

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 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO
STUDIO VIBRAZIONALE

Relazione Generale

SCALA:

-

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

RC1E A1 R 22 RG IM0004 002 A

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

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI LEGISLATIVI	4
2.1	ISO 2631 “VALUTAZIONE SULL’ESPOSIZIONE DEL CORPO UMANO ALLE VIBRAZIONI”	4
2.2	UNI 9614 “MISURA DELLE VIBRAZIONI NEGLI EDIFICI E CRITERI DI VALUTAZIONE DEL DISTURBO”	5
2.3	UNI 9916 “CRITERI DI MISURA E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLE VIBRAZIONI SUGLI EDIFICI”	6
3	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO DELLA LINEA FERROVIARIA	9
3.1	CONTESTO GEOLOGICO.....	9
3.2	MODELLO PREVISIONALE	14
3.3	CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE.....	14
3.4	LA PROPAGAZIONE DELLE ONDE VIBRAZIONALI	23
4	INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITÀ E PREVISIONE DELL’IMPATTO IN FASE DI ESERCIZIO	36
4.1	CONSIDERAZIONI GENERALI	36
4.2	TRAFFICO E VELOCITÀ DI ESERCIZIO.....	37
4.2.1	<i>Livello di emissione complessivo</i>	38
5	CONCLUSIONI	51

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 1A: Battipaglia – Romagnano (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)*”.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

piedi 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 ²]	L [dB]
Aree critiche	3.3 10 ⁻³	71
Abitazioni (notte)	5.0 10 ⁻³	74
Abitazioni (giorno)	7.2 10 ⁻³	77
Uffici	14.4 10 ⁻³	83
Fabbriche	28.8 10 ⁻³	89

Tabella 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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</p>												
<p>Relazione Generale</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RC1E</td> <td>A1 R 22</td> <td>RG</td> <td>IM0004 002</td> <td>A</td> <td>6 di 54</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RC1E	A1 R 22	RG	IM0004 002	A	6 di 54
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RC1E	A1 R 22	RG	IM0004 002	A	6 di 54								

sopraindicati; ai fini della valutazione del disturbo verrà considerato il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza più elevato. 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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</p>												
<p>Relazione Generale</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RC1E</td> <td>A1 R 22</td> <td>RG</td> <td>IM0004 002</td> <td>A</td> <td>7 di 54</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RC1E	A1 R 22	RG	IM0004 002	A	7 di 54
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RC1E	A1 R 22	RG	IM0004 002	A	7 di 54								

UNI 9916 contiene una guida semplificata per la classificazione degli edifici secondo la loro probabile reazione alle vibrazioni meccaniche 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).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

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 evidenziano una serie di infrastrutture stradali che in alcuni casi corrono parallelamente alla tratta ferroviaria e in altri casi ne attraversano il tracciato.

3.1 Contesto geologico

Il contesto geologico dell'area di interesse è ascrivibile al settore dell'Appennino meridionale ed è caratterizzato dalle unità tettoniche che costituiscono il sistema a pieghe e falde del neogenico appennino; rientra nel Foglio 468 Eboli alla scala 1:50.000 del Progetto CARG.

Nel dettaglio la zona di studio ricade nell'area del substrato prequaternario, ricoperto diffusamente dalle successioni quaternarie, costituito da:

- Unità tettoniche di piattaforma carbonatica, suddivise a loro volta tra le formazioni dei *Calcari e calcari dolomitici*, dei *Calcari con requienie e gasteropodi* e dei *Calcari bio-litoclastici con rudiste*;
- Unità tettoniche interpretabili come unità sicilidi, rappresentate dall'Unità Tettonica del Fiume Sele, in cui si rinvencono: la formazione delle *Argille Varicolori inferiori*, la *Formazione di Monte Sant'Arcangelo*, quella delle *Argille Varicolori superiori* e infine la formazione delle *Tufiti di Tusa*;

- Formazioni costituenti le Unità Sinorogene, caratterizzate dalle formazioni dei *Conglomerati ed arenarie di Vallone Vonghia* e delle *Argille e argille siltose di Saginara*.

