marnose, con intervalli conglomeratici: infatti, si evidenziano diversi orizzonti guida formati sia da megastrati di alternanze marnose e calcaree che da depositi caotici. Le misurazioni sono state eseguite lungo il pendio di un versante, in cui tipicamente il substrato più superficiale è rappresentato da un livello di spessore variabile fortemente detritico, o comunque soggetto a notevole alterazione, che assume le caratteristiche di un deposito eluvio colluviale.

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	17 di 94

### 3.2 Modello previsionale

Il quadro previsionale è stato sviluppato mediante l'adozione di un modello di propagazione teorico supportato da dati sperimentali. Nel caso specifico, a seguito di indagini specifiche del territorio in esame, sono stati utilizzati i dati desunti dai rilievi vibrazionali eseguite per valutare la catena di trasmissione delle vibrazioni.

Per valutare le potenziali situazioni di impatto vibrazionale è necessario conoscere i tre elementi di seguito elencati:

- emissione della sorgente;
- propagazione nei terreni;
- risposta dei fabbricati.

I tre elementi suddetti rappresentano pertanto la base indispensabile per lo sviluppo del modello sperimentale.

Il livello di vibrazione in corrispondenza di un ricettore ad una distanza "x" dalla sede ferroviaria è pari al livello alla distanza di riferimento "x<sub>0</sub>", diminuito della somma delle attenuazioni che si verificano nel terreno tra x<sub>0</sub> e x:

$$L(x) = L(x_0) - \sum_i A_i$$

Il livello di base L(x<sub>0</sub>) è generalmente ricavato da misure sperimentali svolte in adiacenza alle linee ferroviarie a distanze comprese tra 5 m e 25 m.

### 3.3 Caratterizzazione della sorgente

Per quanto concerne la sorgente costituita dal complesso treno–armamento è indispensabile la conoscenza dei seguenti elementi base:

a) 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.

b) Armamento

- massa della rotaia;
- rigidzze;
- smorzamenti;
- masse;
- coefficienti di difettosità.

I dati utilizzati per la caratterizzazione della sorgente si riferiscono ad una campagna di rilevamenti eseguita lungo l'attuale linea in esercizio in due sezioni di misura in località Agropoli ed in una sezione di misura in località Paola.

Nella **Sezione 1** la strumentazione è stata posizionata in corrispondenza di una sezione del corpo ferroviario in galleria (tratto al coperto), lungo la via di propagazione, per complessivi tre punti di misura. I rilievi hanno interessato tutte le tipologie di treni in transito, secondo il quadro sinottico sotto riportato.

Numero di treni rilevato durante le misure nella Sezione 1	
Tipologia treni	Periodo Diurno (osservazione dalle 8:00 alle 18:30)
Regionali	16
EC/IC	9
ES	15
Merci	4
<b>TOTALE</b>	<b>44</b>

**Tabella 3-3 – Treni transitanti sulla linea – SEZ.1 – caratterizzazione corpo ferroviario al coperto**

Le tre terne accelerometriche sono state così posizionate:

Identificazione Terna	Posizionamento
VIB 01a	In corrispondenza della galleria ferroviaria, a circa 3 metri dal binario più esterno
VIB 01b	Area verde a margine della linea ferroviaria, a circa 15 metri dal binario più esterno
VIB 01c	Area verde a margine della linea ferroviaria, a circa 30 metri dal binario più esterno

**Tabella 3-4 – Identificazione delle terne accelerometriche e posizionamento**



Figura 3 - Ortofoto area di indagine e postazioni di misura SEZ.1

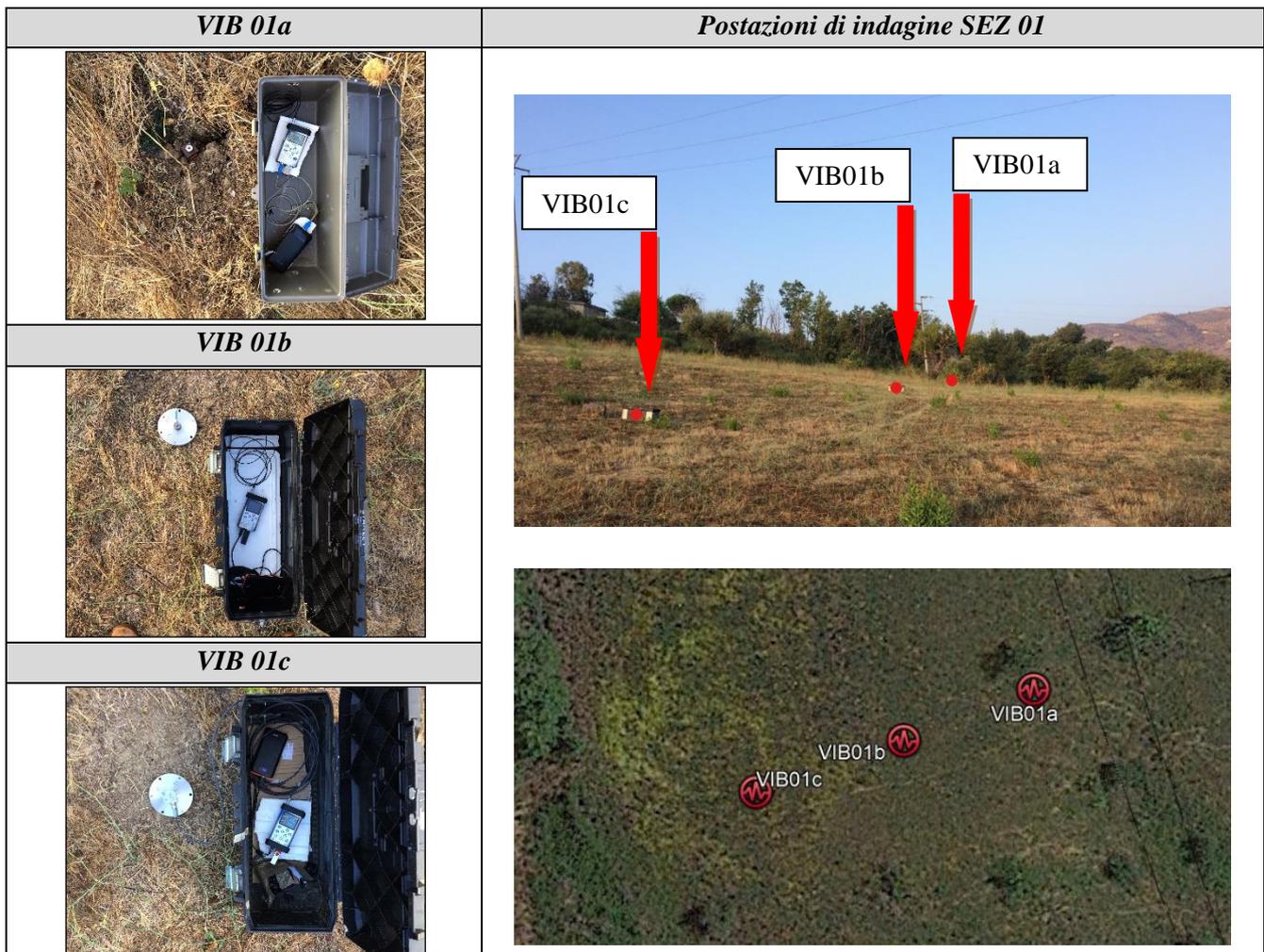


Figura 4 - Report fotografico postazioni di misura (Asse x: parallelo alla linea; Asse Y: ortogonale alla linea; Asse Z verticale)

Facendo riferimento al dettaglio dei rilievi sperimentali dei transiti, riportato nell'elaborato Studio Vibrazionale – Report Indagini Vibrazionali, doc. RC1C03R22RHIM0004002A, per un totale di 44 eventi, si caratterizzano i valori di accelerazione emessi dalla tipologia di convoglio relativa ai treni transitati.

In riferimento agli assi X, Y e Z indicati ed orientati come indicato, per tutti i passaggi dei convogli rilevati presso la terna vibrometrica VIB 01a, cioè a ridosso del binario a circa 3 metri, si osservano valori medi del totale dei transiti pari a 77,9 dB per l'asse x, 76,2 dB per l'asse y e 70,9 dB per l'asse z (valori ponderati secondo la Norma UNI 9614). Allontanandosi da esso presso la terna VIB 01b, a circa 15 metri dal binario, i livelli di accelerazione media presentano un aumento per gli assi Y e Z ed una diminuzione per l'asse X. Questo risultato può essere stato determinato da caratteristiche impronosticabili e non prevedibili del terreno sottostante e dal probabile effetto della galleria. Presso la terna VIB 01c, a circa 30 metri dal binario si registra una progressiva diminuzione dei valori medi ponderati per tutti e tre gli assi, sino ad osservare valori medi del totale dei transiti pari a 67,0 dB per l'asse X, 74,9 dB per l'asse Y e 63,7 dB per l'asse Z (valori ponderati secondo la Norma UNI 9614). Di seguito si riporta la tabella di sintesi, con indicati i valori medi delle accelerazioni dei livelli equivalenti espressi in decibel, relativa alle categorie di treni sopracitate nel periodo di osservazione.

Tipologie di Treno	VIB 01a			VIB 01b			VIB 01c			Velocità media [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
REG	69,4	68,3	62,9	67,7	71,4	80,9	58,3	64,8	56,4	63
IC-EC	71,1	70,0	65,1	70,2	73,5	77,3	59,4	66,0	57,4	65
ES	68,5	67,6	62,5	68,3	71,4	76,6	57,6	63,2	56,1	74
MERCI	75,1	72,8	67,2	68,6	77,3	74,6	64,6	73,4	59,7	107
<b>TOTALE</b>	<b>77,9</b>	<b>76,2</b>	<b>70,9</b>	<b>74,8</b>	<b>80,2</b>	<b>84,0</b>	<b>67,0</b>	<b>74,9</b>	<b>63,7</b>	/

**Tabella 3-5 - Livello equivalente medio (Lw,eq in decibel) delle accelerazioni per tipologia di treno**

Di seguito si espongono i valori di accelerazione, suddivisi per tipologia di convoglio, che transitano nei tratti al coperto.

REGIONALI (Vel. media= 63 km/h)				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 01a	3	69,4	68,3	62,9
VIB 01b	15	67,7	71,4	80,9
VIB 01c	30	58,3	64,8	56,4

**Tabella 3-6 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – REGIONALI**

IC-EC (Vel. media= 65 km/h)				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 01a	3	71,1	70,0	65,1
VIB 01b	15	70,2	73,5	77,3
VIB 01c	30	59,4	66,0	57,4

Tabella 3-7 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – IC-EC

ES (Vel. media= 74 km/h)				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 01a	3	68,5	67,6	62,5
VIB 01b	15	68,3	71,4	76,6
VIB 01c	30	57,6	63,2	56,1

Tabella 3-8 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – ES

MERCİ (Vel. media= 107 km/h)				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 01a	3	75,1	72,8	67,2
VIB 01b	15	68,6	77,3	74,6
VIB 01c	30	64,6	73,4	59,7

Tabella 3-9 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – MERCİ

TUTTE LE CATEGORIE: TOTALE TRANSITI				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 01a	3	77,9	76,2	70,9
VIB 01b	15	74,8	80,2	84,0
VIB 01c	30	67,0	74,9	63,7

Tabella 3-10 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – TUTTE LE CATEGORIE

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	22 di 94

Nella **Sezione 2** la strumentazione è stata posizionata in corrispondenza di una sezione di corpo ferroviario in viadotto, lungo la via di propagazione, per complessivi tre punti di misura per la sezione. I rilievi hanno interessato tutte le tipologie di treni in transito, secondo il quadro sinottico sotto riportato.

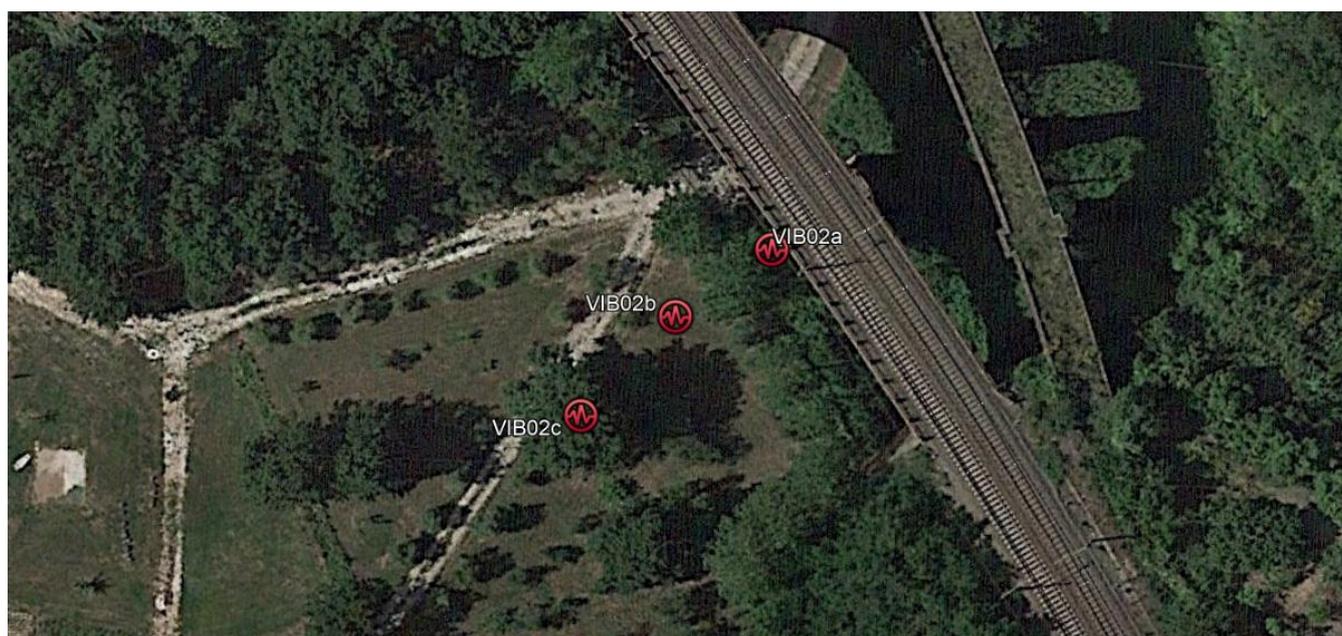
Numero di treni rilevato durante le misure nella Sezione 2	
Tipologia treni	Periodo Diurno (osservazione dalle 9:00 alle 18:30)
Regionali	14 per VIB 02a e VIB 02c / 7 per VIB 02b
EC/IC	9 per VIB 02a e VIB 02c / 5 per VIB 02b
ES	14 per VIB 02a e VIB 02c / 6 per VIB 02b
Merci	4 per VIB 02a e VIB 02C / 2 per VIB 02b
<b>TOTALE</b>	<b>41 per VIB 02a e VIB 02c / 20 per VIB 02b</b>

**Tabella 3-11 – Treni transitanti sulla linea – SEZ.2 – caratterizzazione corpo ferroviario allo scoperto (viadotto)**

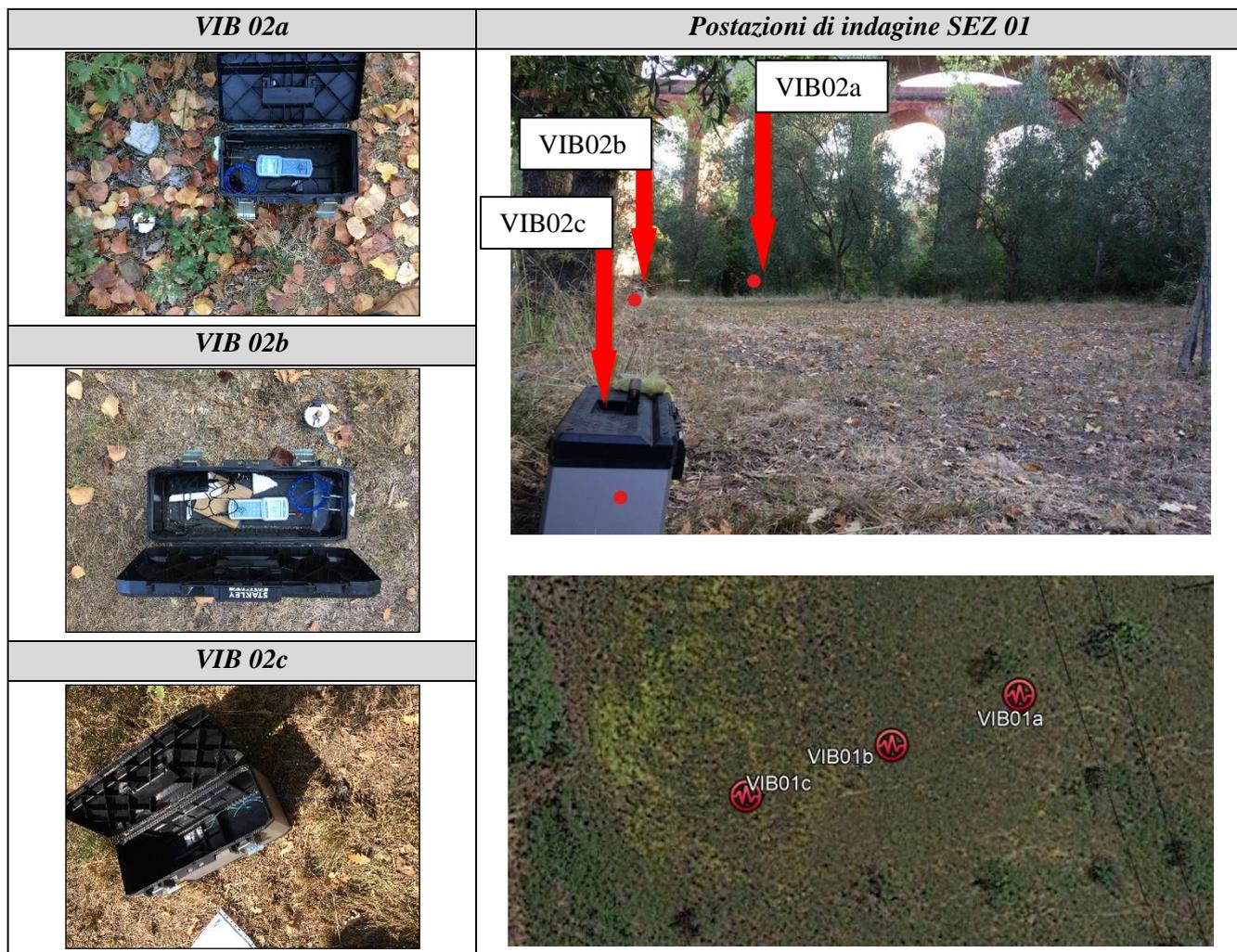
Le tre terne accelerometriche sono state così posizionate:

Identificazione Terna	Posizionamento
VIB 02a	In corrispondenza del viadotto ferroviario, a circa 3 metri dal binario più esterno
VIB 02b	Area verde a margine della linea ferroviaria, a circa 15 metri dal binario più esterno
VIB 02c	Area verde a margine della linea ferroviaria, a circa 30 metri dal binario più esterno

**Tabella 3-12 – Identificazione delle terne accelerometriche e posizionamento**



**Figura 5 - Ortofoto area di indagine e postazioni di misura SEZ.2**



**Figura 6 - Report fotografico postazioni di misura (Asse x: parallelo alla linea; Asse Y: ortogonale alla linea; Asse Z verticale)**

Facendo riferimento al dettaglio dei rilievi sperimentali dei transiti, riportato nell'elaborato Studio Vibrazionale – Report Indagini Vibrazionali, doc. RC1C03R22RHIM0004002A, per un totale di 41 eventi nelle postazioni VIB 02a e VIB 02c e 20 eventi per la postazione VIB02b, si caratterizzano i valori di accelerazione emessi dalla tipologia di convoglio relativa ai treni transitati. Facendo riferimento agli assi X, Y e Z indicati ed orientati nelle normative citate, per tutti i passaggi dei convogli rilevati presso la terna vibrometrica VIB 02a, cioè a ridosso del viadotto a circa 3 metri si osservano valori medi del totale dei transiti pari a 81,7 dB per l'asse X, 78,3 dB per l'asse Y e 67,3 dB per l'asse Z (valori ponderati secondo la Norma UNI 9614). Allontanandosi da esso presso la terna VIB 02b, a circa 15 metri dal binario, i livelli di accelerazione media presentano un aumento per gli assi. Questo risultato può essere stato determinato da caratteristiche imprevedibili e non prevedibili del terreno sottostante. Presso la terna

VIB 02c, a circa 30 metri dal binario si registra una progressiva diminuzione dei valori medi ponderati per tutti e tre gli assi, sino ad osservare valori medi del totale dei transiti pari a 63,3 dB per l'asse X, 64,4 dB per l'asse Y e 60,2 dB per l'asse Z (valori ponderati secondo la Norma UNI 9614). Di seguito si riporta la tabella di sintesi, con indicati i valori medi delle accelerazioni dei livelli equivalenti espressi in decibel, relativa alle categorie di treni sopracitate nel periodo di osservazione.

Tipologie di Treno	VIB 02a			VIB 02b			VIB 02c			Velocità media [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
REG	71,7	67,7	61,5	82,1	82,6	72,9	55,6	56,1	54,7	63
IC-EC	70,1	67,0	59,5	86,1	85,9	76,7	57,3	58,5	54,5	65
ES	80,4	77,0	62,6	80,2	84,2	71,6	57,3	58,7	53,6	74
MERCI	71,3	67,9	61,1	85,9	84,2	75,5	58,5	59,6	53,9	107
<b>TOTALE</b>	<b>81,7</b>	<b>78,3</b>	<b>67,3</b>	<b>90,3</b>	<b>90,4</b>	<b>80,7</b>	<b>63,3</b>	<b>64,4</b>	<b>60,2</b>	/

**Tabella 3-13 - Livello equivalente medio (Lw,eq in decibel) delle accelerazioni per tipologia di treno**

Di seguito si espongono i valori di accelerazione, suddivisi per tipologia di convoglio, che transitano nei tratti allo scoperto.

REGIONALI (Vel. media= 63 km/h)				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 02a	3	71,7	67,7	61,5
VIB 02b	15	82,1	82,6	72,9
VIB 02c	30	55,6	56,1	54,7

**Tabella 3-14 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – REGIONALI**

IC-EC (Vel. media= 65 km/h)				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 02a	3	70,1	67,0	59,5
VIB 02b	15	86,1	85,9	76,7
VIB 02c	30	57,3	58,5	54,5

**Tabella 3-15 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – IC-EC**

ES (Vel. media= 74 km/h)				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 02a	3	80,4	77,0	62,6
VIB 02b	15	80,2	84,2	71,6
VIB 02c	30	57,3	58,7	53,6

Tabella 3-16 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – ES

MERCİ (Vel. media= 107 km/h)				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 02a	3	71,3	67,9	61,1
VIB 02b	15	85,9	84,2	75,5
VIB 02c	30	58,5	59,6	53,9

Tabella 3-17 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – MERCİ

TUTTE LE CATEGORIE: TOTALE TRANSITI				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 02a	3	81,7	78,3	67,3
VIB 02b	15	90,3	90,4	80,7
VIB 02c	30	63,3	64,4	60,2

Tabella 3-18 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – TUTTE LE CATEGORIE

Nella **Sezione 3** la strumentazione è stata posizionata in corrispondenza di una sezione di corpo ferroviario in rilevato, lungo la via di propagazione, per complessivi tre punti di misura per la sezione. I rilievi hanno interessato tutte le tipologie di treni in transito, secondo il quadro sinottico sotto riportato.