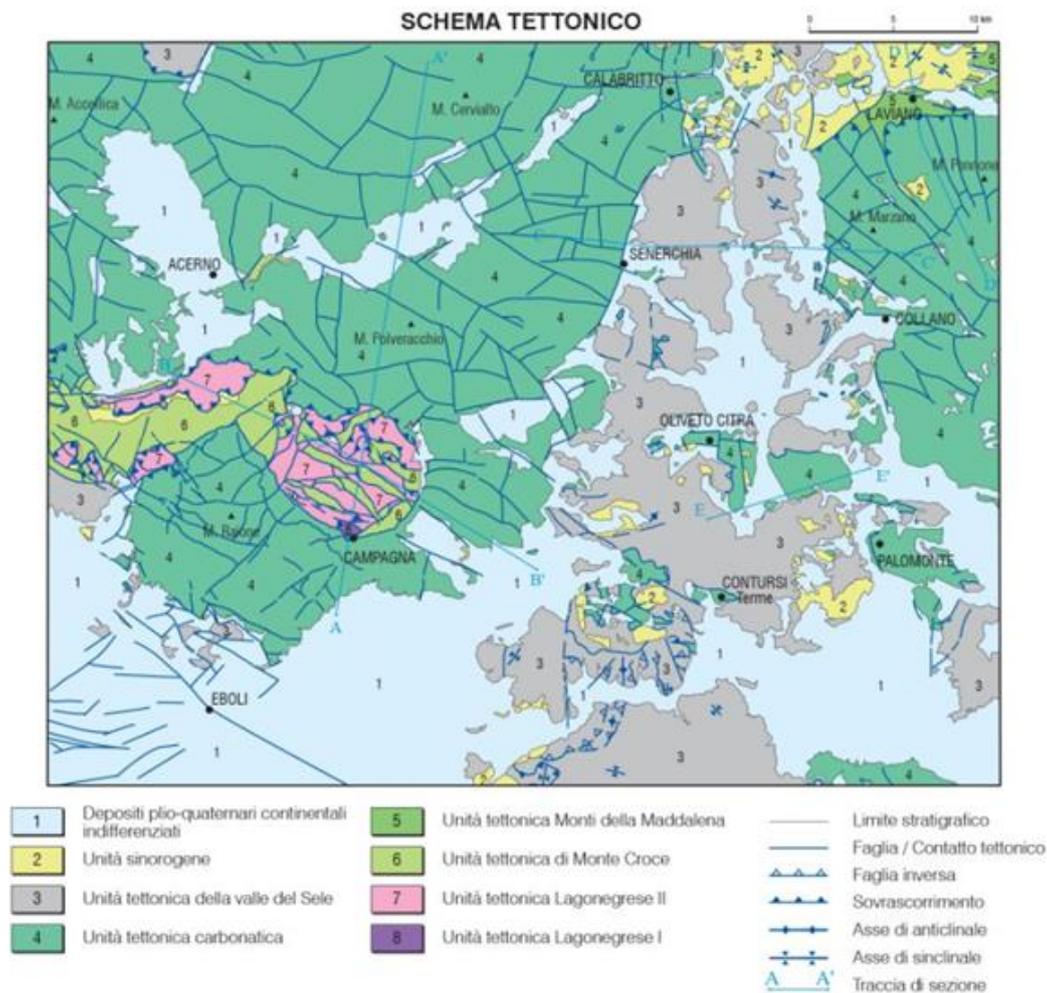


Figura 1 – Schema tettonico del Foglio 468-Eboli (ISPRA, 2014)

Le sopracitate successioni quaternarie, invece, sono costituite da depositi di ambiente fluvio-torrentizio, con estesi apparati di conoide terrazzati rispetto alla pianura principale (es. area di Contursi, o formazione di Battipaglia Persano), alluvionale-lacustre-palustre (es. Travertini di Santa Maria in Sperlonga o Sintema di Bottiglieri) e localmente marino. **In generale si osservano diffusamente affioramenti delle facies più grossolane dei depositi, sabbioso-conglomeratiche, mentre i livelli più fini limoso-argillosi si rinvencono solo nelle carote dei sondaggi.**

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

Infine, sono stati osservati depositi quaternari ancora in formazione, costituiti da: depositi fluviali e alluvionali lungo i principali corsi d'acqua; coltre detritica e detrico-colluviale.