Numero di treni rilevato durante le misure nella Sezione 3	
Tipologia treni	Periodo Diurno e Notturno (osservazione dalle 10:30 alle 23:00)
Regionali	35
EC/IC	12
ES	16
Merci	4
<b>TOTALE</b>	<b>67</b>

**Tabella 3-19 – Treni transitanti sulla linea – SEZ.3 – caratterizzazione corpo ferroviario allo scoperto (caratterizzazione sezione in rilevato e trincea)**

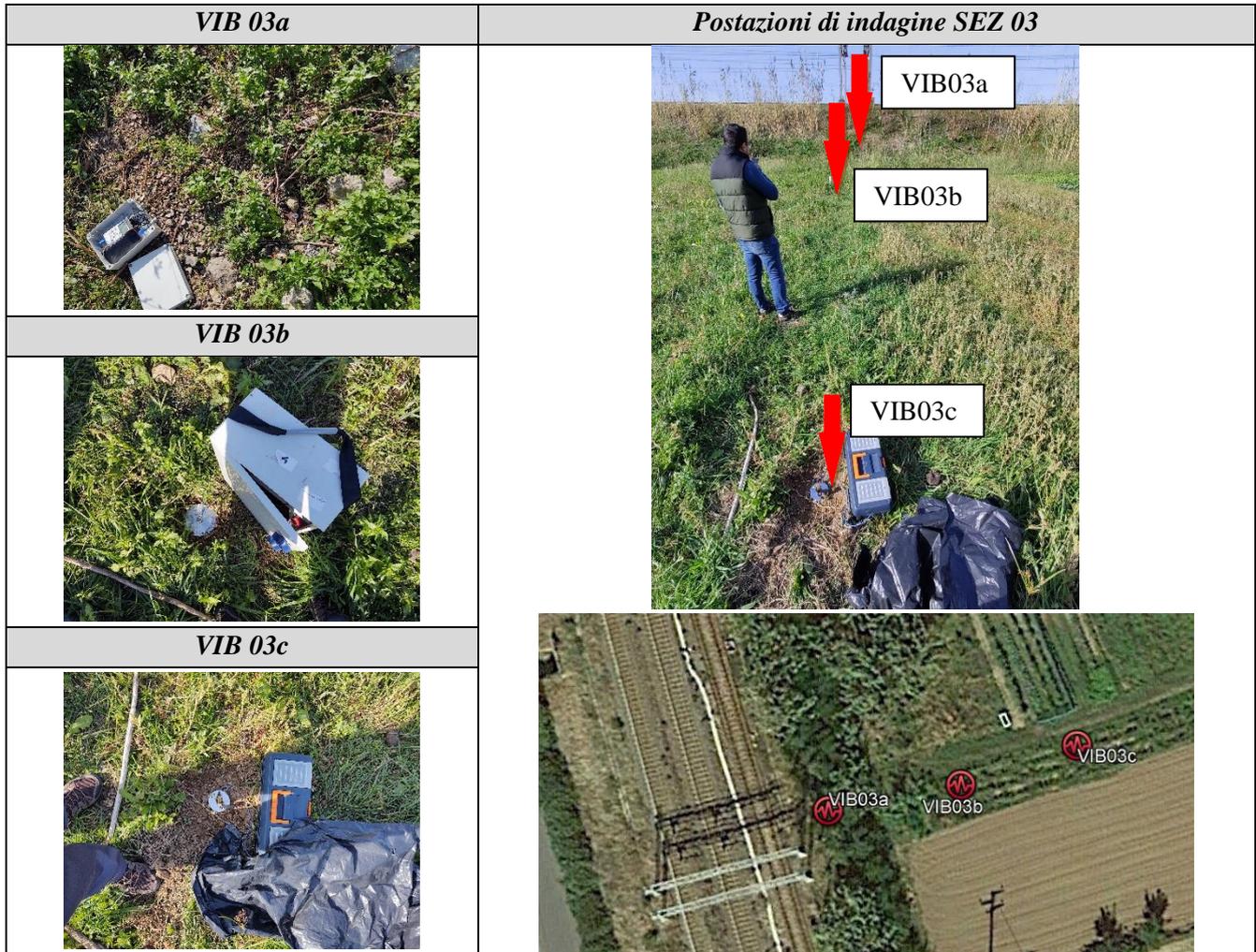
Le tre terne accelerometriche sono state così posizionate:

Identificazione Terna	Posizionamento
VIB 03a	In corrispondenza del rilevato ferroviario, a circa 5 metri dal binario più esterno
VIB 03b	Area verde a margine della linea ferroviaria, a circa 20 metri dal binario più esterno
VIB 03c	Area verde a margine della linea ferroviaria, a circa 35 metri dal binario più esterno

**Tabella 3-20 – Identificazione delle terne accelerometriche e posizionamento**



**Figura 7 - Ortofoto area di indagine e postazioni di misura SEZ.3**



**Figura 8 - Report fotografico postazioni di misura (Asse x: parallelo alla linea; Asse Y: ortogonale alla linea; Asse Z verticale)**

Facendo riferimento al dettaglio dei rilievi sperimentali dei transiti, riportato nell'elaborato Studio Vibrazionale – Report Indagini Vibrazionali, doc. RC1C03R22RHIM0004002A, per un totale di 67 eventi nelle postazioni VIB 03a, VIB 03b VIB03c, si caratterizzano i valori di accelerazione emessi dalla tipologia di convoglio relativa ai treni transitati. Facendo riferimento agli assi X, Y e Z indicati ed orientati nelle normative citate, per tutti i passaggi dei convogli rilevati presso la terna vibrometrica VIB 03a, cioè a ridosso del rilevato a circa 5 metri si osservano valori medi del totale dei transiti pari a 86,8 dB per l'asse X, 87,8 dB per l'asse Y e 81,9 dB per l'asse Z (valori ponderati secondo la Norma UNI 9614). Allontanandosi da esso presso la terna VIB 03b, a circa 20 metri dal binario, i livelli di accelerazione media presentano una diminuzione per gli assi. Presso la terna VIB 03c, a circa 35 metri dal binario si registra una progressiva diminuzione dei valori medi ponderati per tutti e tre gli assi, sino ad osservare valori

medi del totale dei transiti pari a 72,3 dB per l'asse X, 70,9 dB per l'asse Y e 67,1 dB per l'asse Z (valori ponderati secondo la Norma UNI 9614). Di seguito si riporta la tabella di sintesi, con indicati i valori medi delle accelerazioni dei livelli equivalenti espressi in decibel, relativa alle categorie di treni sopracitate nel periodo di osservazione.

Tipologie di Treno	VIB 03a			VIB 03b			VIB 03c			Velocità media [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
REG	85,2	85,1	79,7	69,6	71,1	67,4	66,7	65,6	62,3	43
IC-EC	77,9	81,3	74,0	68,7	69,0	66,1	66,6	64,8	60,7	58
ES	77,3	79,2	73,2	66,8	67,1	64,7	65,6	64,7	60,7	65
MERCI	75,3	78,2	71,5	66,6	67,5	64,5	66,3	64,2	60,2	71
<b>TOTALE</b>	<b>86,8</b>	<b>87,8</b>	<b>81,9</b>	<b>74,1</b>	<b>75,0</b>	<b>71,9</b>	<b>72,3</b>	<b>70,9</b>	<b>67,1</b>	/

**Tabella 3-21 - Livello equivalente medio (Lw,eq in decibel) delle accelerazioni per tipologia di treno**

Di seguito si espongono i valori di accelerazione, suddivisi per tipologia di convoglio, che transitano nei tratti allo scoperto in rilevato.

REGIONALI (Vel. media= 43 km/h)				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 03a	5	85,2	85,1	79,7
VIB 03b	20	69,6	71,1	67,4
VIB 03c	35	66,7	65,6	62,3

**Tabella 3-22 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – REGIONALI**

IC-EC (Vel. media= 58 km/h)				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 03a	5	77,9	81,3	74,0
VIB 03b	20	68,7	69,0	66,1
VIB 03c	35	66,6	64,8	60,7

**Tabella 3-23 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – IC-EC**

ES (Vel. media= 65 km/h)				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 03a	5	77,3	79,2	73,2
VIB 03b	20	66,8	67,1	64,7
VIB 03c	35	65,6	64,7	60,7

Tabella 3-24 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – ES

MERCİ (Vel. media= 71 km/h)				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 03a	5	75,3	78,2	71,5
VIB 03b	20	66,6	67,5	64,5
VIB 03c	35	66,3	64,2	60,2

Tabella 3-25 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – MERCİ

TUTTE LE CATEGORIE: TOTALE TRANSITI				
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
VIB 03a	5	86,8	87,8	81,9
VIB 03b	20	74,1	75,0	71,9
VIB 03c	35	72,3	70,9	67,1

Tabella 3-26 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – TUTTE LE CATEGORIE

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	30 di 94

### 3.4 La propagazione delle onde vibrazionali

#### L'attenuazione geometrica

L'attenuazione geometrica per una linea di emissione di lunghezza infinita (lunghezza del treno maggiore della distanza sorgente-ricettore) si esprime come:

$$A_g = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{d+d_0}{d} \right)^n$$

dove:

d        distanza dall'asse della linea ferroviaria;

d<sub>0</sub>     distanza di riferimento;

n=0,5   per galleria;

n=1     per tracciato di superficie;

#### Velocità di transito

La velocità del treno ha un effetto significativo sul valore di vibrazioni trasmesso nel terreno, 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:

$$L = L_0 + 10 \div 20 \cdot \log \left( \frac{V}{V_0} \right)$$

dove:

- L e L<sub>0</sub>: sono i livelli di vibrazioni in decibel
- V e V<sub>0</sub>: sono le rispettive velocità di transito dei treni

Dalla relazione sopra riportata si evince che al raddoppiare della velocità di transito si produce un incremento di 6 dB nei livelli di vibrazione e ciò in maniera indipendente dalla frequenza. A fine di compiere una stima cautelativa si considera il coefficiente proposto maggiore e pari a 20.

Di seguito si identificano le velocità di progetto previste per le tratte della linea.

Si riportano di seguito le velocità massime consentite sulla tratta di progetto, per maggiori dettagli si rimanda alla relazione tecnica di esercizio. Inoltre, per ogni tratto, si identificano le principali opere civili.

<b>Lotto 3</b>			
<b>Assi Diramazione Paola</b>			<b>Tipologia di sezione del tracciato in progetto principale</b>
<b>Velocità [km/h]</b>	<b>pk iniziale</b>	<b>pk finale</b>	
<b>100</b>	0+000	0+286	Rilevato
<b>140</b>	0+286	4+233	Rilevato, Viadotto e Trincea
<b>250</b>	4+233	17+265	Galleria (da pressi Bivio Settimo a linea)
<b>160</b>	17+265	17+516	Galleria (linea)
<b>100</b>	17+516	20+404	Galleria (da pressi Bivio Pantani a Paola), Trincea e Rilevato (presenti viadotti di limitata ampiezza assimilati a rilevato)
<b>Assi Diramazione San Lucido</b>			<b>Tipologia di sezione del tracciato in progetto principale</b>
<b>Velocità [km/h]</b>	<b>pk iniziale</b>	<b>pk finale</b>	
<b>100</b>	0+000	0+286	Rilevato
<b>140</b>	0+286	4+233	Rilevato, Viadotto e Trincea
<b>250</b>	4+233	17+516	Galleria (da pressi Bivio Settimo a linea)
<b>160</b>	17+516	18+491	Galleria (linea)
<b>100</b>	18+491	20+728	Galleria (da pressi Bivio Pantani a San Lucido), Trincea e Rilevato (presenti viadotti di limitata ampiezza assimilati a rilevato)

**Tabella 3-27 – Velocità di esercizio linea in progetto**

Per i treni MERCI la velocità massima di progetto è considerata pari a 100 km/h per ogni tratta della linea.

Per la linea storica saranno impiegate le velocità reperite dal FL143, ossia:

- per la tratta storica in rilevato Paola – S. Lucido: 105 km/h per REG e IC;
- per la tratta storica in viadotto Bivio Settimo – Bivio Antonello: 105 km/h per AV e 100 km/h per MERCI;
- per la tratta storica in rilevato Bivio Antonello – Cosenza: 140 km/h per REG e AV.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	32 di 94

### La propagazione delle onde nei terreni

La varietà delle conformazioni morfologiche del terreno comporta le maggiori incertezze di valutazione della propagazione delle vibrazioni. I fattori che possono influire nella determinazione dell'attenuazione nel terreno sono molteplici; i più determinanti sono costituiti dalla natura del mezzo, dal suo grado di compattazione, dall'attrito statico fra i granuli e quindi dalla granulometria, dalla fratturazione del mezzo, 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),

In generale 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: in altre parole il comportamento dei materiali sciolti è fortemente non lineare. 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.

I ricettori interessati dallo studio sorgono prevalentemente su terreni sciolti di varia natura e granulometria come riscontrabile dalla carta geologica presente negli elaborati di progetto.

L'analisi delle caratteristiche geolitologiche degli strati superficiali del terreno è finalizzata al riconoscimento dei parametri correlabili alla propagazione delle vibrazioni nel terreno. I valori tipici di densità, velocità di propagazione e fattore di perdita, noti esclusivamente per alcune classi geologiche e in presenza di un ammasso omogeneo, sono riassunti nella sottostante tabella:

<b>Tipo di Terreno</b>	<b>Densità</b> [t/m <sup>3</sup> ]	<b>Velocità di Propagazione</b> [m/s]	<b>Fattore di Perdita</b> $\eta$
Roccia compatta	2,65	3500	0,01
Sabbia, limo, ghiaia, loess	1,6	600	0,1
Argilla, terreni argillosi	1,7	1500	0,2÷0,5

**Tabella 3-28 - Valori tipici di densità, velocità di propagazione e fattore di perdita per tipologia di terreno**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	33 di 94

L'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno è stata calcolata con la formula:

$$A_t = 4,34 \cdot \Omega \cdot \eta \cdot x/c$$

dove:

- x: distanza dall'asse della linea ferroviaria
- $\Omega$ : frequenza [rad\*s<sup>-1</sup>]
- $\eta$ : cefi, di assorbimento del terreno (fattore di perdita)

$$c = (E/d)^{1/2}$$

- c: velocità di propagazione dell'onda longitudinale nel terreno
- E: modulo elastico
- d: densità del terreno

L'attenuazione dovuta alle discontinuità del terreno è stata considerata in modo semplificato ammettendo che l'onda di compressione si sposti dal suolo "a" al suolo "c" e che incida perpendicolarmente alla superficie di separazione dei due mezzi:

$$A_i = 20 \cdot \log[(1 + d_c \cdot c_c / d_a \cdot c_a) / 2]$$

dove:

- $d_c, d_a$  = densità dei suoli "c" e "a"
- $c_c, c_a$  = velocità di propagazione nei suoli "c" e "a"

In considerazione della tipologia dei terreni interessati, per la costruzione del modello sperimentale sono stati utilizzati i dati rilevati dalla campagna di rilievi già citata, si nota che, conoscendo la mutua distanza tra le postazioni, dai dati sperimentali è possibile estrapolare le funzioni di attenuazione che descrivono la propagazione nel terreno dell'onda vibrazionale in funzione della distanza.

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA RC1C	LOTTO 03 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

### Valutazione della funzione di propagazione delle vibrazioni

La valutazione sarà eseguita in funzione della velocità di progetto e della tipologia di treno previsto. Di seguito si riporta la tabella con il dettaglio dei flussi di esercizio relativi alla linea di progetto:

<b>MdE DI PROGETTO PER LA LINEA FERROVIARIA SA-RC LOTTO 3</b>				
Tipologia treno	NUMERO CONVOGLI IN TRANSITO			
	Periodo Diurno (06-22)			Periodo Notturno (22-06)
	Paola - Bivio Pantani	San Lucido - Bivio Pantani	Bivio Settimo - Cosenza	Linea San Lucido - Bivio Pantani
SERVIZIO AV	-	46	-	8
SERVIZIO REGIONALE	72	18	90	-
SERVIZIO IC	-	-	-	-
MERCI	-	34	-	34

**Tabella 3-29 – Modello di Esercizio di Progetto Linea AV**

Di seguito gli MdE previsti sulla linea ferroviaria storica.

<b>MdE FUTURO DELLA LINEA FERROVIARIA STORICA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b>		
Tipologia treno	NUMERO CONVOGLI IN TRANSITO	
	Tratto Ferroviario Paola – San Lucido	
	Periodo Diurno (06-22)	Periodo Notturno (22-06)
SERVIZIO REGIONALE	36	-
SERVIZIO IC	40	2

**Tabella 3-30 – Modello di Esercizio Futuro Linea Storica Salerno – Reggio Calabria**

<b>MdE FUTURO DELLA LINEA FERROVIARIA STORICA SIBARI - COSENZA</b>		
Tipologia treno	NUMERO CONVOGLI IN TRANSITO	
	Tratto Ferroviario Bivio S. Antonello - Cosenza	
	Periodo Diurno (06-22)	Periodo Notturno (22-06)
SERVIZIO AV	18	-
SERVIZIO REGIONALE	36	-

**Tabella 3-31 – Modello di Esercizio Futuro Linea Storica Sibari - Cosenza**

<b>MdE FUTURO DELLA LINEA FERROVIARIA STORICA PAOLA - COSENZA</b>		
Tipologia treno	NUMERO CONVOGLI IN TRANSITO	
	Tratto Ferroviario Bivio Settimo – Bivio S. Antonello	
	Periodo Diurno (06-22)	Periodo Notturno (22-06)
SERVIZIO AV	2	0
MERCI	3	1

**Tabella 3-32 – Modello di Esercizio Futuro Linea Storica Sibari - Cosenza**

Per la **Sezione 1** in considerazione dei terreni interessati dal tracciato di progetto in galleria, si è proceduto sia a valutazioni teoriche sulla propagazione, sia all'utilizzazione di una curva sperimentale di regressione per la trasmissione delle vibrazioni nel terreno lungo i tre assi, come riportato nell'immagine seguente (livello medio di accelerazione, ponderato per "postura non nota", in corrispondenza dei punti di misura), considerando le velocità previste in progetto al fine della definizione dell'emissione del convoglio ferroviario e dell'effettiva tipologia di servizio. Di seguito si riportano le emissioni delle vibrazioni per tipologia di treno rilevati dalle indagini sperimentali rappresentative della galleria.

Tipologie di Treno	VIB 01a (3m)			VIB 01b (15m)			VIB 01c (30m)			Velocità media da indagine [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
REG	69,4	68,3	62,9	67,7	71,4	80,9	58,3	64,8	56,4	63
IC-EC	71,1	70,0	65,1	70,2	73,5	77,3	59,4	66,0	57,4	65
ES	68,5	67,6	62,5	68,3	71,4	76,6	57,6	63,2	56,1	74
MERCI	75,1	72,8	67,2	68,6	77,3	74,6	64,6	73,4	59,7	107

**Tabella 3-33 - Livello equivalente medio ( $L_{w,eq}$  in decibel) delle accelerazioni per tipologia di treno rilevate dalle indagini sperimentali**

Nelle tabelle successive i valori stimati delle emissioni delle vibrazioni con le velocità di progetto previste per tratta in cui è prevista l'indagine sui ricettori e per le tipologie di treni previste da progetto in transito in galleria.

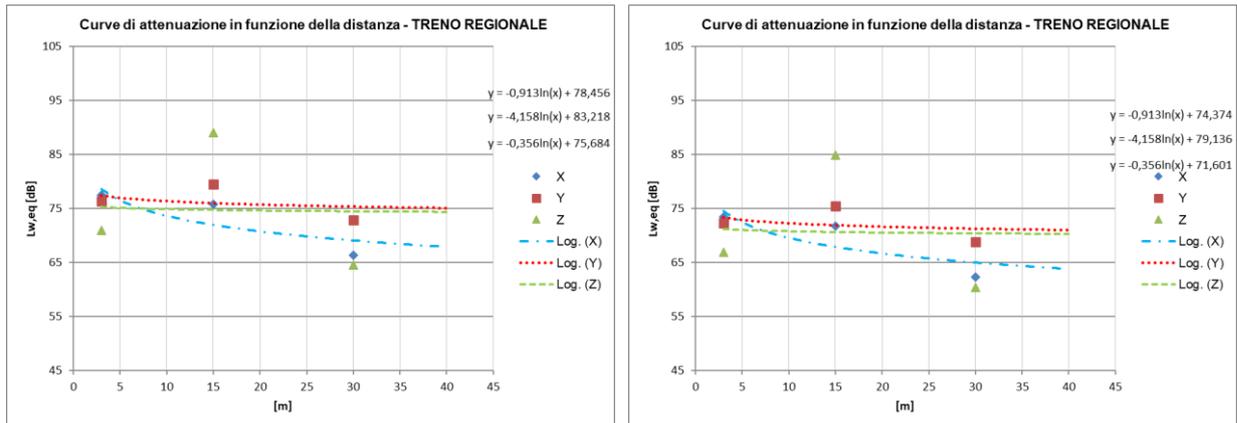
Tipologie di Treno	VIB 01a (3m)			VIB 01b (15m)			VIB 01c (30m)			Velocità progetto [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
REG	77,5	76,4	71,0	75,8	79,5	89,0	66,4	72,9	64,5	160
ES	79,1	78,2	73,1	78,9	82,0	87,2	68,2	73,8	66,7	250
MERCI	74,5	72,2	66,6	68,0	76,7	74,0	64,0	72,8	59,1	100

**Tabella 3-34 - Livello equivalente medio ( $L_{w,eq}$  in decibel) delle accelerazioni per tipologia di treno stimate in base alle velocità di progetto da pk 4+233 a pk 17+265 (+516) Galleria (da pressi Bivio Settimo a linea)**

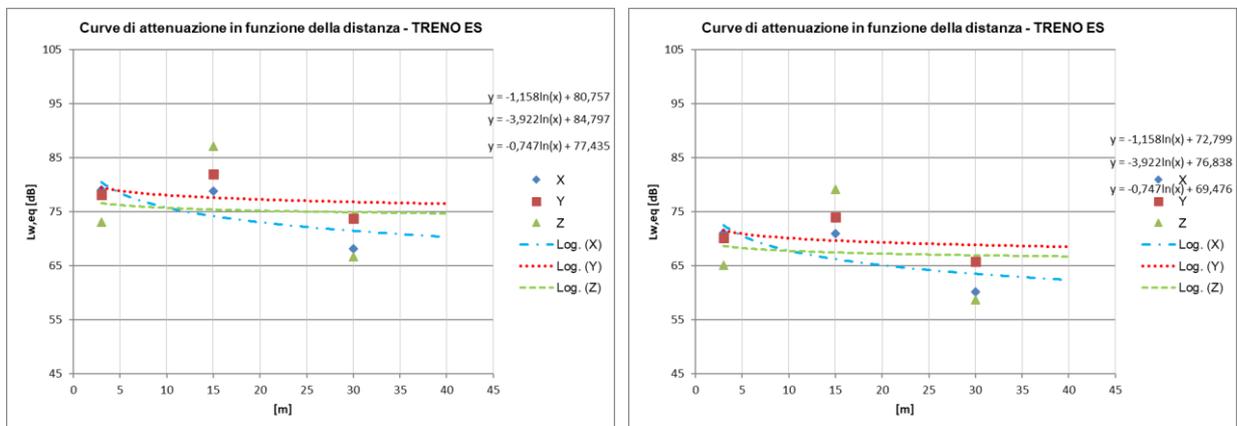
Tipologie di Treno	VIB 01a (3m)			VIB 01b (15m)			VIB 01c (30m)			Velocità progetto [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
REG	73,4	72,3	66,9	71,7	75,4	84,9	62,3	68,8	60,4	100
ES	71,1	70,2	65,1	70,9	74,0	79,2	60,2	65,8	58,7	100
MERCI	74,5	72,2	66,6	68,0	76,7	74,0	64,0	72,8	59,1	100

**Tabella 3-35 - Livello equivalente medio ( $L_{w,eq}$  in decibel) delle accelerazioni per tipologia di treno stimate in base alle velocità di progetto da pk 17+516 a pk 20+404 Galleria (da pressi Bivio Pantani a Paola) e pk 18+491 pk 20+728 Galleria (da pressi Bivio Pantani a San Lucido)**

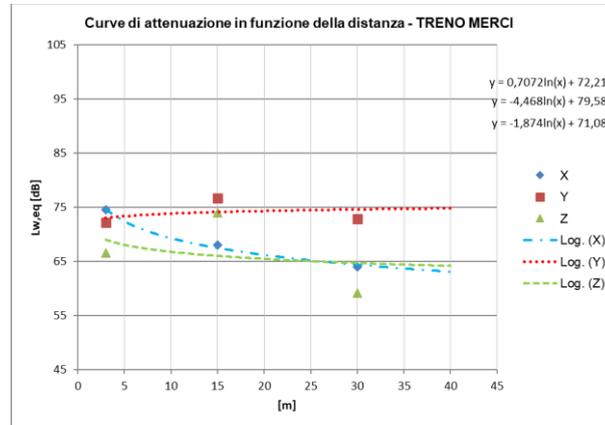
Di seguito si riportano le curve di attenuazione in funzione della distanza per categoria di treno.



**Figura 9 - Curva di attenuazione del  $L_{w,eq}$  in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 1 e valutata considerando le velocità di progetto a sinistra a 160 km/h a destra a 100 km/h – TIPOLOGIA TRENO REGIONALE per t. coperto**



**Figura 10 - Curva di attenuazione del  $L_{w,eq}$  in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 1 e valutata considerando le velocità di progetto a sinistra a 250 km/h a destra a 100 km/h – TIPOLOGIA TRENO ES per t. coperto**



**Figura 11 - Curva di attenuazione del  $L_{w,eq}$  in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 1 e valutata considerando le velocità di progetto di 100 km/h – TIPOLOGIA TRENO MERCI per t. coperto**

Per la **Sezione 2** in considerazione dei terreni interessati dal tracciato di progetto nei tratti in viadotto, in analogia a quanto fatto per l'altra sezione, si è proceduto sia a valutazioni teoriche sulla propagazione, sia all'utilizzazione di una curva sperimentale di regressione per la trasmissione delle vibrazioni nel terreno lungo i tre assi, come riportato nell'immagine seguente (livello medio di accelerazione, ponderato per "postura non nota", in corrispondenza dei punti di misura) e considerando le velocità previste in progetto al fine della definizione dell'emissione del convoglio ferroviario.

Di seguito si riportano le emissioni delle vibrazioni per tipologia di treno rilevati dalle indagini sperimentali rappresentative dei tratti allo scoperto su viadotto.

Tipologie di Treno	VIB 02a (3m)			VIB 02b (15m)			VIB 02c (30m)			Velocità media da indagine [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
REG	71,7	67,7	61,5	82,1	82,6	72,9	55,6	56,1	54,7	63
IC-EC	70,1	67,0	59,5	86,1	85,9	76,7	57,3	58,5	54,5	65
ES	80,4	77,0	62,6	80,2	84,2	71,6	57,3	58,7	53,6	74
MERCI	71,3	67,9	61,1	85,9	84,2	75,5	58,5	59,6	53,9	107

**Tabella 3-36 - Livello equivalente medio ( $L_{w,eq}$  in decibel) delle accelerazioni per tipologia di treno rilevate dalle indagini sperimentali**

Nella tabella successiva i valori stimati delle emissioni delle vibrazioni con le velocità di progetto previste per tratta in cui è prevista l'indagine sui ricettori e per le tipologie di treni previste da progetto in transito su viadotto.