Secondo il modello geologico di riferimento, nella prima parte del tracciato, tra l'abitato di Battipaglia e lo svincolo autostradale di Campagna, i depositi quaternari raggiungono presumibilmente il centinaio di metri di spessore, e comunque risultano maggiori della profondità investigata dalle indagini e della profondità di influenza dell'opera in progetto. Si tratta di alternanze irregolari di depositi grossolani ghiaioso-sabbioso e di livelli fini sabbioso-limosi. La cementazione è da assente a localmente medio-alta.

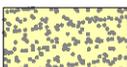
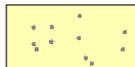
Nella parte intermedia del tracciato le coperture quaternarie appaiono meno diffuse e significative: l'elevata erodibilità del substrato prequaternario, costituito dai litotipi del Gruppo delle Argille Variegate, genera complessivamente una scarsità di affioramenti che impedisce una chiara definizione del modello geologico. In questo tratto, tuttavia, l'opera in progetto è prevista in galleria, all'interno del prequaternario.

Il territorio in cui si sviluppa il tracciato dopo l'abitato di Contursi, dalla pk 20 circa in poi, è nuovamente caratterizzato da significativi spessori di depositi quaternari; si tratta anche in questo caso di depositi di ambiente alluvionale e fluviale, con presenza sia di livelli plurimetrici ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, sia di livelli sabbiosi e sabbioso-travertinosi, di potenza da metrica a plurimetrica, sia di livelli argillosi e limoso-argillosi, osservati esclusivamente nei sondaggi e caratterizzati da spessori decametrici. In quest'area il substrato prequaternario è costituito dalle unità del Gruppo delle Argille Varicolori e, in misura minore nella parte terminale del tracciato, dalle unità della piattaforma carbonatica.

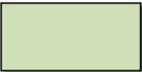
Le seguenti informazioni geologiche, necessarie alla compilazione del presente studio specialistico per la valutazione delle vibrazioni, sono state ricavate dai risultati del modello geologico locale appena descritto e, soprattutto, dalle interpretazioni dei risultati delle indagini geotecniche (delineate nella Relazione Geotecnica a cui si rimanda per maggiori dettagli).

Si fa presente che le unità geotecniche di riferimento, cioè unità aventi comportamento omogeneo dal punto di vista meccanico, sono state identificate a partire proprio dalla geologia di base e sulla base dell'interpretazione dei risultati delle indagini disponibili. Quindi, sono stati analizzati e correlati i dati stratigrafici corrispondenti alle verticali di sondaggio delle diverse campagne di indagine e i risultati delle prove in sito e di laboratorio disponibili.

Le **unità geotecniche** individuate coincidono, infatti, con le unità geologiche identificate nella campagna di riconoscimento eseguita; di seguito sono elencate in ordine di età geologica crescente, mostrando il colore corrispondente alla legenda geologica/geotecnica utilizzata per identificarle. I rapporti stratigrafici sono illustrati nei profili geotecnici.