Tipologie di Treno	VIB 02a (3m)			VIB 02b (15m)			VIB 02c (30m)			Velocità progetto [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
REG	78,6	74,6	68,4	89,0	89,5	79,8	62,5	63,0	61,6	140

Tabella 3-37 - Livello equivalente medio ( $L_{w,eq}$  in decibel) delle accelerazioni per tipologia di treno stimate in base alle velocità di progetto 140 km/h da pk 0+286 a pk 4+233 su Viadotto tratta Bivio Settimo-Cosenza

Tipologie di Treno	VIB 02a (3m)			VIB 02b (15m)			VIB 02c (30m)			Velocità progetto [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
ES	83,4	80,0	65,6	83,2	87,2	74,6	60,3	61,7	56,6	105
MERCI	70,7	67,3	60,5	85,3	83,6	74,9	57,9	59,0	53,3	100

Tabella 3-38 - Livello equivalente medio ( $L_{w,eq}$  in decibel) delle accelerazioni per tipologia di treno stimate in base alle velocità di progetto 105 km/h su Viadotto tratta Bivio Settimo - Bivio Antonello

Di seguito si riportano le curve di attenuazione in funzione della distanza per categoria di treno.

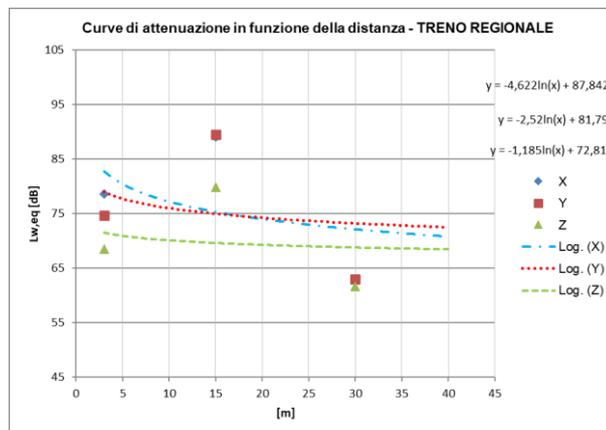
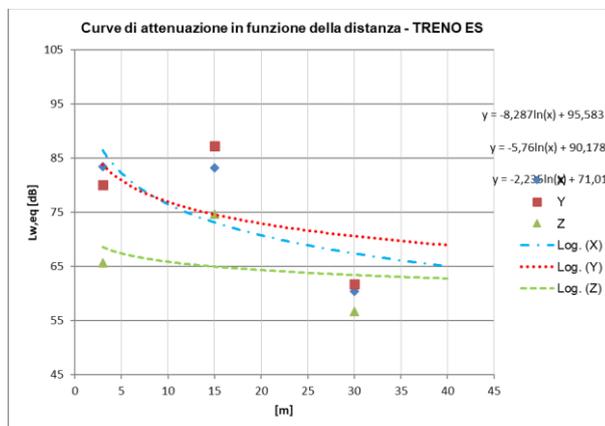
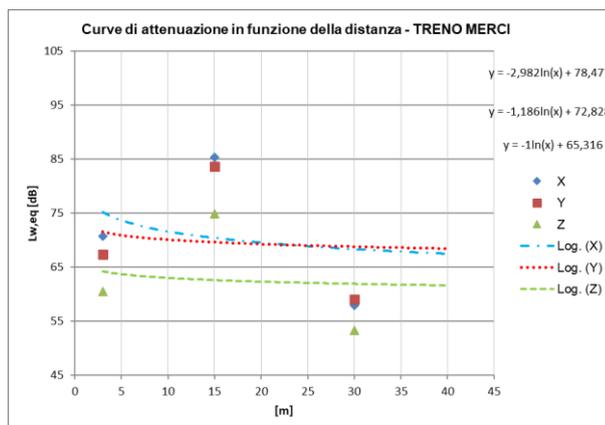


Figura 12 - Curva di attenuazione del  $L_{w,eq}$  in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 2 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO REGIONALE per t. scoperto/viadotto a 140 km/h



**Figura 13 - Curva di attenuazione del  $L_{w,eq}$  in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 2 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO ES per t. scoperto/viadotto a 105 km/h**



**Figura 14 - Curva di attenuazione del  $L_{w,eq}$  in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 2 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO MERCI per t. scoperto/viadotto a 100 km/h**

Per la **Sezione 3** in considerazione dei terreni interessati dal tracciato di progetto nei tratti in rilevato e trincea, in analogia a quanto fatto per le altre sezioni, si è proceduto sia a valutazioni teoriche sulla propagazione, sia all'utilizzazione di una curva sperimentale di regressione per la trasmissione delle vibrazioni nel terreno lungo i tre assi, come riportato nell'immagine seguente (livello medio di accelerazione, ponderato per "postura non nota", in corrispondenza dei punti di misura) e considerando le velocità previste in progetto al fine della definizione dell'emissione del convoglio ferroviario.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	40 di 94

Di seguito si riportano le emissioni delle vibrazioni per tipologia di treno rilevati dalle indagini sperimentali rappresentative dei tratti allo scoperto su rilevato e trincea.

Tipologie di Treno	VIB 03a (5m)			VIB 03b (20m)			VIB 03c (35m)			Velocità media da indagine [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
REG	85,2	85,1	79,7	69,6	71,1	67,4	66,7	65,6	62,3	43
IC-EC	77,9	81,3	74,0	68,7	69,0	66,1	66,6	64,8	60,7	58
ES	77,3	79,2	73,2	66,8	67,1	64,7	65,6	64,7	60,7	65
MERCI	75,3	78,2	71,5	66,6	67,5	64,5	66,3	64,2	60,2	71

**Tabella 3-39 - Livello equivalente medio (L<sub>w,eq</sub> in decibel) delle accelerazioni per tipologia di treno rilevate dalle indagini sperimentali**

Nella tabella successiva i valori stimati delle emissioni delle vibrazioni con le velocità di progetto previste per tratta in cui è prevista l'indagine sui ricettori e per le tipologie di treni previste da progetto in transito su rilevato e trincea.

Tipologie di Treno	VIB 03a (5m)			VIB 03b (20m)			VIB 03c (35m)			Velocità progetto [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
REG (*)	92,5	92,4	87,0	76,9	78,4	74,7	74,0	72,9	69,6	100 (*)
REG (**)+(*****)	95,5	95,4	90,0	79,9	81,4	77,7	77,0	75,9	72,6	140 (**)+(*****)
REG (***)	93,0	92,9	87,5	77,4	78,9	75,2	74,5	73,4	70,1	105 (***)
IC (****)	83,1	86,5	79,2	73,9	74,2	71,3	71,8	70,0	65,9	105 (****)
ES (***)	81,0	82,9	76,9	70,5	70,8	68,4	69,3	68,4	64,4	100 (***)
ES (****)	84,0	85,9	79,9	73,5	73,8	71,4	72,3	71,4	67,4	140 (****)
MERCI (***)	78,3	81,2	74,5	69,6	70,5	67,5	69,3	67,2	63,2	100 (***)

(\*) Paola -Bivio Pantani, San Lucido-Bivio Pantani e Bivio Settimo-Cosenza da pk 0+000 a pk 0+286

(\*\*)Bivio Settimo-Cosenza da pk 0+286 a pk 4+233

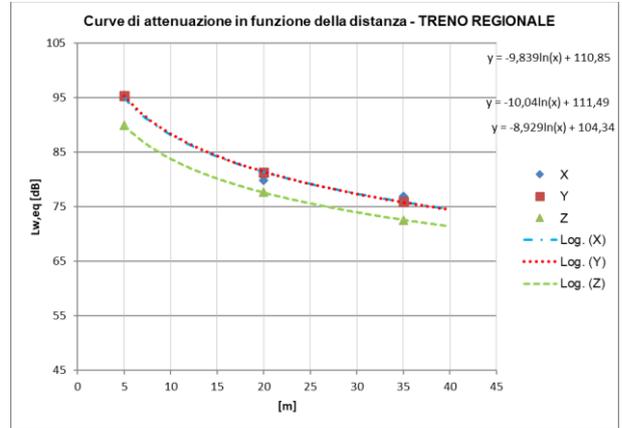
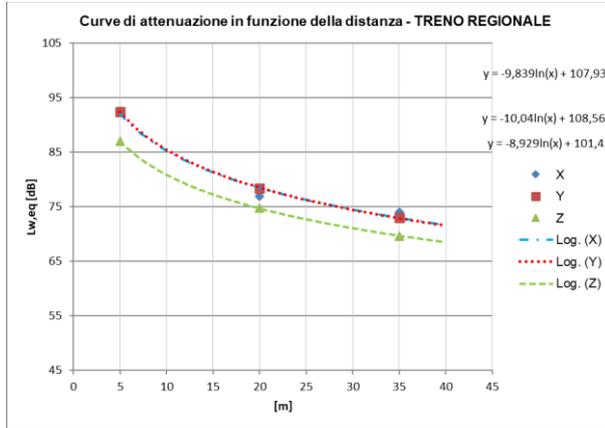
(\*\*\*)San Lucido-Bivio Pantani

(\*\*\*\*)Paolo - San Lucido

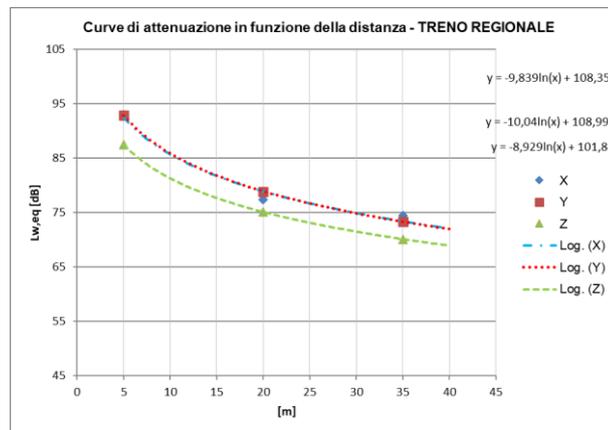
(\*\*\*\*\*)Bivio Antonello - Cosenza

**Tabella 3-40 - Livello equivalente medio (L<sub>w,eq</sub> in decibel) delle accelerazioni per tipologia di treno stimate in base alle velocità di progetto**

Di seguito si riportano le curve di attenuazione in funzione della distanza per categoria di treno.



**Figura 15 - Curva di attenuazione del  $L_{w,eq}$  in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 3 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO REGIONALE per t. scoperto/rilevato a sinistra a 100 km/h a destra a 140 km/h**



**Figura 16 - Curva di attenuazione del  $L_{w,eq}$  in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 3 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO REGIONALE per t. scoperto/rilevato a 105 km/h**

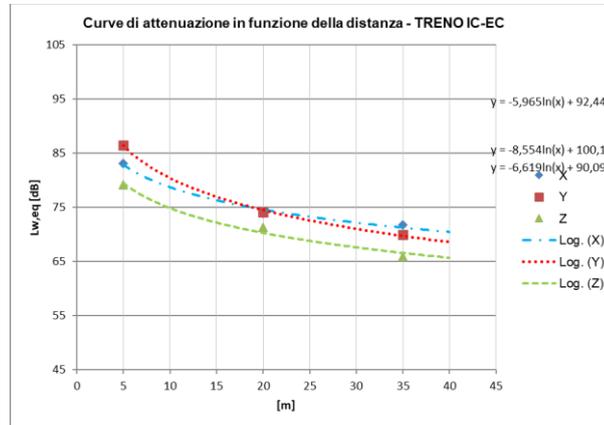


Figura 17 - Curva di attenuazione del  $L_{w,eq}$  in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 3 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO IC per t. scoperto/rilevato a 105 km/h

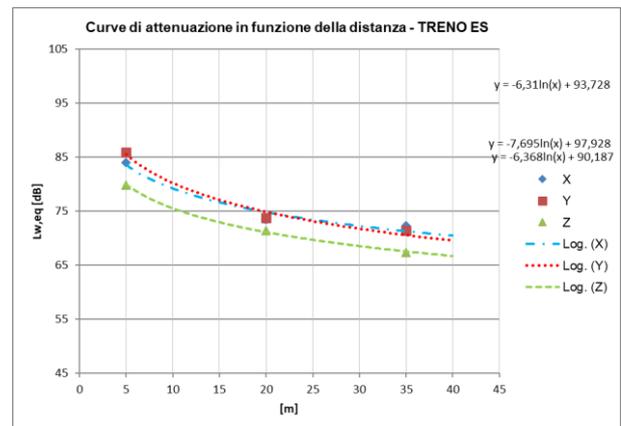
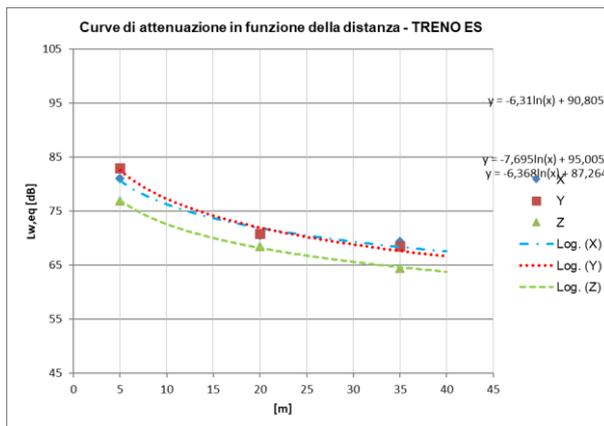
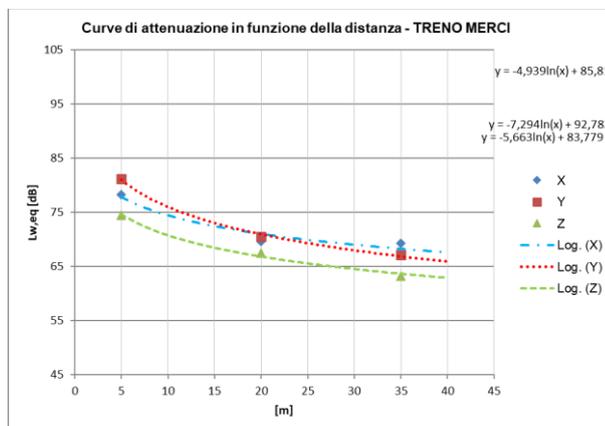


Figura 18 - Curva di attenuazione del  $L_{w,eq}$  in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 3 e valutata considerando le velocità di progetto di 100 km/h a sinistra e 140 km/h a destra – TIPOLOGIA TRENO ES per t. scoperto/rilevato



**Figura 19 - Curva di attenuazione del  $L_{w,eq}$  in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 3 e valutata considerando le velocità di progetto di 100 km/h – TIPOLOGIA TRENO MERCI per t. scoperto/rilevato**

### La propagazione delle onde nelle strutture edilizie

La propagazione delle vibrazioni negli edifici antistanti le linee ferroviarie e la risposta di pareti e solai dipende dalle caratteristiche costruttive dell'edificio. Al fine delle valutazioni è importante separare due aspetti fondamentali del fenomeno:

- l'interazione suolo-fondazioni,
- la propagazione nel corpo dell'edificio.

Il primo aspetto è legato al fatto che la mancanza di solidarietà all'interfaccia terreno-struttura dà luogo a fenomeni dissipativi, configurandosi come un fenomeno favorevole. Detto fenomeno è perciò condizionato dalla tipologia delle fondazioni (fondazioni a platea, fondazioni su plinti isolati, pali di fondazioni, ecc.). Nel caso di fondazioni a platea la grande area di contatto con il terreno determina una perdita di accoppiamento praticamente nulla alle basse frequenze fino alla frequenza di risonanza della fondazione. Per le altre tipologie di fondazioni possono essere utilizzate curve empiriche che consentono la stima dei livelli di vibrazione della fondazione in funzione dei livelli di vibrazione del terreno.

La propagazione nel corpo dell'edificio è determinante sia per il disturbo agli abitanti sia per la resistenza delle strutture in quanto i pavimenti, pareti e soffitti degli edifici sono soggetti a significative amplificazioni delle vibrazioni rispetto a quelle trasmesse dalle fondazioni. In molti casi la risonanza delle strutture orizzontali può causare un'amplificazione delle vibrazioni nel campo di frequenze comprese tra 10 e 30 Hz. I problemi maggiori si verificano quando la frequenza di risonanza dei solai coincide con la frequenza di picco dello spettro di vibrazione del terreno. Negli edifici moltipiano un valore di attenuazione delle vibrazioni da piano a piano è

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	44 di 94

approssimativamente pari a 3 dB. I risultati di misure sperimentali (Ishii e Tachibana) in un edificio a 10 piani fuori terra con struttura in calcestruzzo armato e acciaio mostrano un'attenuazione di circa 1 dB alle basse frequenze in corrispondenza dei piani alti e maggiore di 3 dB ai primi piani.

La norma DIN 4150 riferisce che, nel caso di vibrazioni orizzontali le frequenze proprie dei piani di un edificio seguono all'incirca la legge  $f = 10/n$ , essendo  $n$  il numero del piano. Per la componente verticale si hanno circa  $f = 10$  Hz per pavimenti poco rigidi e  $f = 30$  Hz per pavimenti molto rigidi. Gli incrementi per risonanza possono essere dell'ordine di 3÷8 volte, con rari casi di incrementi fino a 15 volte. Risultati analoghi sono stati ottenuti nel corso di misure eseguite dalle Ferrovie Svizzere: generalmente si ha un'attenuazione nelle componenti orizzontali  $x$  e  $y$  ( $f = 0\div 80$  Hz) tra suolo e piano terra degli edifici, ma si verifica un'amplificazione della componente verticale  $z$  tra suolo e piano terra e suolo-primo piano. Mediamente l'amplificazione sul pavimento è di 5 dB per frequenze di risonanza di circa 20 Hz, ma può arrivare anche a 20 dB nel caso del pavimento del piano terra con frequenza di risonanza di circa 40 Hz.

La differenza tra il livello di vibrazione del terreno e quello delle strutture di fondazione è detta attenuazione per perdita di accoppiamento (coupling loss). Sono disponibili valori sperimentali medi della perdita di accoppiamento in funzione della frequenza per fondazioni su pali nel terreno o su plinti di edifici in muratura, con o senza intelaiatura. Per fondazioni a platea generale, dato che la vibrazione della stessa può essere considerata simile a quella che si verificherebbe nel terreno senza la presenza della platea, la perdita di accoppiamento è zero alle basse frequenze fino alla frequenza di risonanza della platea.

Le tipologie edilizie prevalenti in adiacenza al tracciato sono rappresentate da edifici storici in muratura, con fondazioni direttamente immorsate nel terreno e edifici di recente edificazione con ossatura in cemento armato e fondazioni continue. L'edificazione appare omogenea e caratterizzata da abitazioni isolate o palazzine con struttura in c.a. e altezza media di 1, 2 e/o 3 piani.

In queste condizioni, sulla base di quanto sin ora detto, la differenza tra il livello di vibrazione del terreno e quello dell'edificio si stima cautelativamente amplificata di 5 dB per l'effetto combinato delle componenti positive, quali la perdita di accoppiamento suolo-fondazioni e l'attenuazione da piano a piano, e delle componenti negative di attenuazione, quali la risonanza alle frequenze proprie dei solai. L'approccio cautelativo con cui viene affrontato il tema è confermato anche da indagini effettuate sulle linee ferroviarie italiane.

### **Rumore trasmesso per via solida dalle strutture**

Il rumore solido all'interno degli edifici è il risultato delle onde acustiche irradiate dalle superfici della stanza, includendo le pareti, i pavimenti, i soffitti e tutti gli altri elementi normalmente presenti quali finestre, porte, ecc.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	45 di 94

La relazione tra le ampiezze di vibrazione delle superfici della stanza ed i livelli di pressione sonora all'interno della stanza stessa è funzione del valore medio del coefficiente di assorbimento acustico che caratterizza le superfici, dalla dimensione e forma della stanza e della distribuzione del campo di vibrazione sulle superfici vibranti.

Studi basati su considerazioni teoriche hanno consentito di formulare la seguente relazione che lega i livelli di pressione sonora con i livelli di vibrazione in accelerazione rilevabili in corrispondenza dell'orizzontamento della stanza:

$$L_p = L_a - 20 \cdot \log(f) + 16$$

dove:

$L_p$ : livello di pressione sonora in dB (0 dB = 20  $\mu$ Pa)

$L_a$ : livello di vibrazione di accelerazione all'orizzontamento in dB (0 dB = 1  $\mu$ g)

f: frequenza per bande a terzi di ottava in Hz

L'applicazione del modello di propagazione del rumore solido per i ricettori analizzati nel presente studio non evidenzia situazioni di criticità preventivabili. Lo stato degli infissi di ciascun edificio, classificato "buono" in fase di censimento ricettori, potrebbe ridurre notevolmente l'insorgere di condizioni di attenzione per gli stessi ricettori potenzialmente interessati da livelli di vibrazioni disturbanti, qualora i vetri entrino in risonanza, vibrino ed emettano all'interno del locale un rumore avente le medesime frequenze.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	46 di 94

## 4 INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITÀ E PREVISIONE DELL'IMPATTO IN FASE DI ESERCIZIO

### 4.1 Considerazioni generali

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 acustici.

Per quanto riguarda l'individuazione di criticità, in via cautelativa, si è fatto riferimento ai limiti indicati dalla norma ISO 2631/UNI 9614 per le vibrazioni di livello costante, in particolare per la condizione di postura del corpo non nota, per la quale si indicano soglie uguali per tutti i tre assi di riferimento (x, y, z) di 77 dB per il giorno e 74 dB per la notte, per ambiti residenziali. Ciò, pertanto, senza tener conto dei valori di riferimento suggeriti dalla medesima norma nel caso di vibrazioni prodotte da veicoli ferroviari (89,5 dB per il giorno - 86,7 dB per la notte).

Applicando i modelli di calcoli precedentemente descritti e le funzioni di trasferimento sperimentali, si rileva che i valori di riferimento di cui alla norma UNI 9614 sono generalmente rispettati per tutti i ricettori posti in prossimità del nuovo tracciato ferroviario.

Considerando tipologie edilizie sia in c.a. sia in muratura (con luci di solaio di 4 m) e attraversamenti litologici tipici dell'area in esame, si è giunti al calcolo della distanza dalla sorgente a cui il livello di accelerazione ponderato risulta inferiore ai valori di riferimento indicati dalla normativa UNI 9614 per i ricettori residenziali nel periodo diurno e notturno lungo tutti gli assi. In assenza però di dati precisi per ciascun edificio analizzato (terreno, fondazioni, strutture) le valutazioni previsionali possono risentire di variazioni anche apprezzabili: a tal fine, nelle valutazioni conclusive si terrà conto in via cautelativa di un margine di tolleranza tale da rappresentare anche la variabilità dei parametri di input.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	47 di 94

#### 4.2 Traffico e velocità di esercizio

Di seguito si riporta la tabella con il dettaglio dei flussi di esercizio relativi alla linea di progetto:

<b>MdE DI PROGETTO PER LA LINEA FERROVIARIA SA-RC LOTTO 3</b>				
Tipologia treno	NUMERO CONVOGLI IN TRANSITO			
	Periodo Diurno (06-22)			Periodo Notturno (22-06)
	Paola - Bivio Pantani	San Lucido - Bivio Pantani	Bivio Settimo - Cosenza	Linea San Lucido - Bivio Pantani
SERVIZIO AV	-	46	-	8
SERVIZIO REGIONALE	72	18	90	-
SERVIZIO IC	-	-	-	-
MERCI	-	34	-	34

**Tabella 4-1 – Modello di Esercizio di Progetto Linea AV**

Di seguito gli MdE previsti sulla linea ferroviaria storica.

<b>MdE FUTURO DELLA LINEA FERROVIARIA STORICA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b>		
Tipologia treno	NUMERO CONVOGLI IN TRANSITO	
	Tratto Ferroviario Paola – San Lucido	
	Periodo Diurno (06-22)	Periodo Notturno (22-06)
SERVIZIO REGIONALE	36	-
SERVIZIO IC	40	2

**Tabella 4-2 – Modello di Esercizio Futuro Linea Storica Salerno – Reggio Calabria**

<b>MdE FUTURO DELLA LINEA FERROVIARIA STORICA SIBARI - COSENZA</b>		
Tipologia treno	NUMERO CONVOGLI IN TRANSITO	
	Tratto Ferroviario Bivio S. Antonello - Cosenza	
	Periodo Diurno (06-22)	Periodo Notturno (22-06)
SERVIZIO AV	18	-
SERVIZIO REGIONALE	36	-

**Tabella 4-3 – Modello di Esercizio Futuro Linea Storica Sibari - Cosenza**

<b>MdE FUTURO DELLA LINEA FERROVIARIA STORICA PAOLA - COSENZA</b>		
Tipologia treno	NUMERO CONVOGLI IN TRANSITO	
	Tratto Ferroviario Bivio Settimo – Bivio S. Antonello	
	Periodo Diurno (06-22)	Periodo Notturno (22-06)
SERVIZIO AV	2	0
MERCI	3	1

**Tabella 4-4 – Modello di Esercizio Futuro Linea Storica Sibari - Cosenza**

Di seguito si identificano le velocità di progetto previste per le tratte della linea in progetto, per maggiori dettagli si rimanda alla relazione tecnica di esercizio. Inoltre, per ogni tratto, si identificano le principali opere civili.

<b>Lotto 3</b>			
<b>Assi Diramazione Paola</b>			<b>Opere civili principali</b>
<b>Velocità [km/h]</b>	<b>pk iniziale</b>	<b>pk finale</b>	
<b>100</b>	0+000	0+286	Rilevato
<b>140</b>	0+286	4+233	Rilevato, Viadotto e Trincea
<b>250</b>	4+233	17+265	Galleria (da pressi Bivio Settimo a linea)
<b>160</b>	17+265	17+516	Galleria (linea)
<b>100</b>	17+516	20+404	Galleria (da pressi Bivio Pantani a Paola) Trincea e Rilevato (presenti viadotti di limitata ampiezza assimilati a rilevato)
<b>Assi Diramazione San Lucido</b>			<b>Opere civili principali</b>
<b>Velocità [km/h]</b>	<b>pk iniziale</b>	<b>pk finale</b>	
<b>100</b>	0+000	0+286	Rilevato
<b>140</b>	0+286	4+233	Rilevato, Viadotto e Trincea
<b>250</b>	4+233	17+516	Galleria (da pressi Bivio Settimo a linea)
<b>160</b>	17+516	18+491	Galleria (linea)
<b>100</b>	18+491	20+728	Galleria (da pressi Bivio Pantani a San Lucido), Trincea e Rilevato (presenti viadotti di limitata ampiezza assimilati a rilevato)

**Tabella 4-5 – Velocità di esercizio linea in progetto**

Per i treni MERCI la velocità massima di progetto è considerata pari a 100 km/h per ogni tratta della linea.

Per la linea storica saranno impiegate le velocità reperite dal FL143, ossia:

- per la tratta storica in rilevato Paola – S. Lucido: 105 km/h per REG, IC;
- per la tratta storica in viadotto Bivio Settimo – Bivio Antonello: 105 km/h per AV e 100 km/h per MERCI;
- per la tratta storica in rilevato Bivio Antonello – Cosenza: 140 km/h per REG e AV.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	49 di 94

### 4.3 Livello di emissione complessivo

Le accelerazioni complessivamente prodotte dall'esercizio della linea ferroviaria di progetto sono fornite dall'applicazione dell'emissione delle singole tipologie di treno e verso di percorrenza al traffico di esercizio previsto, in riferimento alle postazioni di indagine effettuate, tenendo conto del tempo di esposizione medio per tipologia di treno. Nelle tabelle seguenti si evince, per i tre assi alle tre terne, il valore complessivo di esposizione nel periodo diurno e nel periodo notturno calcolato sulla base del modello di esercizio atteso considerando il traffico e le velocità in esercizio.

Di seguito si riportano i valori attesi sia per i tratti di linea allo scoperto (viadotto, rilevato/trincea) che per i tratti in galleria (coperto) per il quale la valutazione è compiuta sia sui periodi di riferimento che per l'evento massimo.

#### 4.3.1 Valori attesi per i tratti al coperto (Galleria): valutazione sul livello dei periodi di riferimento da pk 4+233 a pk 17+265 Galleria da pressi Bivio Settimo verso Bivio Pantani

Di seguito si riporta la valutazione considerando il modello di esercizio in relazione ai periodi di riferimento.

REGIONALI (Velocità = 160km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	60,0	58,9	53,5	/	/	/
VIB 1b	15	58,3	62,0	71,5	/	/	/
VIB 1c	30	48,9	55,4	47,0	/	/	/

**Tabella 4-6 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI REGIONALI tratti al coperto**

ES (Velocità = 250km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	58,9	58,0	52,9	53,6	52,7	47,6
VIB 1b	15	58,7	61,8	67,0	53,4	56,5	61,7
VIB 1c	30	48,0	53,6	46,5	42,7	48,3	41,2

**Tabella 4-7 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI ES tratti al coperto**

MERCİ (Velocità = 100km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	55,9	53,6	48,0	58,1	55,8	50,2
VIB 1b	15	49,4	58,1	55,4	51,6	60,3	57,6
VIB 1c	30	45,4	54,2	40,5	47,6	56,4	42,7

**Tabella 4-8 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI MERCİ tratti al coperto**

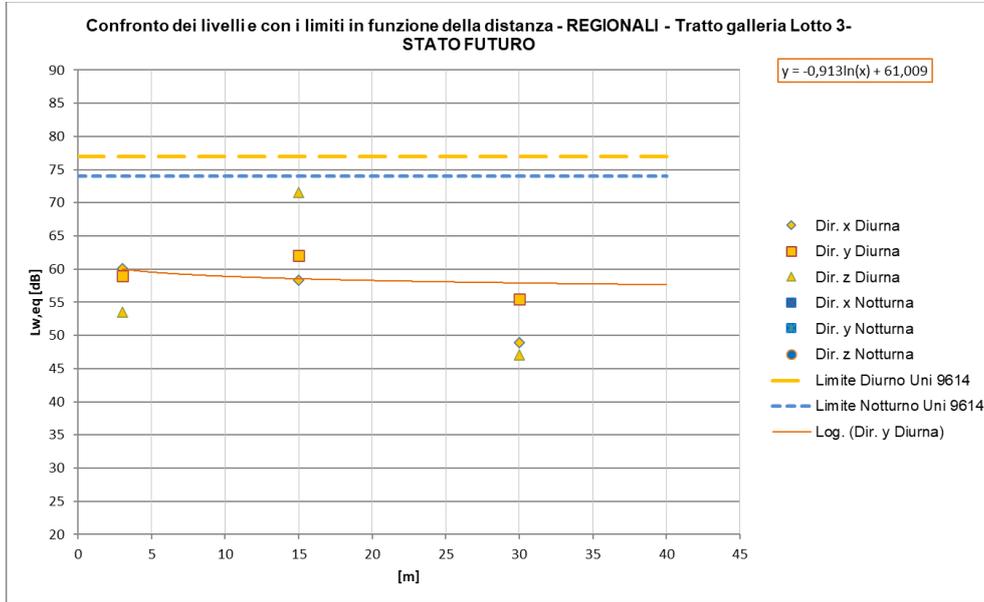
TOTALI (somma dell'emissione delle vibrazioni del numero di transiti di ogni categoria dell'MdE)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	63,4	62,2	56,9	59,4	57,6	52,1
VIB 1b	15	61,8	65,8	72,9	55,6	61,8	63,1
VIB 1c	30	52,5	59,3	50,3	48,8	57,1	45,0

**Tabella 4-9 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti al coperto**

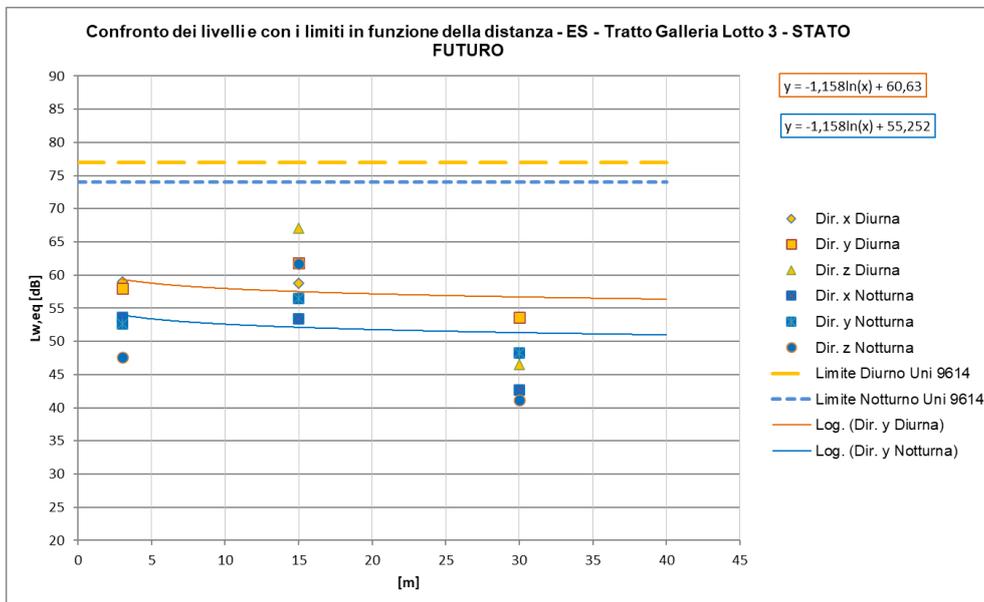
Nella tabella seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici.

Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	68,4	67,2	61,9	64,4	62,6	57,1
VIB 1b	15	66,8	70,8	77,9	60,6	66,8	68,1
VIB 1c	30	57,5	64,3	55,3	53,8	62,1	50,0

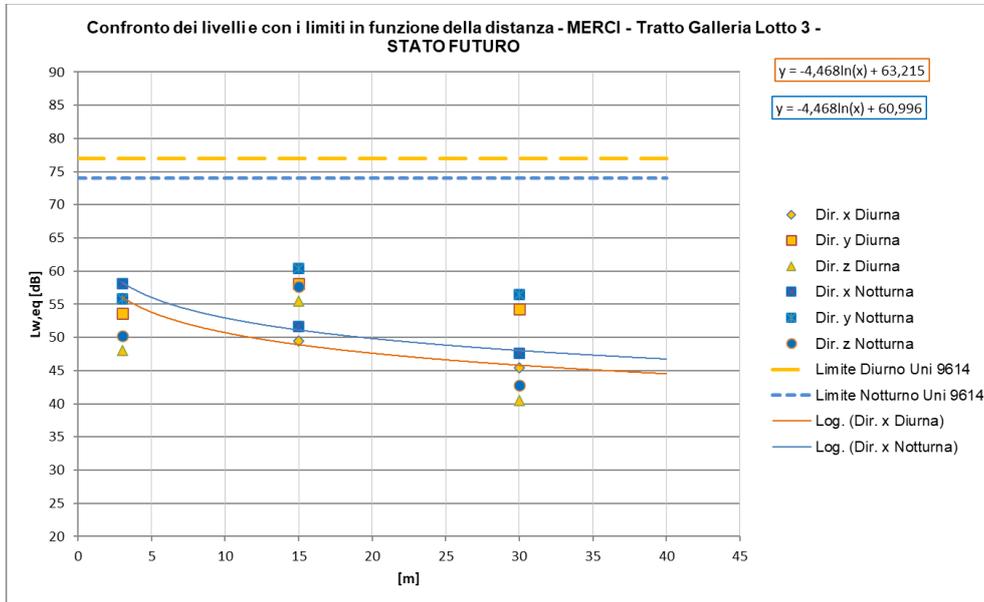
**Tabella 4-10 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso INTERNO AGLI EDIFICI, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti al coperto**



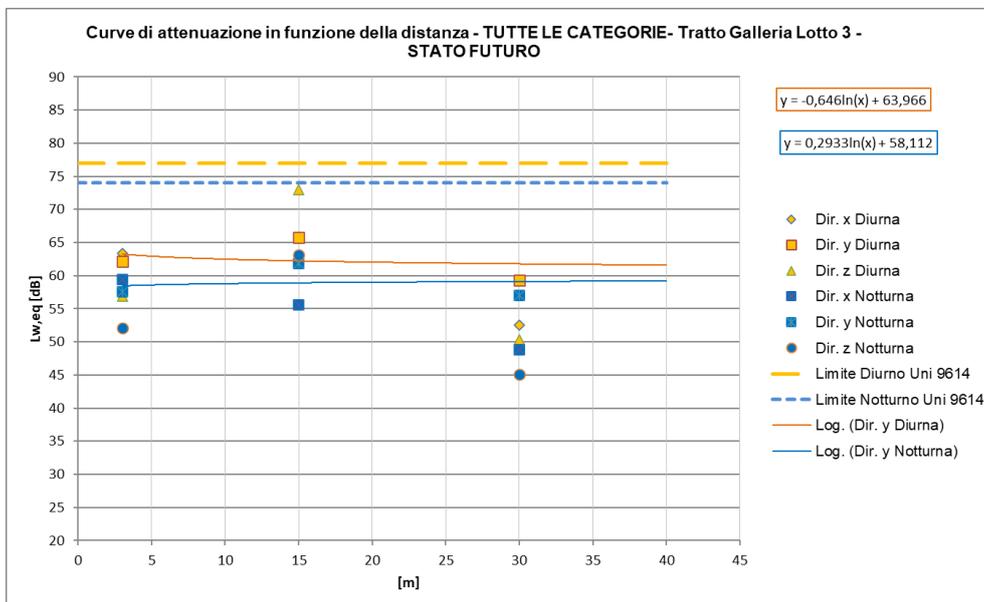
**Figura 20 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, TRENI REGIONALI a 160km/h**



**Figura 21 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, TRENI ES a 250km/h**

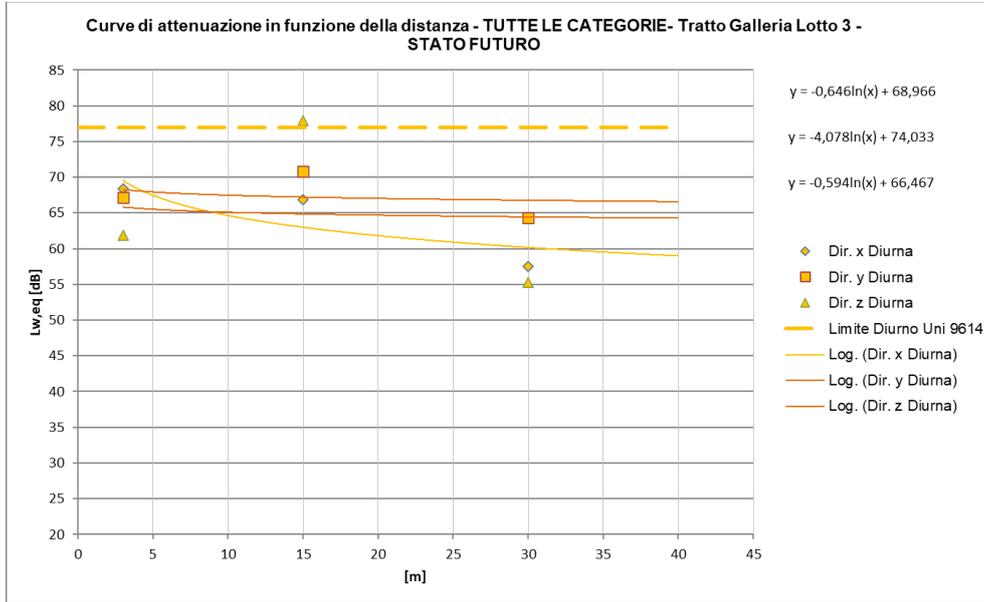


**Figura 22 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, TRENI MERCI a 100km/h**

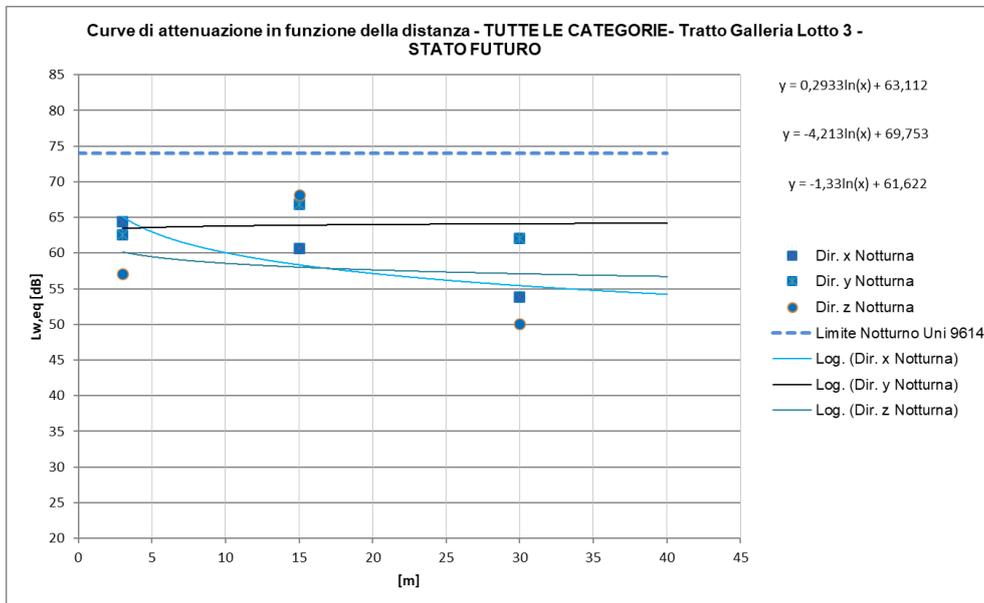


**Figura 23 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE**

Nei grafici seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici, la quale considera un incremento di amplificazione di +5 dB. La valutazione è compiuta sul totale del modello di esercizio.



**Figura 24 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno**



**Figura 25 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo notturno**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	54 di 94

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio, per i tratti al coperto da pk 4+233 a pk 17+265 Galleria da pressi Bivio Settimo verso Bivio Pantani, si riscontra il rispetto dei limiti, all'interno degli edifici, del periodo diurno e del notturno già a distanze pari ed inferiori a circa 3 m dalla linea ferroviaria.

#### 4.3.2 Valori attesi per i tratti al coperto (Galleria): valutazione sul livello dei periodi di riferimento da pk 17+516 a pk 20+404 galleria da pressi Bivio Pantani a Paola

Di seguito si riporta la valutazione considerando il modello di esercizio in relazione ai periodi di riferimento.

REGIONALI (Velocità = 100km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	55,0	53,9	48,5	/	/	/
VIB 1b	15	53,3	57,0	66,5	/	/	/
VIB 1c	30	43,9	50,4	42,0	/	/	/

**Tabella 4-11 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI REGIONALI tratti al coperto**

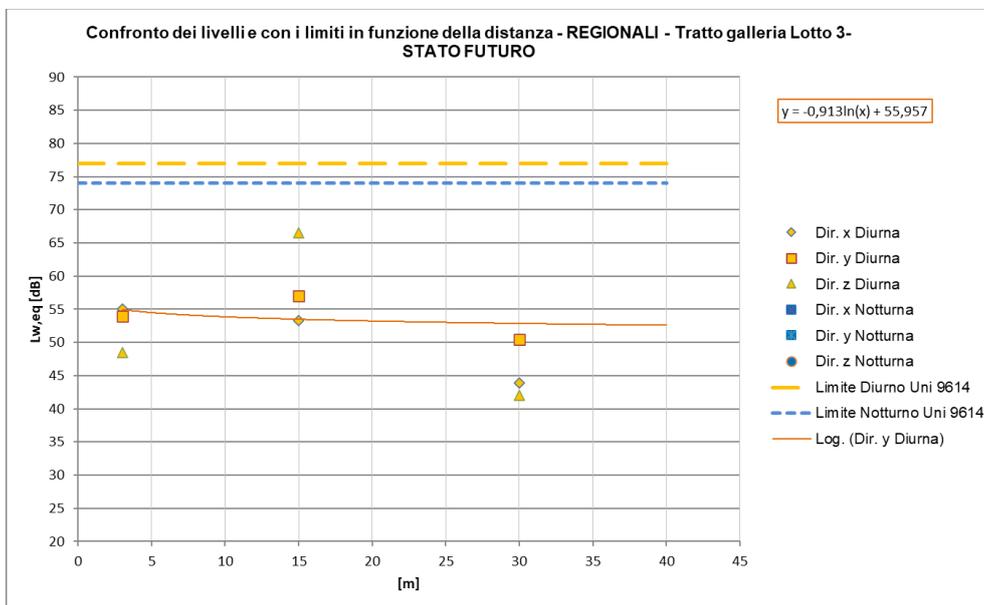
TOTALI (somma dell'emissione delle vibrazioni del numero di transiti di ogni categoria dell'MdE)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	55,0	53,9	48,5	/	/	/
VIB 1b	15	53,3	57,0	66,5	/	/	/
VIB 1c	30	43,9	50,4	42,0	/	/	/

**Tabella 4-12 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti al coperto**

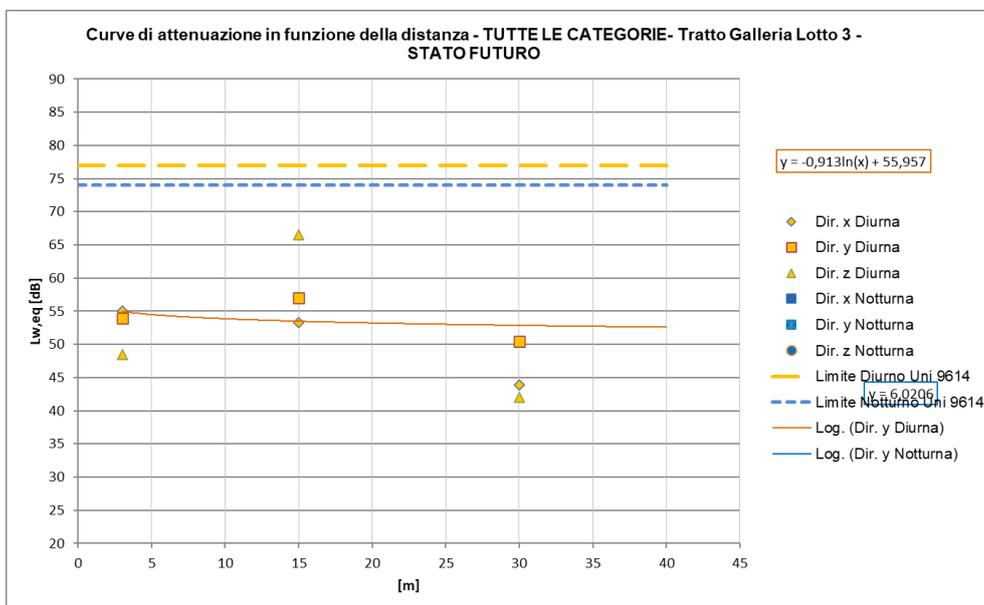
Nella tabella seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici.

Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	60,0	58,9	53,5	/	/	/
VIB 1b	15	58,3	62,0	71,5	/	/	/
VIB 1c	30	48,9	55,4	47,0	/	/	/

**Tabella 4-13 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso INTERNO AGLI EDIFICI, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti al coperto**

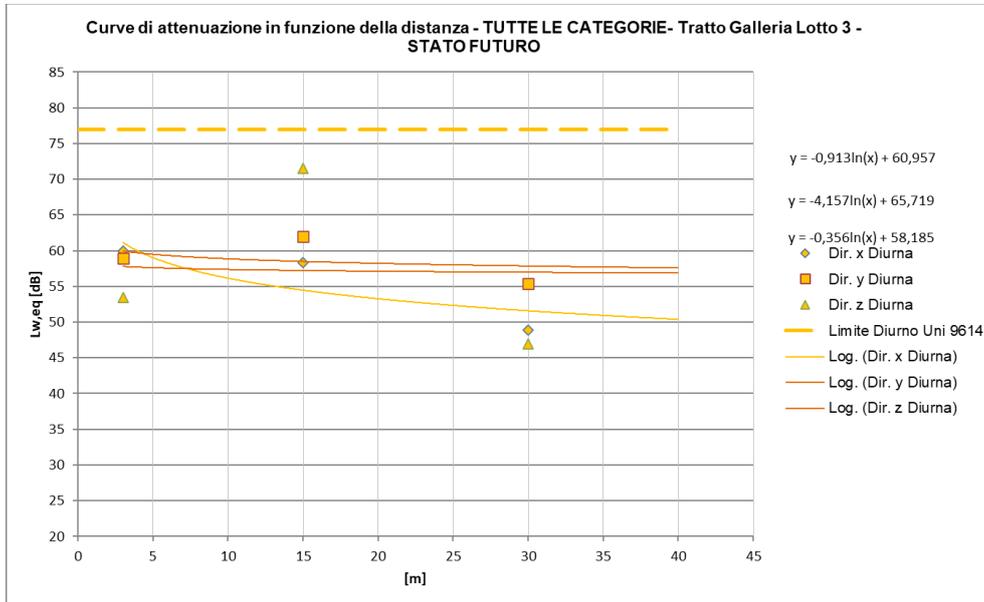


**Figura 26 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, TRENI REGIONALI a 100km/h**



**Figura 27 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE**

Nei grafici seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici, la quale considera un incremento di amplificazione di +5 dB. La valutazione è compiuta sul totale del modello di esercizio.



**Figura 28 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno**

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio, per i tratti al coperto da pk 17+516 a pk 20+404 galleria da pressi Bivio Pantani a Paola, si riscontra il rispetto dei limiti, all'interno degli edifici, del periodo diurno già a distanze pari ed inferiori a circa 3 m dalla linea ferroviaria. Nel periodo notturno non sono previsti transiti.

#### 4.3.3 Valori attesi per i tratti al coperto (Galleria): valutazione sul livello dei periodi di riferimento da pk18+491 a pk 20+728 galleria da pressi Bivio Pantani a San Lucido

Di seguito si riporta la valutazione considerando il modello di esercizio in relazione ai periodi di riferimento.