UNITÀ GEOLOGICHE	UNITÀ GEOTECNICHE	
Depositi in formazione (a3)	DEP 	Questa unità geotecnica comprende i depositi non distinti in base al bacino di pertinenza assimilabili tra loro dal punto di vista della granulometria generalmente grossolano. Ghiaie e sabbie a granulometria da grossolana a media (bn), sabbie, limi e limi sabbiosi con ciottoli e blocchi (b2), deposito clastico eterometrico (a3).
Depositi in formazione (b2)		
Depositi completamente formati (bn)		
Supersintema di Battipaglia – Persano (BP)	BP _a 	La facies grossolana, BP _a , è costituita da depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi (conglomerati e breccie calcaree a matrice sabbiosa, mal stratificati e da ghiaie sabbiose e travertinose, oltre che da livelli lenticolari di travertino detritico biancastro
	BP _b 	La facies più fine, BP _b , è costituita da depositi prevalentemente limoso-argillosi (alternanze di limi argillosi, limi sabbiosi e limi con localmente sabbie ghiaiose – sabbie).
Sintema di S.Licandro (LCD)	LDC 	Limi argillosi/argille limose, alternati a livelli (pluri)metrici di sabbie ghiaiose
Sintema di Bivio – Travertino di S.Maria di Sperlonga (TSG)	TSG 	Sabbie travertinose con diversi gradi di cementazione. Localmente includono anche sottili livelli limo-argillosi.
Sintema di Palomone e Battiglieri (BTL-PLM)	BTL - PLM _a 	La facies più grossolana è visibile in affioramento ed è costituita da depositi conglomeratico-ghiaiosi alternati a sabbie
	BTL-PLM _b 	La facies più fine è osservata esclusivamente nei sondaggi ed è costituita da depositi limoso-sabbiosi e limoso-argillosi
Argille ed argille siltose di Saginara (SGH)	SGH 	Argille siltose, siltiti, marne argillose e rare sabbie a stratificazione poco distinta

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

UNITÀ GEOLOGICHE	UNITÀ GEOTECNICHE	
Argille Varicolori Superiori (ALV)	ALV 	Argille, argille siltose marnose a cui si intercalano calcari e calcari marnosi. Negli affioramenti maggiormente litoidi, le argille sono caratterizzate da stratificazione sottile o molto sottile e aspetto scagliettato
Formazione di Monte S.Arcangelo (FMS)	FMS 	Alternanze irregolari di calcari marnosi e argille marnose e argilliti; in subordine sono presenti calcareniti gradate e laminate, marne siltose e ariniti micacee. Gli strati calcarei più massivi, di spessore anche metrico, si intercalano alla frazione più fine costituita da livelli di argilliti e marne argillose, di spessore da centimetrico a metrico
Argille Varicolori Inferiori (AVF)	AVF 	Argilliti, argilliti siltoso marnose, argilliti quarzolitiche e argilliti scagliose solitamente molto tettonizzate con minori interstrati calcareo-marnosi. In sondaggio si presentano localmente caoticizzate

Al fine di applicare correttamente correlazioni note in letteratura secondo il criterio del comportamento prevalente dei terreni costituenti le unità geotecniche, la metodologia di lavoro adottata ha pertanto condotto a suddividere le stesse in due classi: terreni a comportamento “coesivo” e terreni a comportamento “granulare”.

In particolare, le unità geotecniche **BPb**, **LDC**, **BTL-PLMb**, **SGH**, **ALV**, **FMS** e **AVF** sono state classificate a comportamento coesivo, mentre le unità **DEP (a3, b2, bn)**, **BPa**, **TSG** e **BTL-PLMa** sono state classificate a comportamento “granulare”.

Le misure di vibrazione di riferimento sono state effettuate in un'area prossima all'abitato di Agropoli. L'aspetto geologico della zona della stazione di misura è caratterizzato soprattutto dalla cosiddetta *Formazione di San Mauro* (Miocene). Si tratta di 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. Dal momento che le misurazioni sono state eseguite lungo il pendio di un versante, tipicamente il substrato più superficiale è rappresentato da un livello di

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

spessore variabile fortemente detritico, o comunque soggetto a notevole alterazione (prende il nome di eluvio colluviale). È possibile, dunque, considerare la risposta del terreno alla propagazione delle onde confrontabile con quella dell'area in cui si intesta il tracciato di progetto.

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 ricevitore ad una distanza "x" dalla sede ferroviaria è pari al livello alla distanza di riferimento "x₀", diminuito della somma delle attenuazioni che si verificano nel terreno tra x₀ e x:

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

Il livello di base L(x₀) 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;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

- caratteristiche di aggressività;
- condizioni di alterazione dell'interfaccia ruota-rotaia;
- rigidezza e capacità dissipativa della sospensione primaria del carrello del veicolo;
- caratteristiche dei sistemi di attacco della rotaia.

b) Armamento

- massa della rotaia;
- rigidezze;
- 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.

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
TOTALE	44

Tabella 3-1 – 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 3-2 – Identificazione delle terne accelerometriche e posizionamento



Figura 2 - Ortofoto area di indagine e postazioni di misura SEZ.1

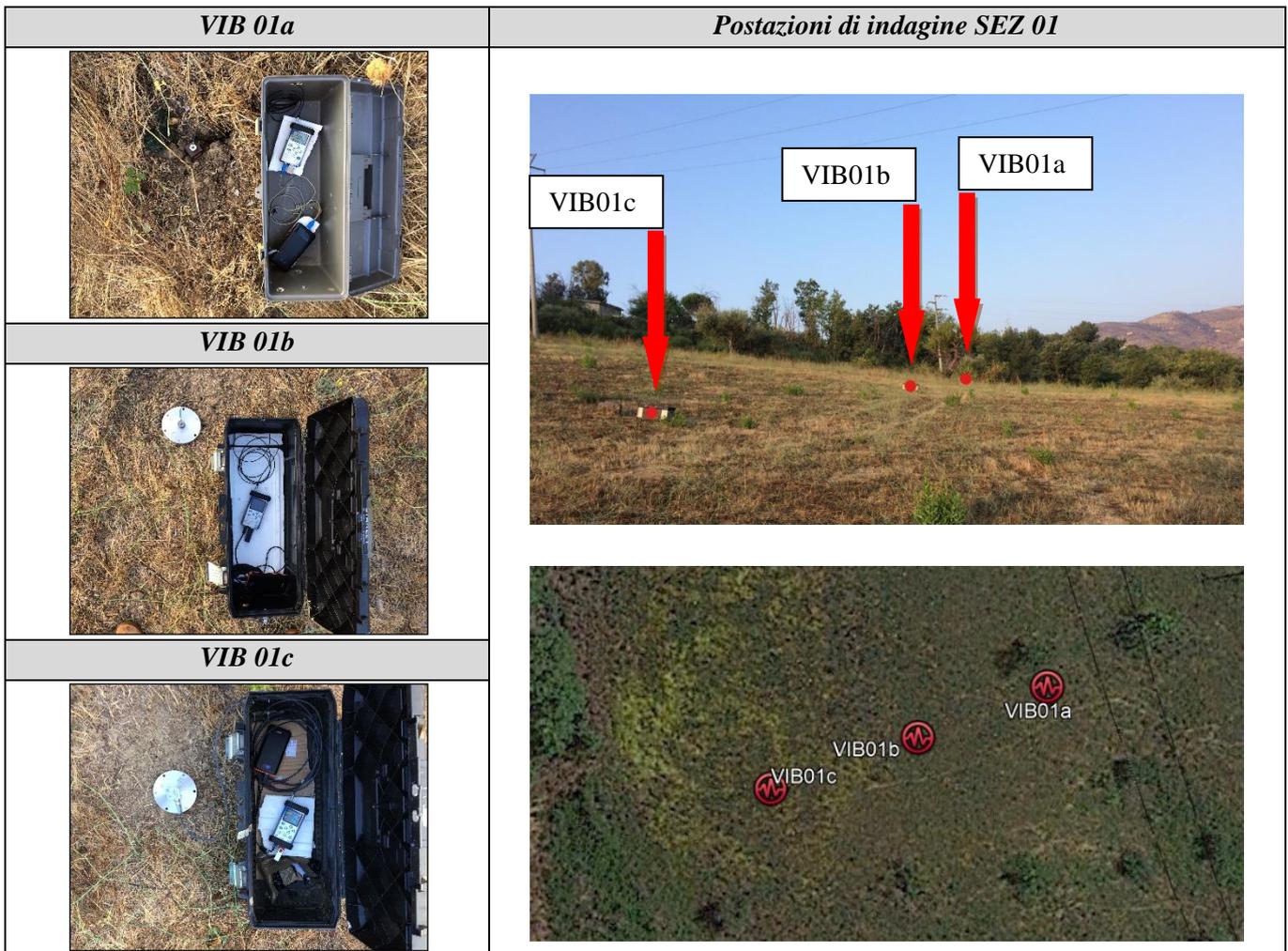


Figura 3 - Report fotografico postazioni di misura (Asse x: parallelo alla linea; Asse Y: ortogonale alla linea; Asse Z verticale)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