REGIONALI (Velocità = 100km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	49,0	47,9	42,5	/	/	/
VIB 1b	15	47,3	51,0	60,5	/	/	/
VIB 1c	30	37,9	44,4	36,0	/	/	/

**Tabella 4-14 – Lw,eq diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI REGIONALI tratti al coperto**

ES (Velocità = 100km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	51,0	50,1	45,0	45,6	44,7	39,6
VIB 1b	15	50,8	53,9	59,1	45,4	48,5	53,7
VIB 1c	30	40,1	45,7	38,6	34,7	40,3	33,2

**Tabella 4-15 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI ES tratti al coperto**

MERCİ (Velocità = 100km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	55,9	53,6	48,0	58,1	55,8	50,2
VIB 1b	15	49,4	58,1	55,4	51,6	60,3	57,6
VIB 1c	30	45,4	54,2	40,5	47,6	56,4	42,7

**Tabella 4-16 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI MERCİ tratti al coperto**

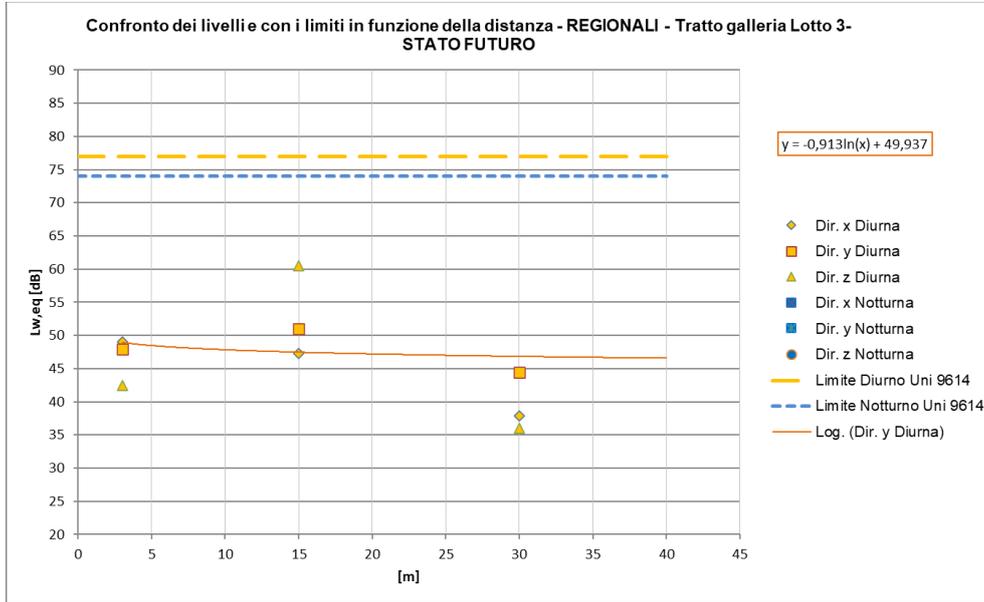
TOTALI (somma dell'emissione delle vibrazioni del numero di transiti di ogni categoria dell'MdE)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	57,8	56,0	50,5	58,4	56,2	50,6
VIB 1b	15	54,2	60,1	63,6	52,6	60,6	59,1
VIB 1c	30	47,1	55,2	43,5	47,9	56,6	43,2

**Tabella 4-17 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti al coperto**

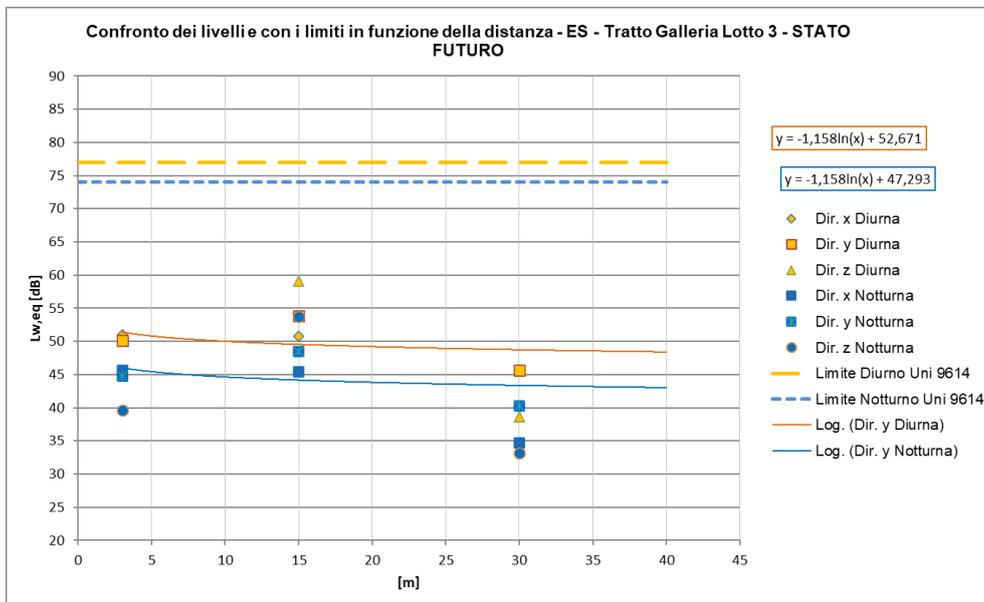
Nella tabella seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici.

Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	62,8	61,0	55,5	63,4	61,2	55,6
VIB 1b	15	59,2	65,1	68,6	57,6	65,6	64,1
VIB 1c	30	52,1	60,2	48,5	52,9	61,6	48,2

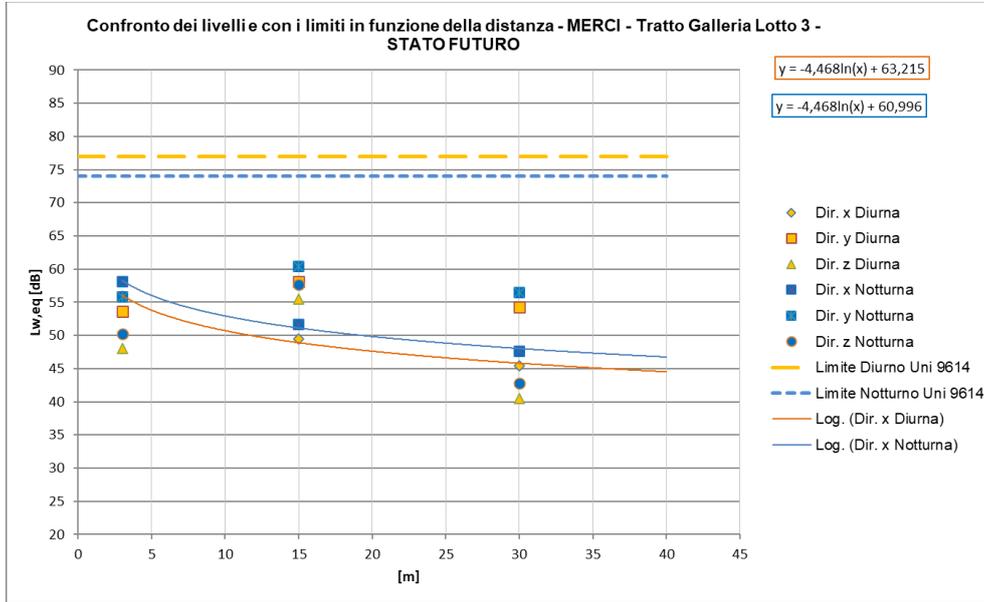
**Tabella 4-18 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso INTERNO AGLI EDIFICI, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti al coperto**



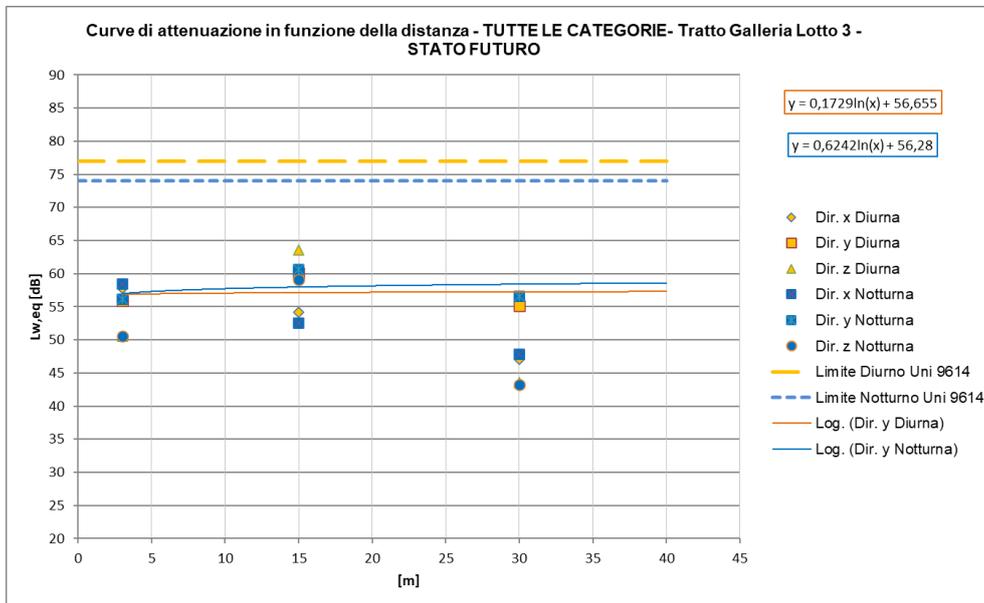
**Figura 29 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, TRENI REGIONALI a 100km/h**



**Figura 30 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, TRENI ES a 100km/h**

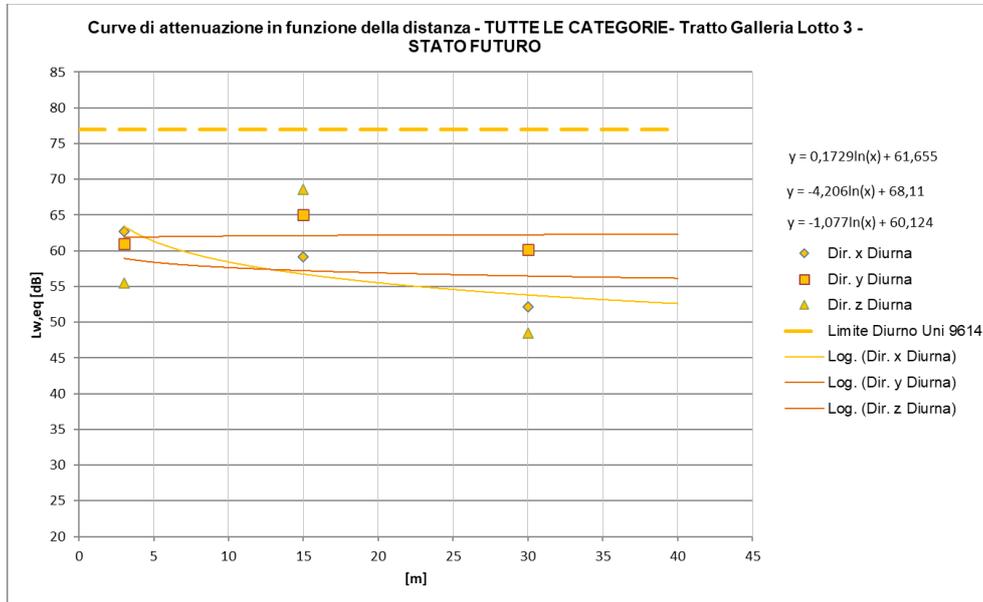


**Figura 31 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, TRENI MERCI a 100km/h**

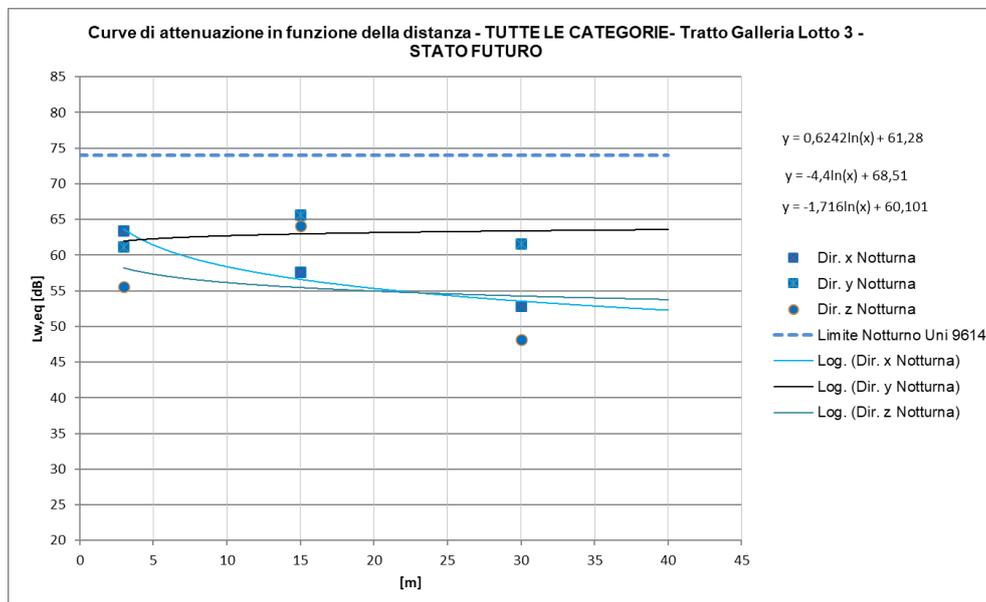


**Figura 32 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE**

Nei grafici seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici, la quale considera un incremento di amplificazione di +5 dB. La valutazione è compiuta sul totale del modello di esercizio.



**Figura 33 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno**



**Figura 34 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo notturno**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA RC1C	LOTTO 03 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio, per i tratti al coperto da pk18+491 a pk 20+728 galleria da pressi Bivio Pantani a San Lucido, si riscontra il rispetto dei limiti, all'interno degli edifici, del periodo diurno e nel periodo notturno già a distanze pari ed inferiori a circa 3 m dalla linea ferroviaria.

#### 4.3.4 Valori attesi per i tratti al coperto (Galleria): valutazione sul livello evento critico

Al fine della valutazione dell'evento massimo di transito si individua, in base ai valori di emissione riscontrati dalle indagini sperimentali, che la tipologia di convoglio che lo genera è il MERCI.

Di seguito si riporta l'emissione delle vibrazioni del treno MERCI rilevata dalle indagini sperimentali ed il valore riportato alla velocità di progetto.

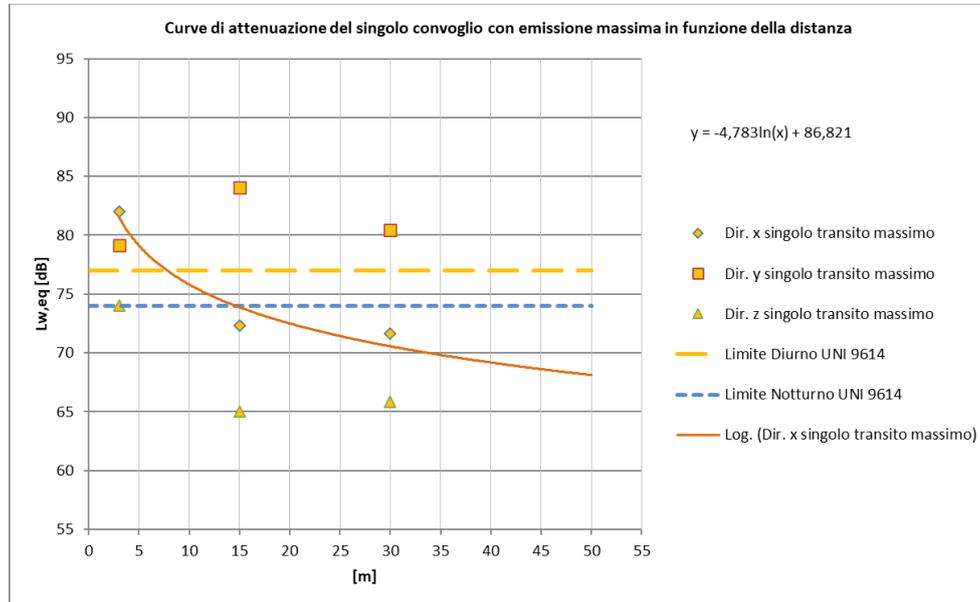
Tipologie di Treno	VIB 01a			VIB 01b			VIB 01c			Velocità all'indagine [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
MERCI	80,2	77,3	72,2	70,5	82,2	63,2	69,8	78,6	64,0	81

**Tabella 4-19 - Livello equivalente massimo (Lw,eq in decibel) delle accelerazioni della tipologia di treno rilevato dalle indagini sperimentali individuato come il maggiore**

Tipologie di Treno	VIB 01a			VIB 01b			VIB 01c			Velocità progetto [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
MERCI	82,0	79,1	74,0	72,3	84,0	65,0	71,6	80,4	65,8	100

**Tabella 4-20 - Livello equivalente massimo (Lw,eq in decibel) delle accelerazioni della tipologia di treno stimate in base alle velocità di progetto individuato come il maggiore**

Di seguito si riporta la valutazione considerando la curva di attenuazione del singolo convoglio critico.



**Figura 35 – Curva di attenuazione in funzione della distanza relativa al transito massimo – tratti al coperto**

In base alla curva di attenuazione del transito massimo per i tratti al coperto (galleria) si riscontra, per il limite del periodo diurno il suo rispetto da circa 9 m e per il limite notturno da circa 15 m dalla linea ferroviaria.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	63 di 94

**4.3.5 Valori attesi per i tratti allo scoperto (Viadotto) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Bivio Settimo – Cosenza da pk 0+286 a pk 4+233**

REGIONALI (Velocità = 140km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2a	3	61,2	57,2	51,0	/	/	/
VIB 2b	15	71,6	72,1	62,4	/	/	/
VIB 2c	30	45,1	45,6	44,2	/	/	/

**Tabella 4-21 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI REGIONALI tratti allo scoperto/viadotto**

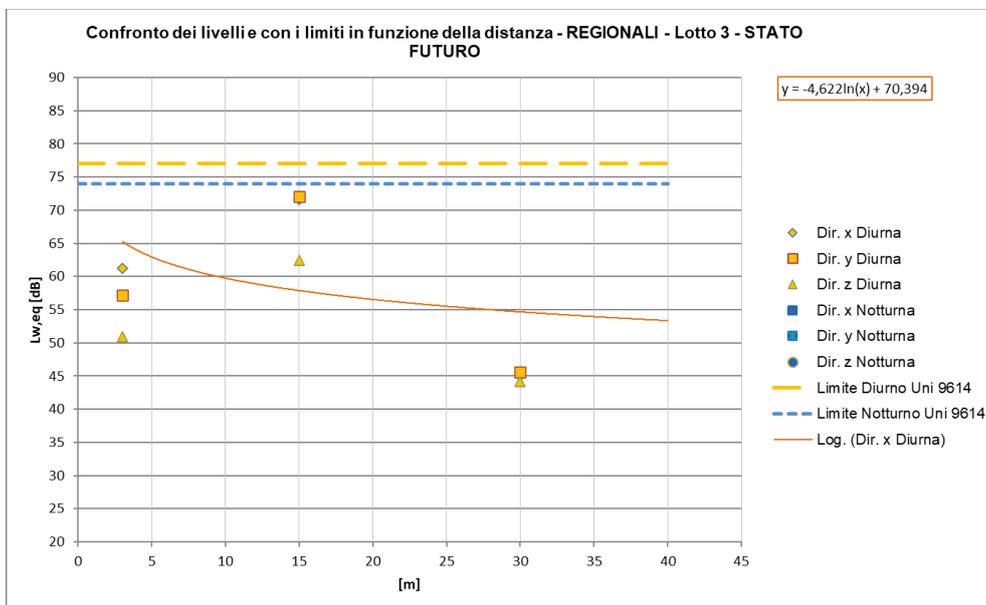
TOTALI (somma dell'emissione delle vibrazioni del numero di transiti di ogni categoria dell'MdE)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2a	3	61,2	57,2	51,0	/	/	/
VIB 2b	15	71,6	72,1	62,4	/	/	/
VIB 2c	30	45,1	45,6	44,2	/	/	/

**Tabella 4-22 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto/viadotto**

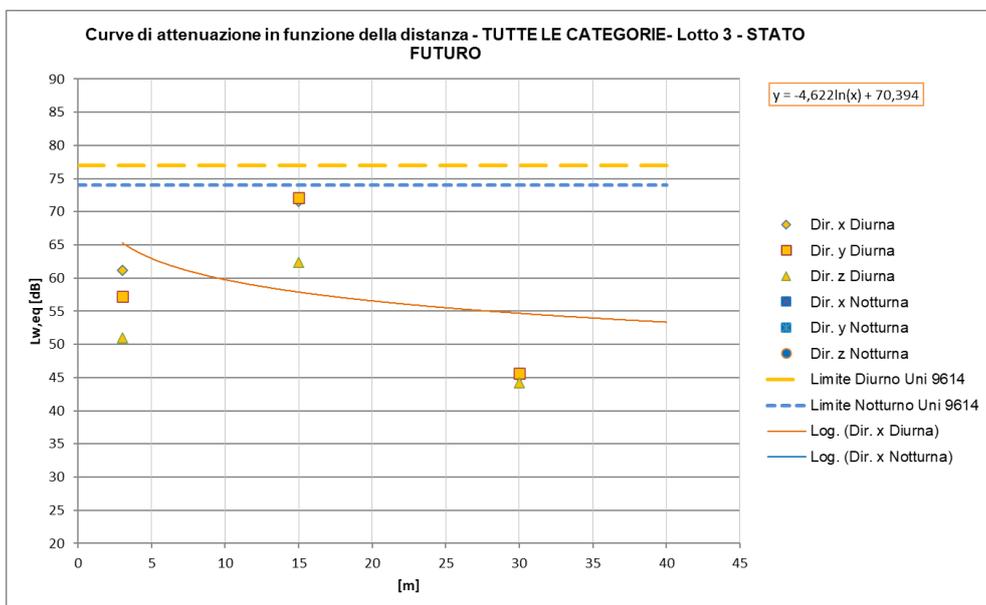
Nella tabella seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici.

Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2a	3	66,2	62,2	56,0	/	/	/
VIB 2b	15	76,6	77,1	67,4	/	/	/
VIB 2c	30	50,1	50,6	49,2	/	/	/

**Tabella 4-23 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso INTERNO AGLI EDIFICI, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto/viadotto**

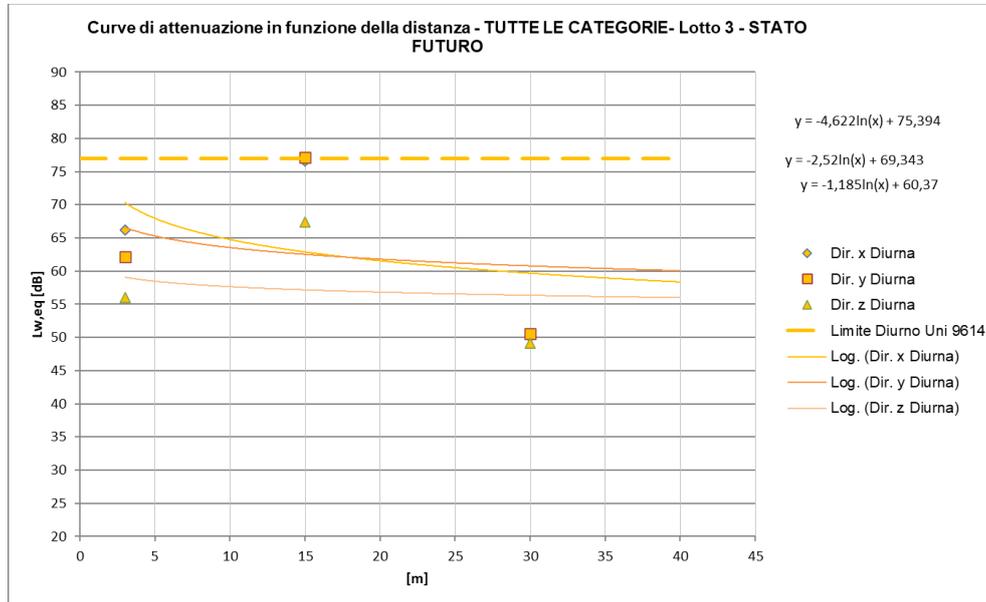


**Figura 36 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI REGIONALI a 140km/h**



**Figura 37 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE**

Nei grafici seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici, la quale considera un incremento di amplificazione di +5 dB.



**Figura 38 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno**

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio, per i tratti allo scoperto in viadotto per il Tratto Ferroviario Bivio Settimo - Cosenza, si riscontra il rispetto dei limiti, già a distanze pari ed inferiori a circa 3 m dalla linea ferroviaria. Nel periodo notturno non sono previsti transiti.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA RC1C	LOTTO 03 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

**4.3.6 Valori attesi per i tratti allo scoperto (Rilevato) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Bivio Settimo - Cosenza da pk 0+000 a pk 0+286**

REGIONALI (Velocità = 100 km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	74,2	74,1	68,7	/	/	/
VIB 3b	20	58,6	60,1	56,4	/	/	/
VIB 3c	35	55,7	54,6	51,3	/	/	/

**Tabella 4-24 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI REGIONALI tratti allo scoperto**

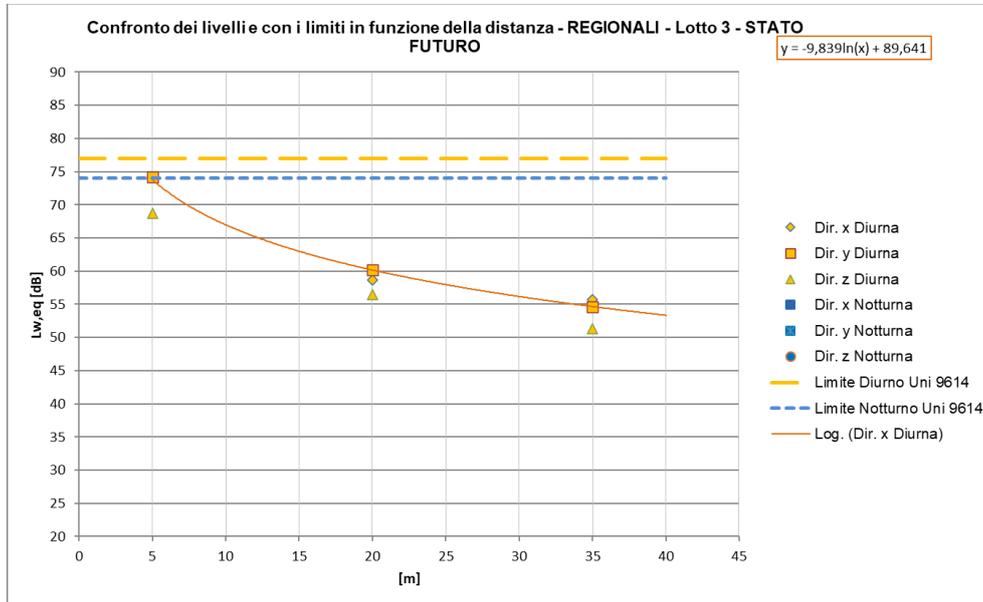
TOTALI (somma dell'emissione delle vibrazioni del numero di transiti di ogni categoria dell'MdE)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	74,2	74,1	68,7	/	/	/
VIB 3b	20	58,6	60,1	56,4	/	/	/
VIB 3c	35	55,7	54,6	51,3	/	/	/

**Tabella 4-25 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto**

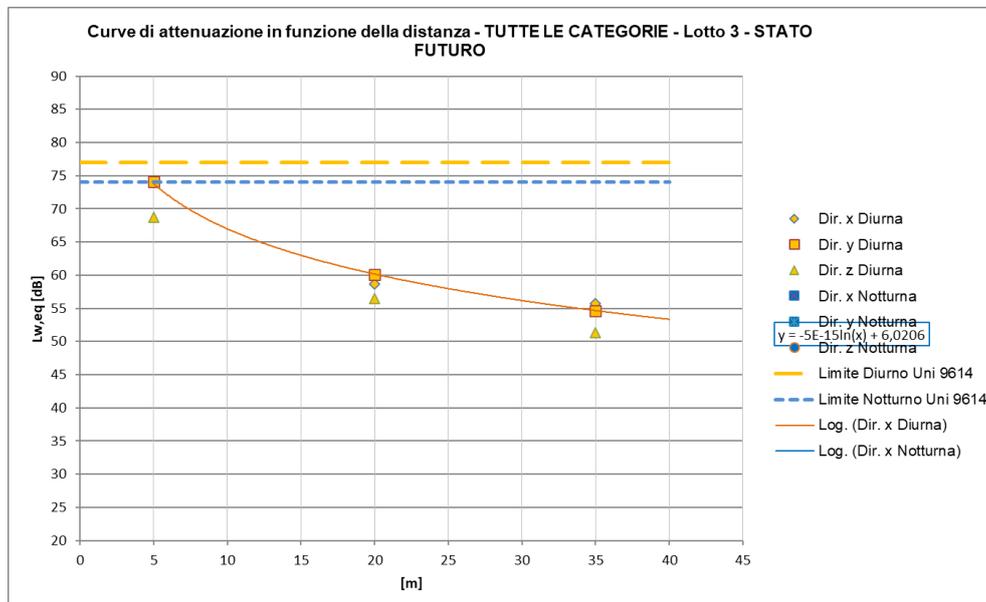
Nella tabella seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici.

Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	79,2	79,1	73,7	/	/	/
VIB 3b	20	63,6	65,1	61,4	/	/	/
VIB 3c	35	60,7	59,6	56,3	/	/	/

**Tabella 4-26 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso INTERNO AGLI EDIFICI, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto**

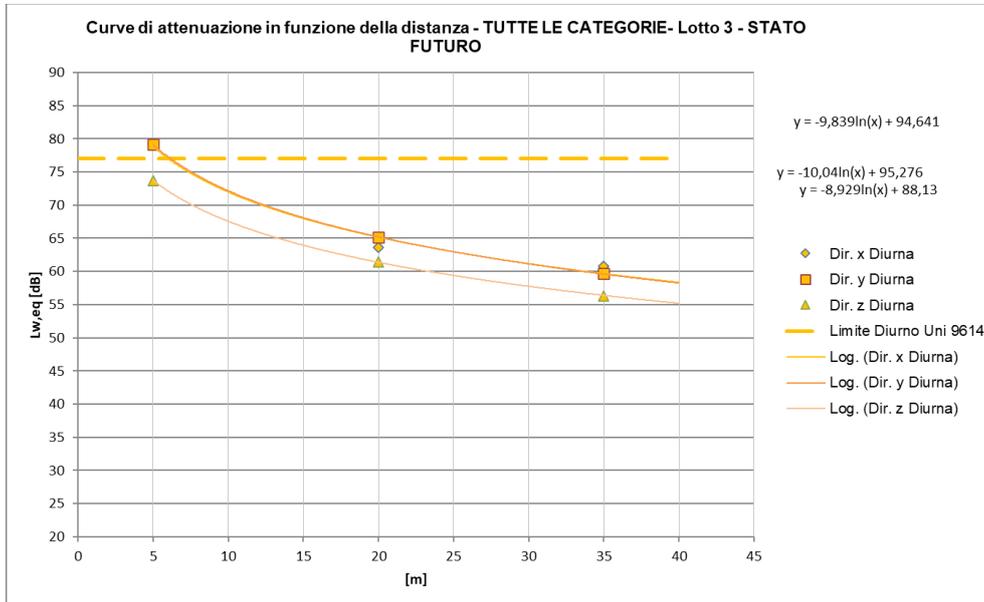


**Figura 39 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI REGIONALI a 100 km/h**



**Figura 40 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE**

Nei grafici seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici, la quale considera un incremento di amplificazione di +5 dB.



**Figura 41 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno**

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio per i tratti allo scoperto, in rilevato o trincea, del Bivio Settimo - Cosenza da pk 0+000 a pk 0+286, si riscontra il rispetto dei limiti per destinazione abitazione, all'interno degli edifici, nel periodo diurno a distanze pari a circa 6m. Nel periodo notturno non sono previsti transiti.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA RC1C	LOTTO 03 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A	FOGLIO 69 di 94

**4.3.7 Valori attesi per i tratti allo scoperto (Rilevato e Trincea) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Bivio Settimo - Cosenza da pk 0+286 a pk 4+233**

REGIONALI (Velocità = 140 km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	77,2	77,1	71,7	/	/	/
VIB 3b	20	61,6	63,1	59,4	/	/	/
VIB 3c	35	58,7	57,6	54,3	/	/	/

**Tabella 4-27 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI REGIONALI tratti allo scoperto**

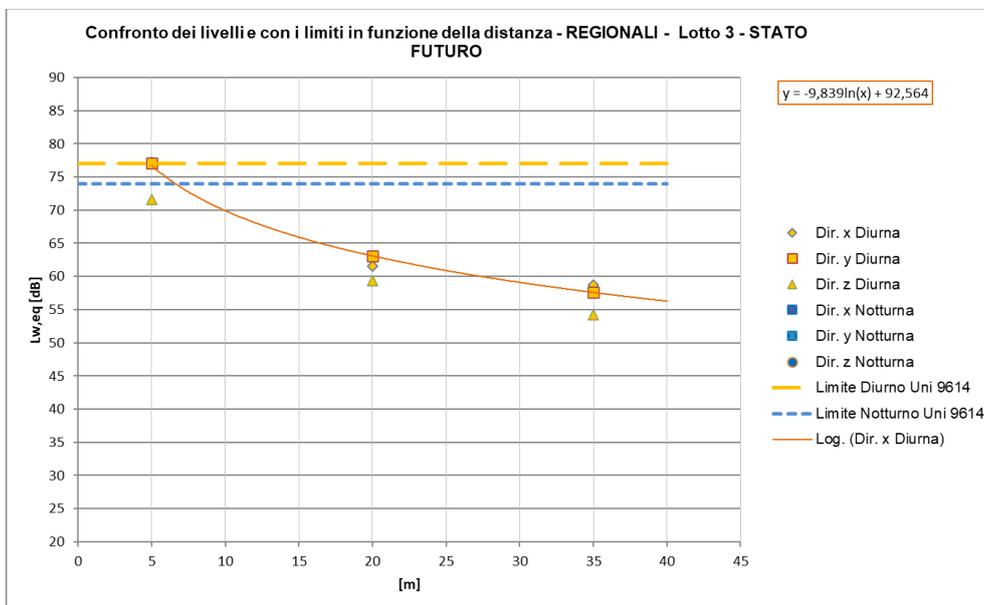
TOTALI (somma dell'emissione delle vibrazioni del numero di transiti di ogni categoria dell'MdE)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	77,2	77,1	71,7	/	/	/
VIB 3b	20	61,6	63,1	59,4	/	/	/
VIB 3c	35	58,7	57,6	54,3	/	/	/

**Tabella 4-28 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto**

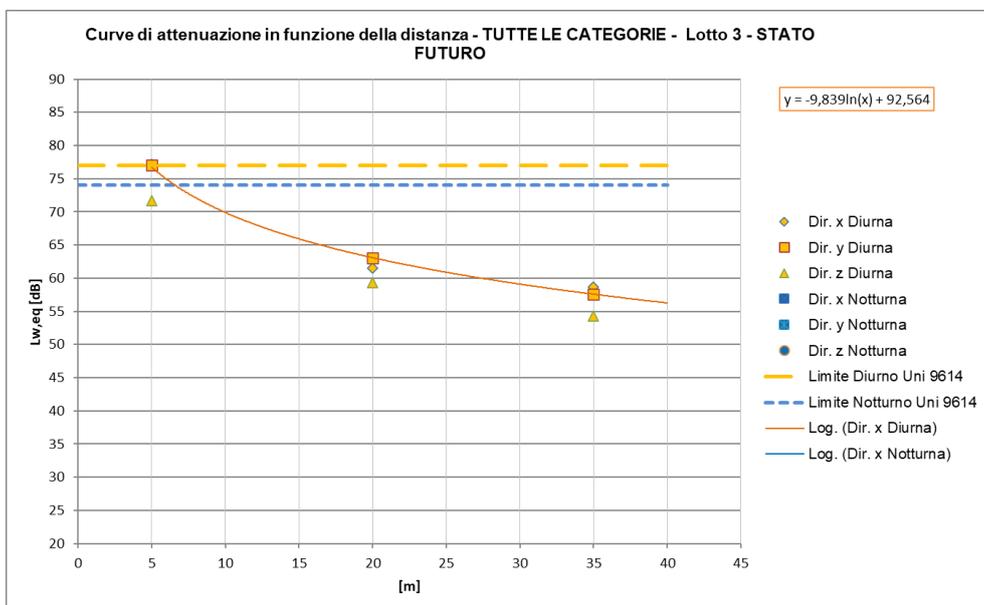
Nella tabella seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici.

Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	82,2	82,1	76,7	/	/	/
VIB 3b	20	66,6	68,1	64,4	/	/	/
VIB 3c	35	63,7	62,6	59,3	/	/	/

**Tabella 4-29 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso INTERNO AGLI EDIFICI, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto**

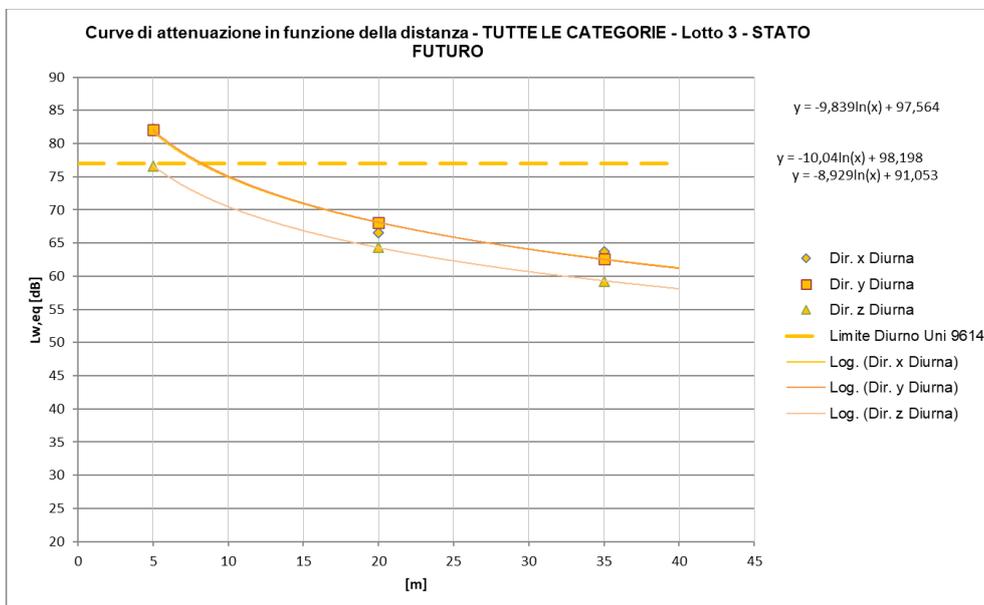


**Figura 42 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI REGIONALI a 140 km/h**



**Figura 43 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE**

Nei grafici seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici, la quale considera un incremento di amplificazione di +5 dB.



**Figura 44 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno**

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio per i tratti allo scoperto, in rilevato o trincea, del Bivio Settimo - Cosenza da pk 0+286 a pk 4+233, si riscontra il rispetto dei limiti per destinazione abitazione, all'interno degli edifici, nel periodo diurno a distanze pari a circa 8m. Nel periodo notturno non sono previsti transiti.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	72 di 94

**4.3.8 Valori attesi per i tratti allo scoperto (Rilevato e Trincea) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Paola - Bivio Pantani**

REGIONALI (Velocità = 100 km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	73,3	73,2	67,8	/	/	/
VIB 3b	20	57,7	59,2	55,5	/	/	/
VIB 3c	35	54,8	53,7	50,4	/	/	/

**Tabella 4-30 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI REGIONALI tratti allo scoperto**

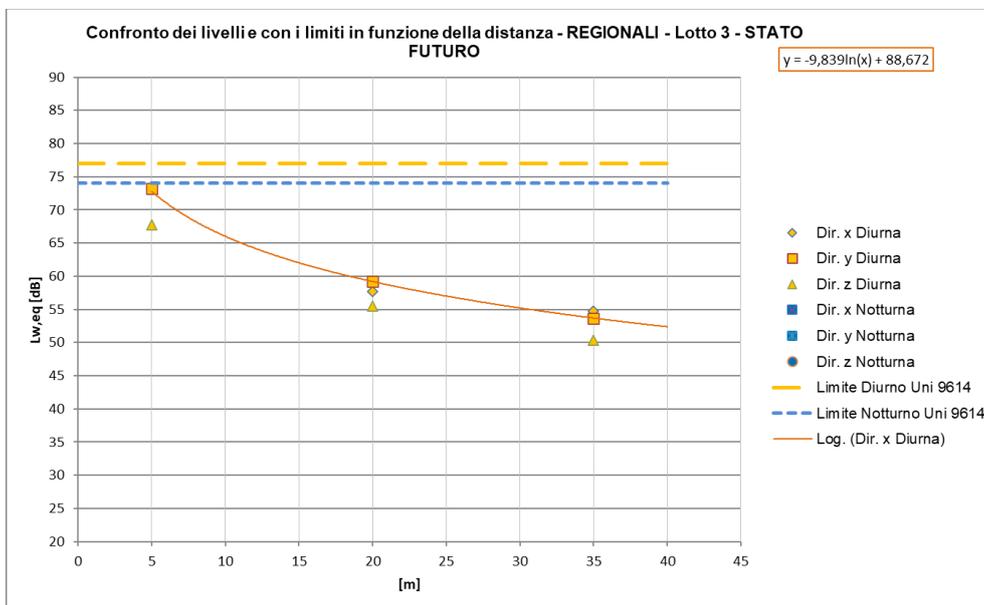
TOTALI (somma dell'emissione delle vibrazioni del numero di transiti di ogni categoria dell'MdE)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	73,3	73,2	67,8	/	/	/
VIB 3b	20	57,7	59,2	55,5	/	/	/
VIB 3c	35	54,8	53,7	50,4	/	/	/

**Tabella 4-31 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto**

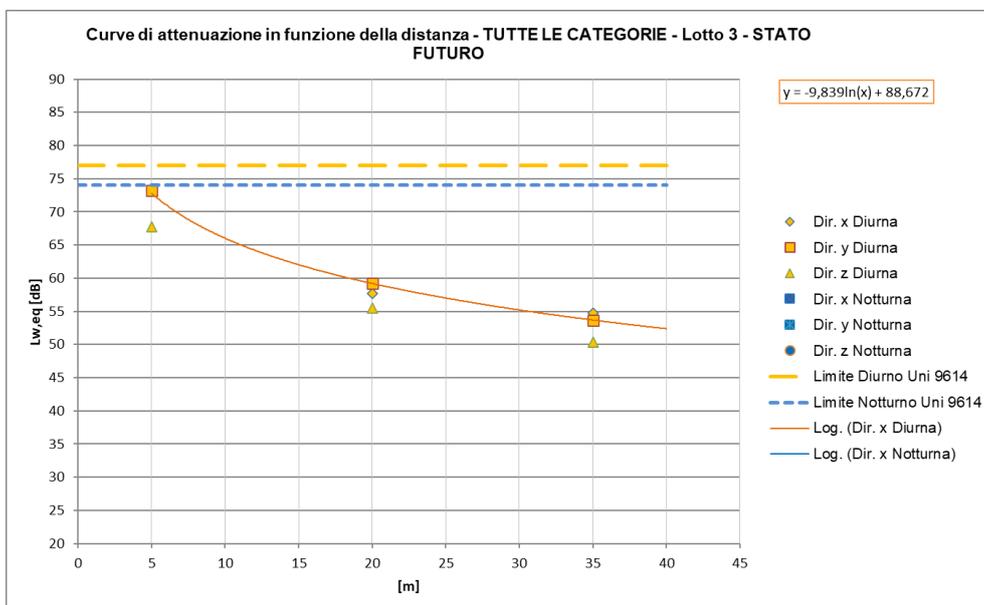
Nella tabella seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici.

Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	78,3	78,2	72,8	/	/	/
VIB 3b	20	62,7	64,2	60,5	/	/	/
VIB 3c	35	59,8	58,7	55,4	/	/	/

**Tabella 4-32 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso INTERNO AGLI EDIFICI, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto**

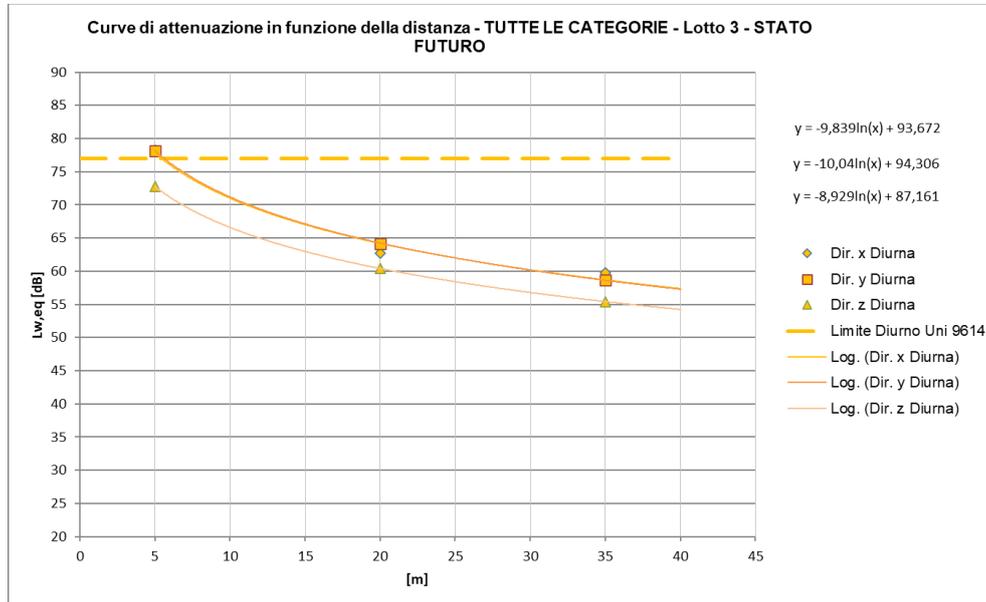


**Figura 45 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI REGIONALI a 100 km/h**



**Figura 46 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE**

Nei grafici seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici, la quale considera un incremento di amplificazione di +5 dB.



**Figura 47 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno**

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio per i tratti allo scoperto, in rilevato o trincea, da Paola a Bivio Pantani, si riscontra il rispetto dei limiti per destinazione abitazione, all'interno degli edifici, nel periodo diurno a distanze pari a circa 6 m. Nel periodo notturno non sono previsti transiti.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	75 di 94

**4.3.9 Valori attesi per i tratti allo scoperto (Rilevato e Trincea) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario San Lucido – Bivio Pantani**

REGIONALI (Velocità = 100 km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	67,3	67,2	61,8	/	/	/
VIB 3b	20	51,7	53,2	49,5	/	/	/
VIB 3c	35	48,8	47,7	44,4	/	/	/

**Tabella 4-33 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI REGIONALI tratti allo scoperto**

ES (Velocità = 100 km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	61,8	63,7	57,7	56,5	58,4	52,4
VIB 3b	20	51,3	51,6	49,2	46,0	46,3	43,9
VIB 3c	35	50,1	49,2	45,2	44,8	43,9	39,9

**Tabella 4-34 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI ES tratti allo scoperto**

MERCİ (Velocità = 100 km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	59,7	62,6	55,9	62,0	64,9	58,2
VIB 3b	20	51,0	51,9	48,9	53,3	54,2	51,2
VIB 3c	35	50,7	48,6	44,6	53,0	50,9	46,9

**Tabella 4-35 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI MERCI tratti allo scoperto**

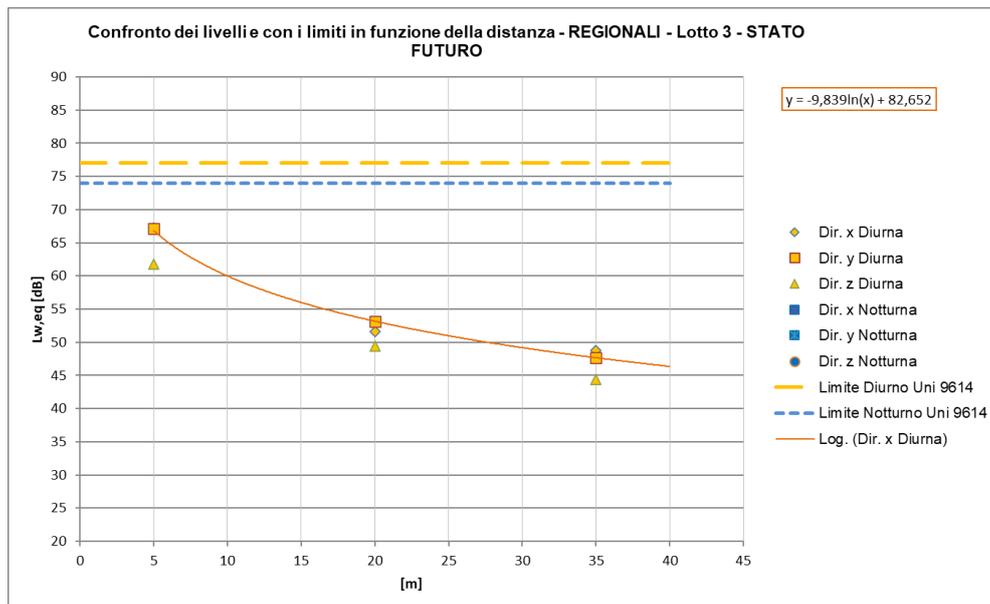
TOTALI (somma dell'emissione delle vibrazioni del numero di transiti di ogni categoria dell'MdE)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	68,9	69,7	64,0	63,0	65,7	59,2
VIB 3b	20	56,1	57,1	54,0	54,0	54,8	51,9
VIB 3c	35	54,7	53,3	49,5	53,6	51,7	47,7

**Tabella 4-36 –  $L_{w,eq}$  diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto**

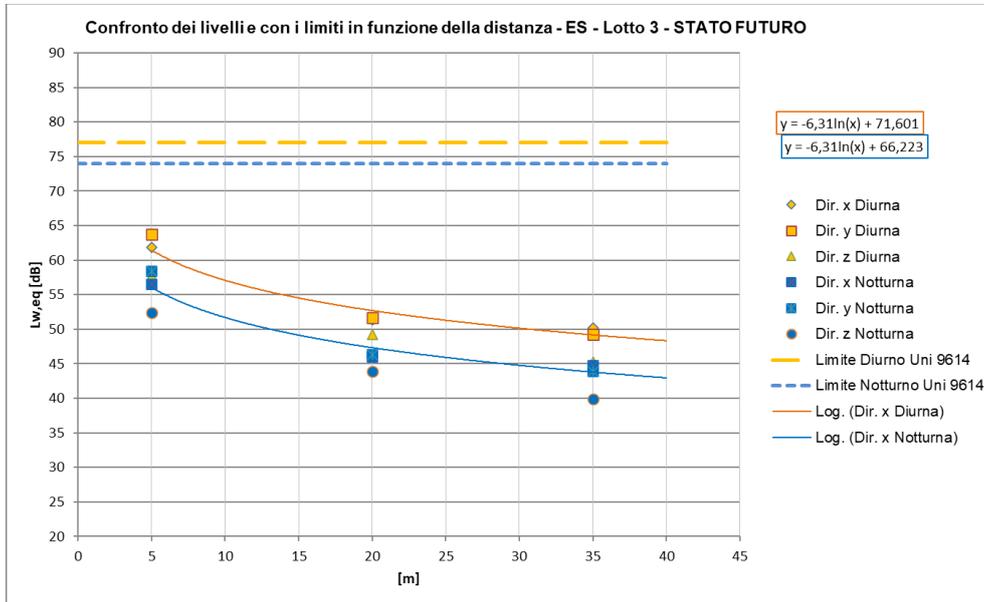
Nella tabella seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici.

Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	73,9	74,7	69,0	68,0	70,7	64,2
VIB 3b	20	61,1	62,1	59,0	59,0	59,8	56,9
VIB 3c	35	59,7	58,3	54,5	58,6	56,7	52,7

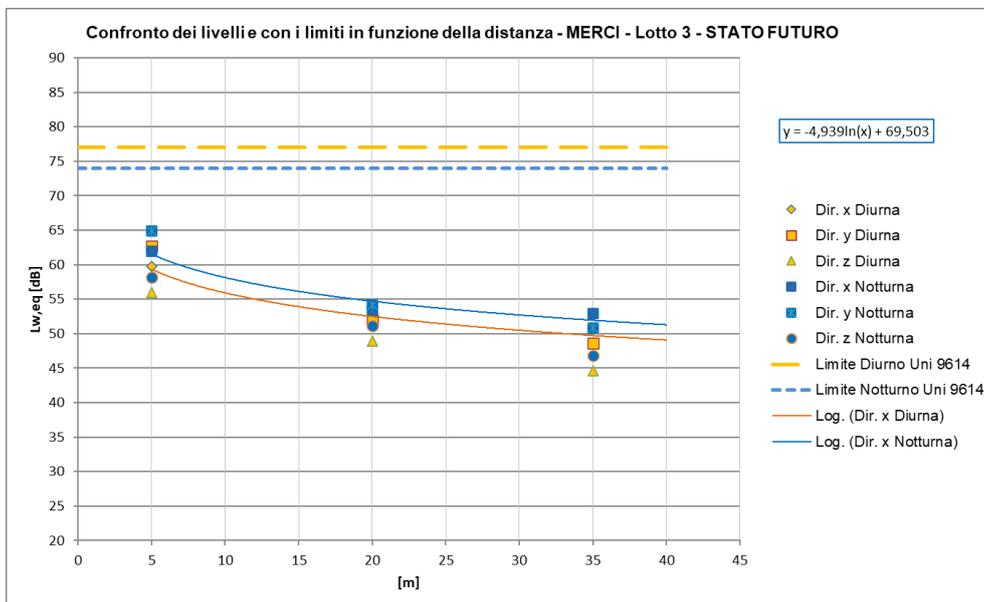
**Tabella 4-37 –  $L_{w,eq}$  diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso INTERNO AGLI EDIFICI, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto**



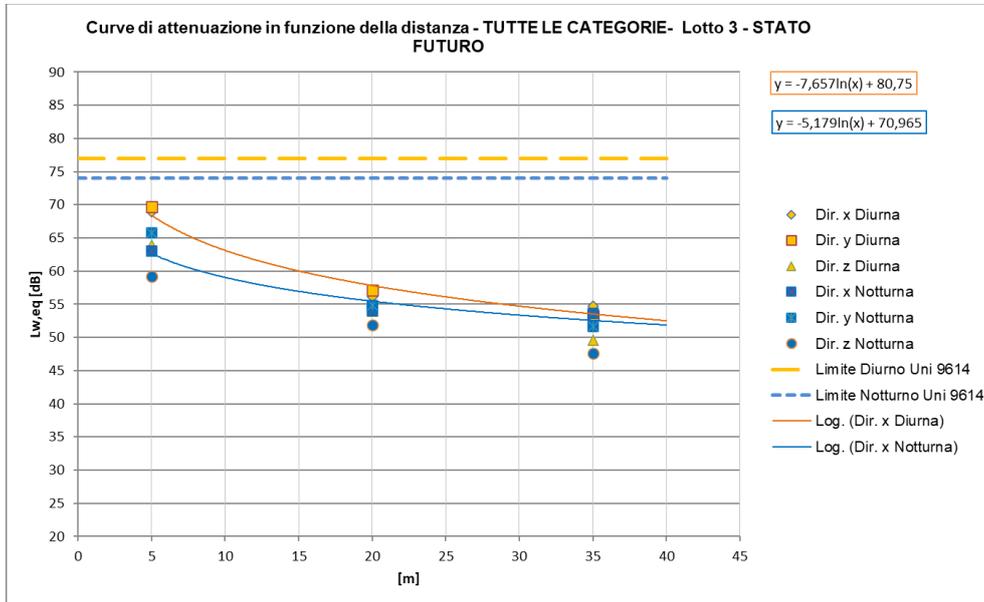
**Figura 48 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI REGIONALI a 100 km/h**



**Figura 49 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI ES a 100 km/h**

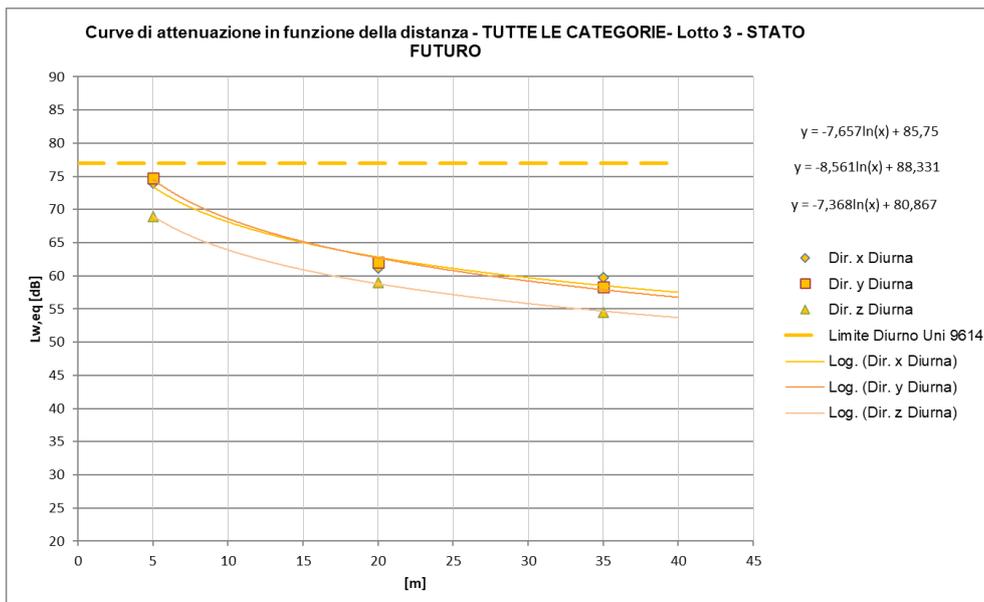


**Figura 50 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI MERCI a 100 km/h**

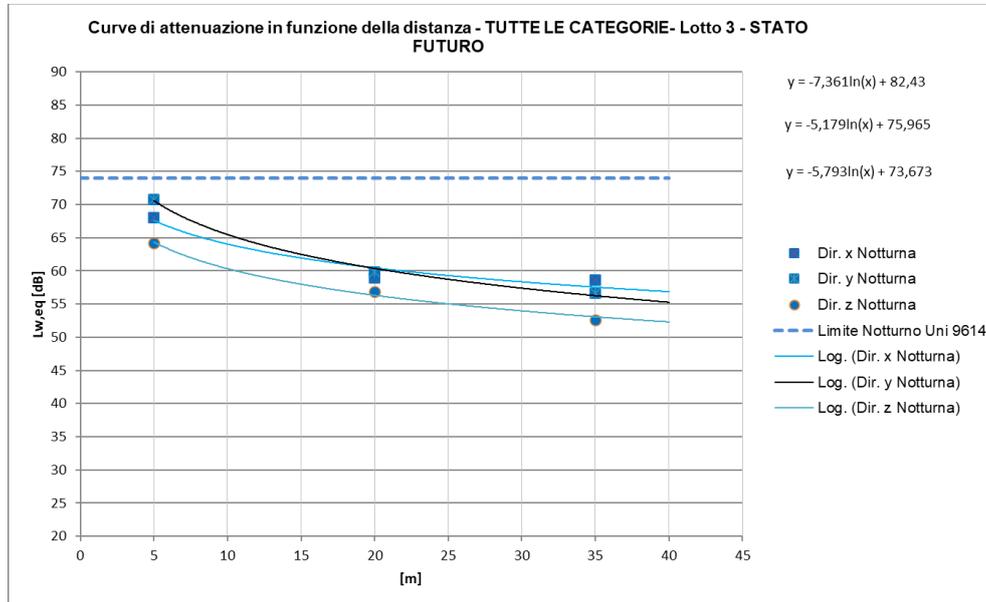


**Figura 51 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE**

Nei grafici seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici, la quale considera un incremento di amplificazione di +5 dB.



**Figura 52 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno**



**Figura 53 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo notturno**

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio per i tratti allo scoperto, in rilevato o trincea, da San Lucido a Bivio Pantani, si riscontra il rispetto dei limiti per destinazione abitazione, all'interno degli edifici, nel periodo diurno e nel periodo notturno già a distanze pari ed inferiori a circa 5 m.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	80 di 94

**4.3.10 Valori attesi per i tratti allo scoperto su Linea Storica (Viadotto) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Bivio Settimo – Bivio Antonello**

ES (Velocità = 105 km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2a	3	49,7	46,3	31,9	/	/	/
VIB 2b	15	49,5	53,5	40,9	/	/	/
VIB 2c	30	26,6	28,0	22,9	/	/	/

**Tabella 4-38 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI ES tratti allo scoperto/viadotto**

MERCİ (Velocità = 100 km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2a	3	41,6	38,2	31,4	39,0	35,6	28,8
VIB 2b	15	56,2	54,5	45,8	53,6	51,9	43,2
VIB 2c	30	28,8	29,9	24,2	26,2	27,3	21,6

**Tabella 4-39 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI MERCİ tratti allo scoperto/viadotto**

TOTALI (somma dell'emissione delle vibrazioni del numero di transiti di ogni categoria dell'MdE)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2a	3	50,3	46,9	34,7	39,0	35,6	28,8
VIB 2b	15	57,0	57,0	47,0	53,6	51,9	43,2
VIB 2c	30	30,8	32,1	26,6	26,3	27,4	21,7

**Tabella 4-40 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto/viadotto**

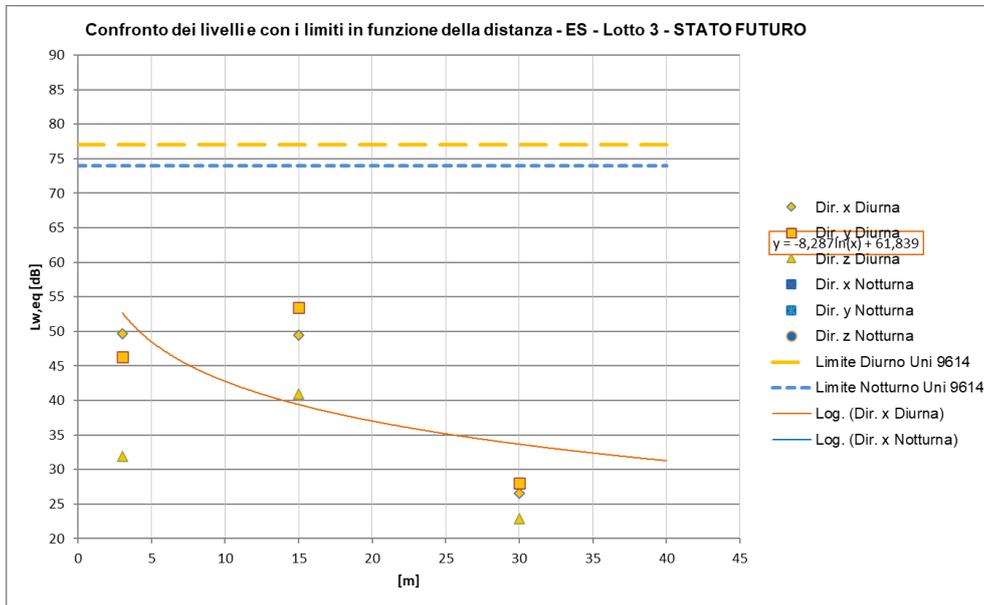
Nella tabella seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici.

Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2a	3	55,3	51,9	39,7	44,0	40,6	33,8
VIB 2b	15	62,0	62,0	52,0	58,6	56,9	48,2

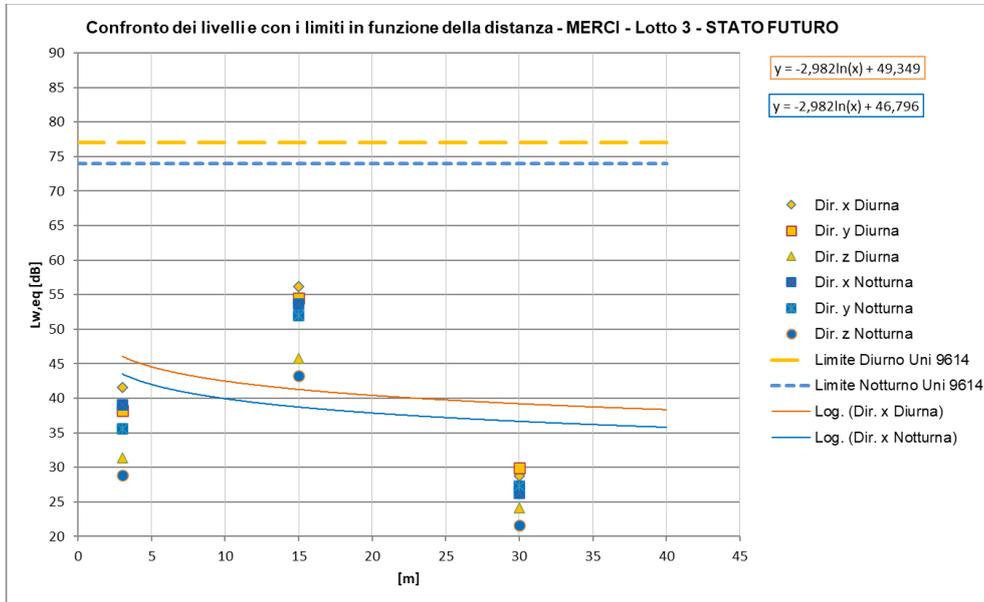
Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti

Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2c	30	35,8	37,1	31,6	31,3	32,4	26,7

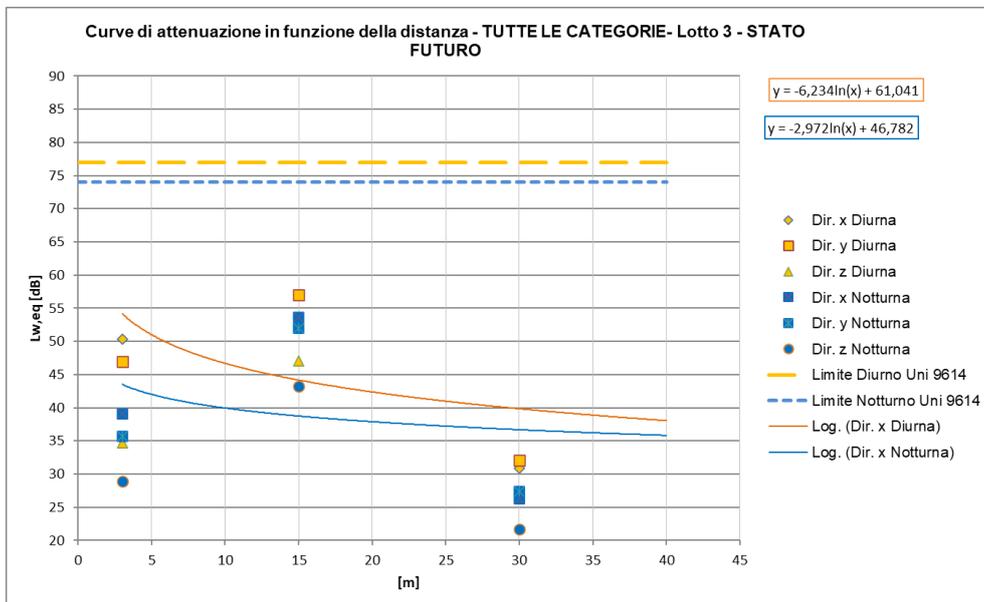
**Tabella 4-41 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso INTERNO AGLI EDIFICI, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto/viadotto**



**Figura 54 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI ES a 105 km/h**

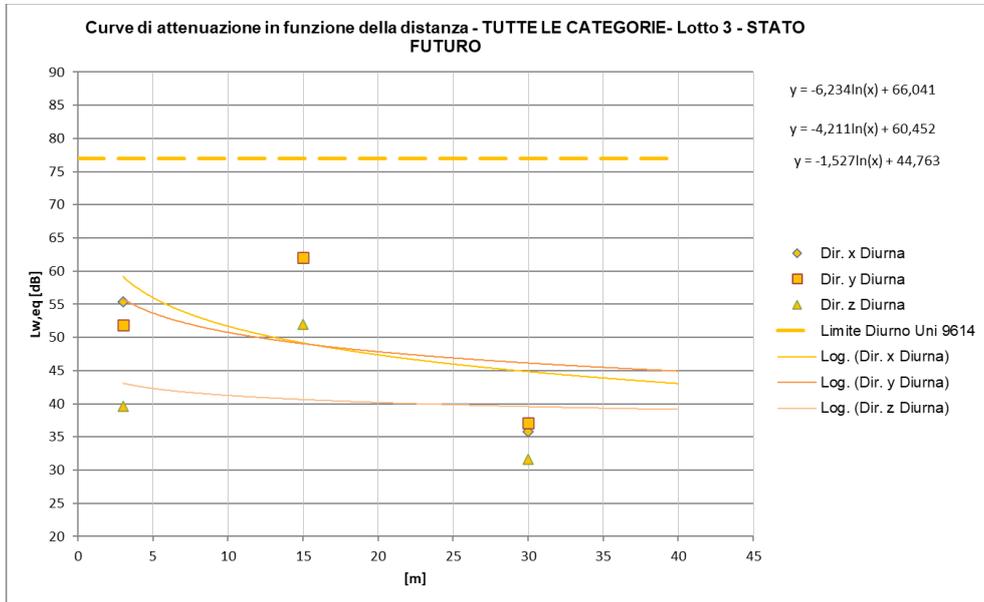


**Figura 55 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI MERCI a 100 km/h**

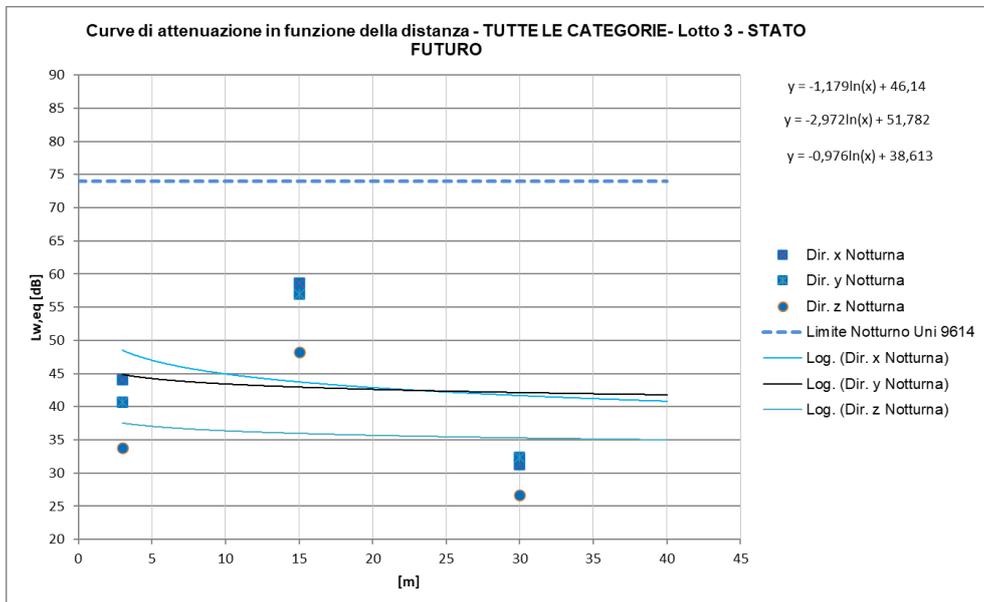


**Figura 56 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE**

Nei grafici seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici, la quale considera un incremento di amplificazione di +5 dB.



**Figura 57 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno**



**Figura 58 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo notturno**

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio, per i tratti allo scoperto in viadotto per il Tratto Ferroviario Bivio Settimo – Bivio Antonello, si riscontra il rispetto dei limiti, già a distanze pari ed inferiori a circa 3 m dalla linea ferroviaria sia nel periodo diurno che nel periodo notturno.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA RC1C	LOTTO 03 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

**4.3.11 Valori attesi per i tratti allo scoperto su Linea Storica (Rilevato) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Bivio Antonello - Cosenza**

REGIONALI (Velocità = 140 km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	73,2	73,1	67,7	/	/	/
VIB 3b	20	57,6	59,1	55,4	/	/	/
VIB 3c	35	54,7	53,6	50,3	/	/	/

**Tabella 4-42 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI REGIONALI tratti allo scoperto**

ES (Velocità = 140 km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	60,7	62,6	56,6	/	/	/
VIB 3b	20	50,2	50,5	48,1	/	/	/
VIB 3c	35	49,0	48,1	44,1	/	/	/

**Tabella 4-43 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI ES tratti allo scoperto**

TOTALI (somma dell'emissione delle vibrazioni del numero di transiti di ogni categoria dell'MdE)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	73,4	73,5	68,0	/	/	/
VIB 3b	20	58,3	59,6	56,1	/	/	/
VIB 3c	35	55,7	54,7	51,2	/	/	/

**Tabella 4-44 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto**

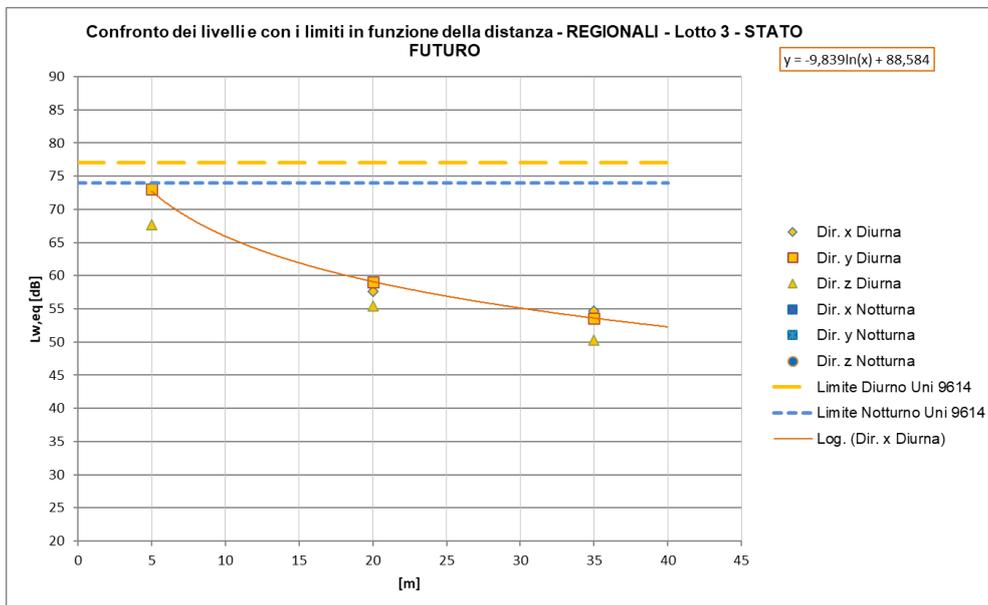
Nella tabella seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici.

Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	78,4	78,5	73,0	/	/	/
VIB 3b	20	63,3	64,6	61,1	/	/	/

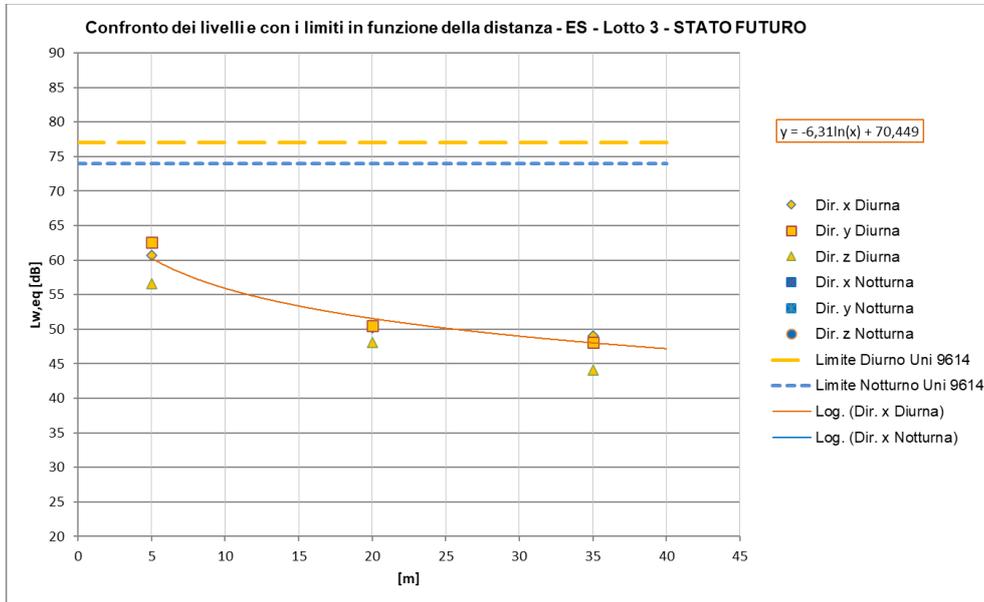
Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti

Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3c	35	60,7	59,7	56,2	/	/	/

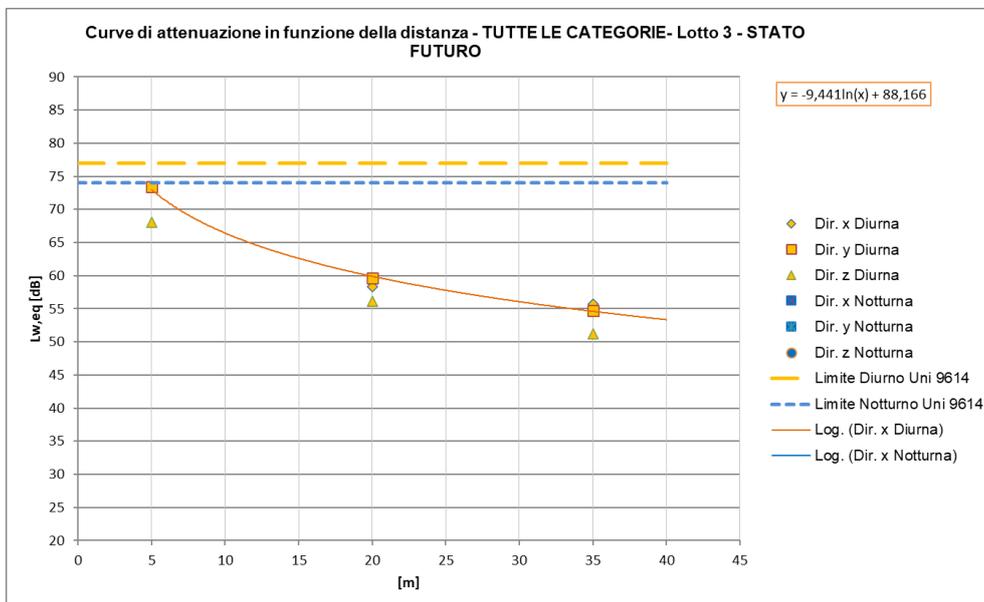
**Tabella 4-45 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso INTERNO AGLI EDIFICI, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto**



**Figura 59 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI REGIONALI a 140 km/h**

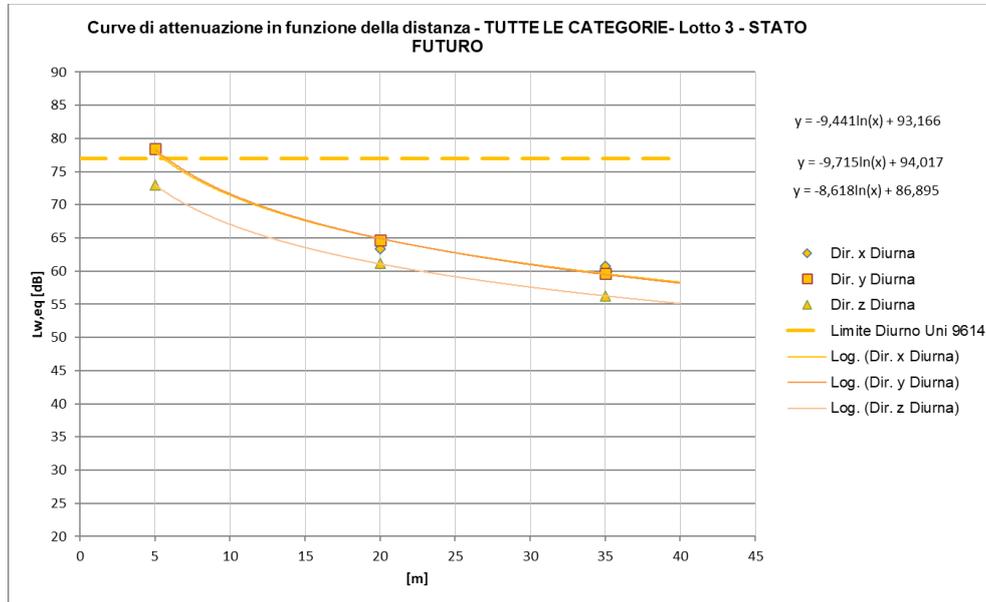


**Figura 60 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI ES a 140 km/h**



**Figura 61 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE**

Nei grafici seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici, la quale considera un incremento di amplificazione di +5 dB.



**Figura 62 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno**

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio per i tratti allo scoperto, in rilevato, da Bivio Antonello a Cosenza, si riscontra il rispetto dei limiti per destinazione abitazione, all'interno degli edifici, nel periodo diurno già a distanze pari a circa 6 m. Nel periodo notturno non sono previsti transiti.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	88 di 94

**4.3.12 Valori attesi per i tratti allo scoperto su Linea Storica (Rilevato) sul livello dei periodi di riferimento / Tratto Ferroviario Paola – San Lucido**

REGIONALI (Velocità = 105 km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	70,7	70,6	65,2	/	/	/
VIB 3b	20	55,1	56,6	52,9	/	/	/
VIB 3c	35	52,2	51,1	47,8	/	/	/

**Tabella 4-46 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI REGIONALI tratti allo scoperto**

IC (Velocità = 105 km/h)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	63,7	67,1	59,8	52,9	56,3	49,0
VIB 3b	20	54,5	54,8	51,9	43,7	44,0	41,1
VIB 3c	35	52,4	50,6	46,5	41,6	39,8	35,7

**Tabella 4-47 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI IC tratti allo scoperto**

TOTALI (somma dell'emissione delle vibrazioni del numero di transiti di ogni categoria dell'MdE)							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	71,5	72,2	66,3	52,9	56,3	49,0
VIB 3b	20	57,8	58,8	55,4	43,7	44,0	41,1
VIB 3c	35	55,3	53,9	50,2	41,6	39,8	35,7

**Tabella 4-48 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto**

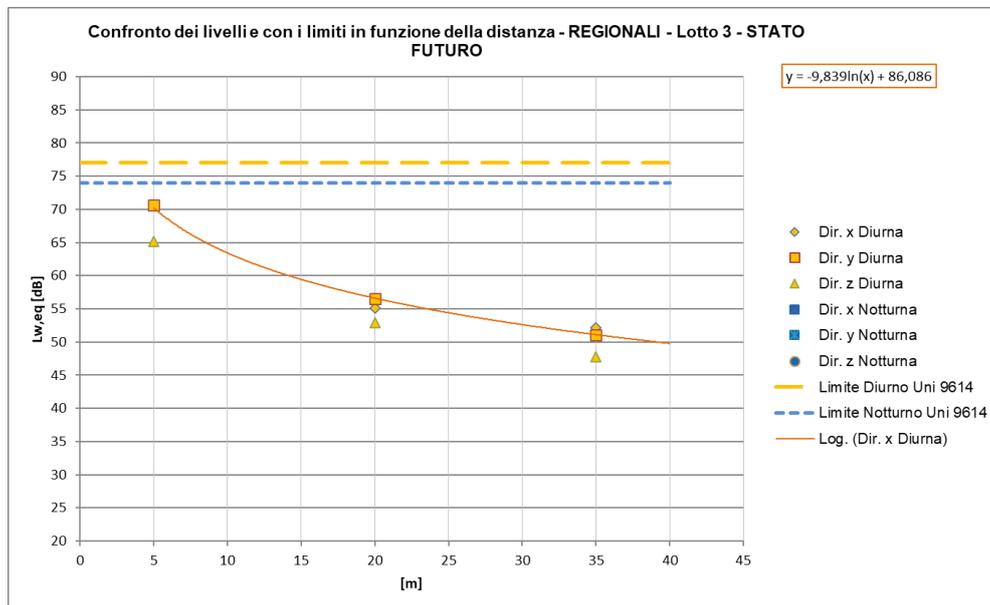
Nella tabella seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici.

Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3a	5	76,5	77,2	71,3	57,9	61,3	54,0
VIB 3b	20	62,8	63,8	60,4	48,7	49,0	46,1

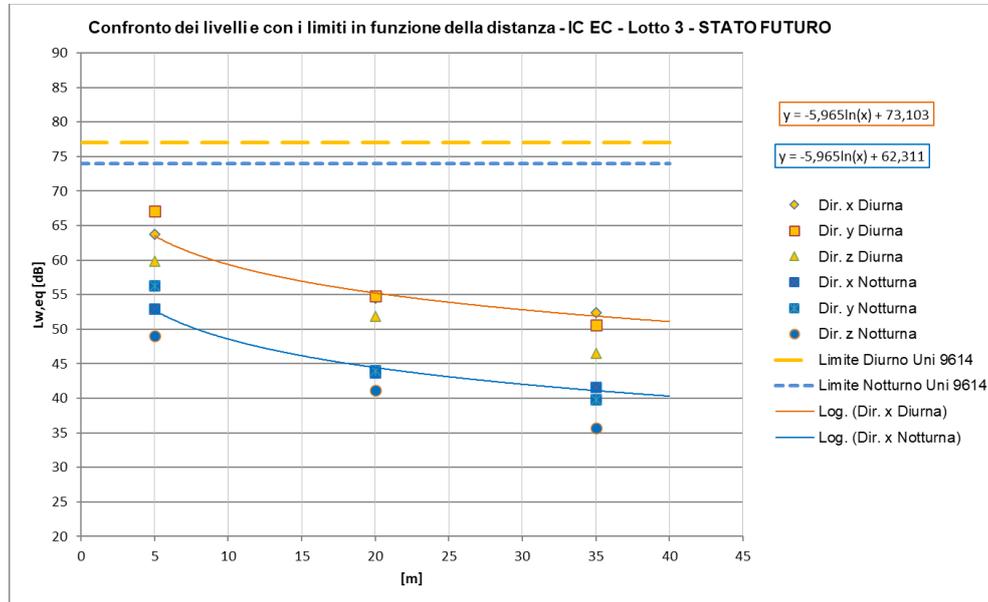
Valutazione delle vibrazioni interna all'edificio (+5 dB) sul totale dei transiti

Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 3c	35	60,3	58,9	55,2	46,6	44,8	40,7

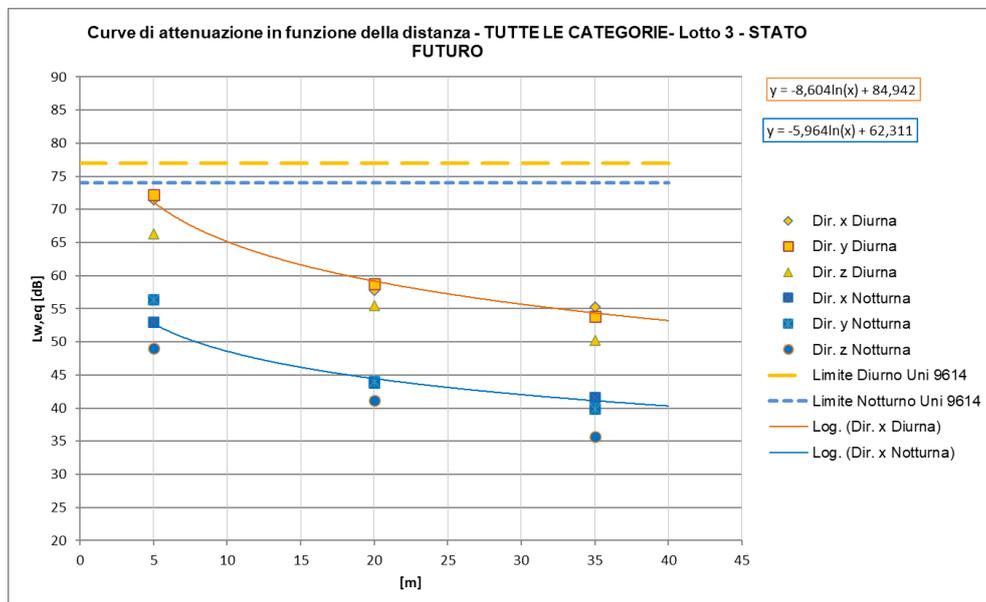
**Tabella 4-49 – L<sub>w,eq</sub> diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso INTERNO AGLI EDIFICI, riferito al programma di esercizio futuro – TUTTE LE CATEGORIE tratti allo scoperto**



**Figura 63 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI REGIONALI a 105 km/h**

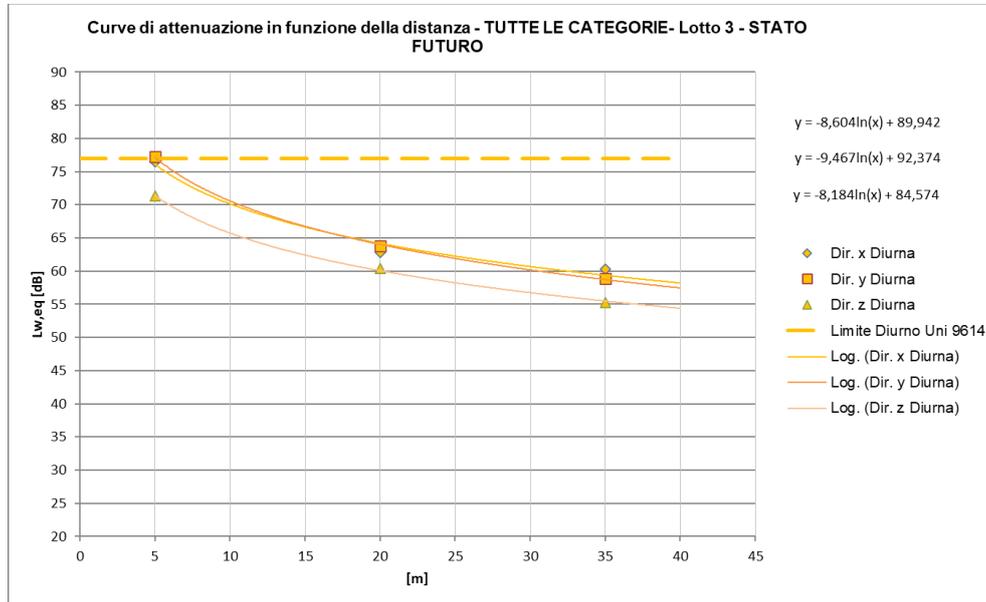


**Figura 64 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI IC a 105 km/h**

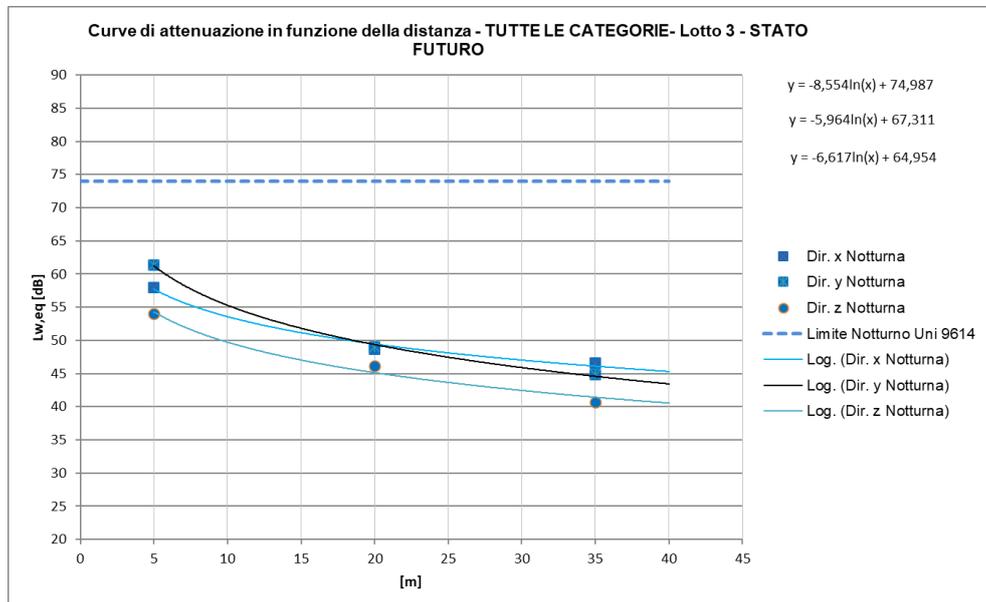


**Figura 65 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE**

Nei grafici seguente si riporta la valutazione delle vibrazioni interne agli edifici, la quale considera un incremento di amplificazione di +5 dB.



**Figura 66 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno**



**Figura 67 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo notturno**

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio per i tratti allo scoperto, in rilevato o trincea, da Paola a S. Lucido, si riscontra il rispetto dei limiti per destinazione abitazione, all'interno degli edifici, nel periodo diurno alla distanza di circa 5 m e nel periodo notturno già a distanze pari ed inferiori a circa 5 m.

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	92 di 94

## 5 CONCLUSIONI

Il livello di esposizione alle vibrazioni dei ricettori lungo la tratta oggetto di studio è stato analizzato mediante degli algoritmi di calcolo calibrati sul territorio mediante gli esiti delle misure condotte sulla linea ferroviaria esistente, su tre sezioni di indagine, ognuna con tre postazioni contemporanee caratterizzate da una terna di rilievo lungo gli assi X, Y e Z.

Come si può dedurre dai risultati complessivi relativi alle indagini condotte per caratterizzare la sezione in galleria e la sezione in viadotto sono stati registrati dei livelli di accelerazione media, che non procedono in modo decrescente rispetto alla distanza dal binario tra la terna di misura vicino alla linea ferroviaria (a 3 m) e quella nella postazione intermedia (a 15 m). Questo risultato può essere stato determinato da caratteristiche imprevedibili e non prevedibili del terreno sottostante nonché dalle caratteristiche delle opere civili presenti. Allontanandosi dalla linea ferroviaria, si riscontra tra la posizione intermedia (a 15 m) e la postazione di indagine più lontana (a 30m), valori che hanno un andamento decrescente con una tendenza a ridursi notevolmente. Nelle indagini sperimentale condotte per la caratterizzazione del rilevato si registra una progressiva diminuzione dei valori medi ponderati per tutti e tre gli assi che procede, rispetto alla distanza dal binario, dalla terna di misura vicino alla linea ferroviaria (a 5 m), in quella nella postazione intermedia (a 20 m) a quella più lontana (a 35m).

I valori di accelerazione complessivi misurati nelle postazioni di indagine lungo la linea ferroviaria esistente risultano sempre inferiori alle soglie di riferimento citati nella norma UNI 9614.

Al fine della valutazione del progetto, prendendo in considerazione gli eventi registrati nella Sezione 1 di misura, ritenuta caratterizzante della futura linea per la propagazione delle vibrazioni per i tratti al coperto, la Sezione 2 ritenuta caratterizzante i tratti allo scoperto in viadotto e la Sezione 3, ritenuta caratterizzante per i tratti allo scoperto in rilevato e trincea, e riferendosi al traffico e alle velocità di progetto, si evince nella tabella seguente la distanza limite alla quale è atteso il rispetto del limite delle vibrazioni, all'interno degli edifici ad uso abitativo, in periodo diurno e notturno in funzione del modello di esercizio per i diversi tratti (tipologia, numero e velocità dei convogli) e la valutazione sul singolo transito massimo per la galleria. Per il dettaglio del livello di accelerazione medio sui tratti si rimanda alla consultazione delle tabelle contenute nel paragrafo della valutazione delle emissioni delle vibrazioni. In tale paragrafo, le tabelle riportano il livello di accelerazione medio atteso nella postazione a ridosso della ferrovia; per galleria e viadotto a 3 m, per rilevato e trincea a 5 m dal binario esterno; nella postazione intermedia, a 15 m per galleria e viadotto e 20 m per rilevato e trincea; nella postazione più lontana, a 30 m per galleria e viadotto e 35 m per rilevato e trincea. I livelli di emissione sono suddivisi per tipologia di treno, rispettivamente per gli assi X, Y e Z, in periodo diurno e notturno.

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	93 di 94

In dettaglio, si identificano le seguenti distanze dalla linea ferroviaria per le quali si stimano valori inferiori ai limiti normativi.

Tratti linea in progetto	Distanza limite per il periodo diurno	Distanza limite per il periodo notturno
tratti allo scoperto, in rilevato o trincea, del Bivio Settimo - Cosenza da pk 0+000 a pk 0+286	6 m	non sono previsti transiti.
tratti allo scoperto, in rilevato o trincea, del Bivio Settimo - Cosenza da pk 0+286 a pk 4+233,	8 m	non sono previsti transiti.
tratti allo scoperto in viadotto per il Tratto Ferroviario Bivio Settimo - Cosenza	≤ 3 m	non sono previsti transiti.
tratti al coperto da pk 4+233 a pk 17+265 galleria da pressi Bivio Settimo verso Bivio Pantani	≤ 3 m	≤ 3 m
tratti al coperto da pk 17+516 a pk 20+404 galleria da pressi Bivio Pantani a Paola	≤ 3 m	non sono previsti transiti.
tratti al coperto da pk 18+491 a pk 20+728 galleria da pressi Bivio Pantani a San Lucido	≤ 3 m	≤ 3 m
singolo transito massimo per i tratti al coperto (galleria)	9 m	15 m
tratti allo scoperto, in rilevato o trincea, da Paola a Bivio Pantani	6 m	non sono previsti transiti.
tratti allo scoperto, in rilevato o trincea, da San Lucido a Bivio Pantani	≤ 5 m	≤ 5 m
tratti allo scoperto su Linea Storica (Viadotto) da Bivio Settimo a Bivio Antonello	≤ 3 m	≤ 3 m
tratti allo scoperto su Linea Storica (Rilevato) da Bivio Antonello a Cosenza	6 m	non sono previsti transiti.
tratti allo scoperto su Linea Storica (Rilevato) da Paola a San Lucido	5 m	≤ 5 m

**Tabella 5-1 – Distanza entro la quale è rispettato il limite delle vibrazioni per edifici a destinazione abitazione suddivisa per tratte da Cosenza, rispettivamente diretta, a Paola e San Lucido e della Linea Storica**

Valutando i risultati ottenuti, i quali considerano il traffico e la velocità di esercizio, l'effetto di amplificazione interno agli edifici e la funzione di propagazione delle vibrazioni in base alla tipologia di terreno, sostanzialmente analogo a quello presente nell'area dell'indagine strumentale, si evince che tutti i ricettori presenti in progetto sono esposti ad un livello di accelerazione conforme alle soglie di riferimento della norma UNI 9614.

Eseguendo una analisi dei ricettori entro una distanza di 25 m dall'asse ferroviario e riferita allo stato futuro, si identificano i seguenti ricettori per i quali si stima un livello di accelerazione conforme alle soglie di riferimento

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 3 RADDOPPIO COSENZA - PAOLA</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
<b>Relazione Generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC1C	03 R 22	RG	IM0004 002	A	94 di 94

della norma UNI 9614. Per le tratte allo scoperto, in riferimento sia al binario dispari che al binario pari, non si identificano ricettori. Per la linea al coperto (galleria) si individuano, nella fascia di 25 m dal binario pari e dispari, sul Comune di Montalto Uffugo tredici ricettori (12 ad uso abitazione e uno commerciale e servizi) alle distanze planimetriche, rispetto alla linea ferroviaria del binario dispari (preso come riferimento), da circa 1 m a 31 m e coperture da circa 25 m a 77 m. Nel Comune di Paola si individuano quattordici ricettori (13 ad uso abitazione e uno commerciale e servizi) alle distanze planimetriche, rispetto alla linea ferroviaria del binario dispari, da circa 4 m a 55 m e coperture da circa 18 m a 66 m. Nella tabella seguente il dettaglio dei ricettori individuati.

Ricettori nel Comune di Montalto Uffugo				Ricettori nel Comune di Paola			
ric.	destinazione d'uso	distanza da binario dispari [m]	ricopertura [m]	ric.	destinazione d'uso	distanza da binario dispari [m]	ricopertura [m]
9001	abitazione	14	25	9031	abitazione	55	66
9002	abitazione	3	25	9033	abitazione	34	62
9003	abitazione	5	27	9035	abitazione	25	62
9006	abitazione	9	31	9036	commerciale	10	62
9009	abitazione	24	32	9039	abitazione	5	61
9014	abitazione	1	36	9040	abitazione	38	58
9016	abitazione	5	37	9041	abitazione	30	58
9017	abitazione	25	38	9043	abitazione	22	58
9018	abitazione	7	38	9044	abitazione	13	59
9020	abitazione	25	38	9045	abitazione	4	59
9021	abitazione	24	58	9049	abitazione	54	35
9022	abitazione	31	63	9025	abitazione	26	19
9024	commerciale	7	77	9026	abitazione	20	18
/	/	/	/	9027	abitazione	25	18

**Tabella 5-2 – Distanza dei ricettori sopra il tratto in galleria entro una distanza di 25 m dal binario dispari e dal binario pari. Il riferimento della distanza riportata è il binario dispari**

Considerando che le valutazioni svolte sono avvalorate dal fatto che sono state assunte in condizioni al contorno più severe di quelle che si verificheranno con la realizzazione dell'opera ferroviaria, in quanto la nuova linea ferroviaria sarà costituita da un armamento nuovo e pertanto più levigato rispetto a quello della linea ferroviaria esistente e sulla quale sono stati eseguiti i rilievi, per tali ricettori, si stimano valori conformi alla soglia di riferimento della normativa.