Facendo riferimento al dettaglio dei rilievi sperimentali dei transiti, riportato nell'elaborato Studio Vibrazionale – Report Indagini Vibrazionali, doc. RC1EA1R22RHIM0004002A, 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 imprevedibili 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
TOTALE	77,9	76,2	70,9	74,8	80,2	84,0	67,0	74,9	63,7	/

Tabella 3-3 - 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 3-4 - 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 3-5 - 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 3-6 - 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 3-7 - 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 3-8 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – TUTTE LE CATEGORIE

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

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
TOTALE	41 per VIB 02a e VIB 02c / 20 per VIB 02b

Tabella 3-9 – Treni transitanti sulla linea – SEZ.2 – caratterizzazione corpo ferroviario allo scoperto

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 3-10 – Identificazione delle terne accelerometriche e posizionamento

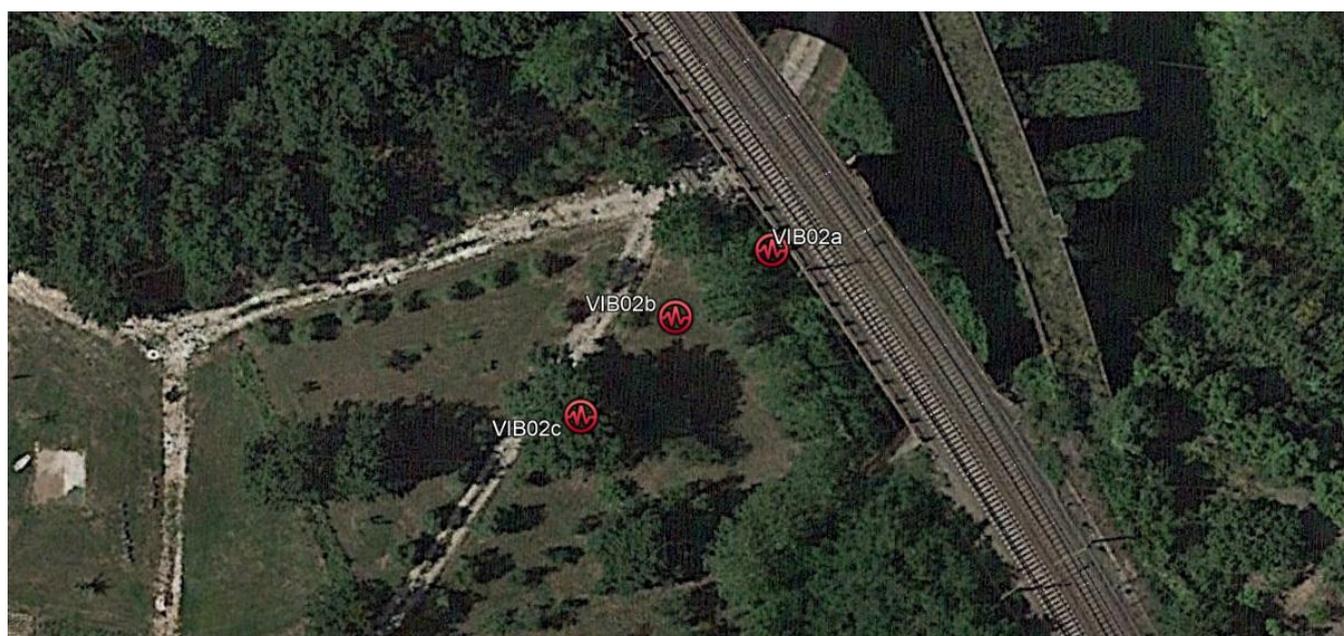


Figura 4 - Ortofoto area di indagine e postazioni di misura SEZ.2

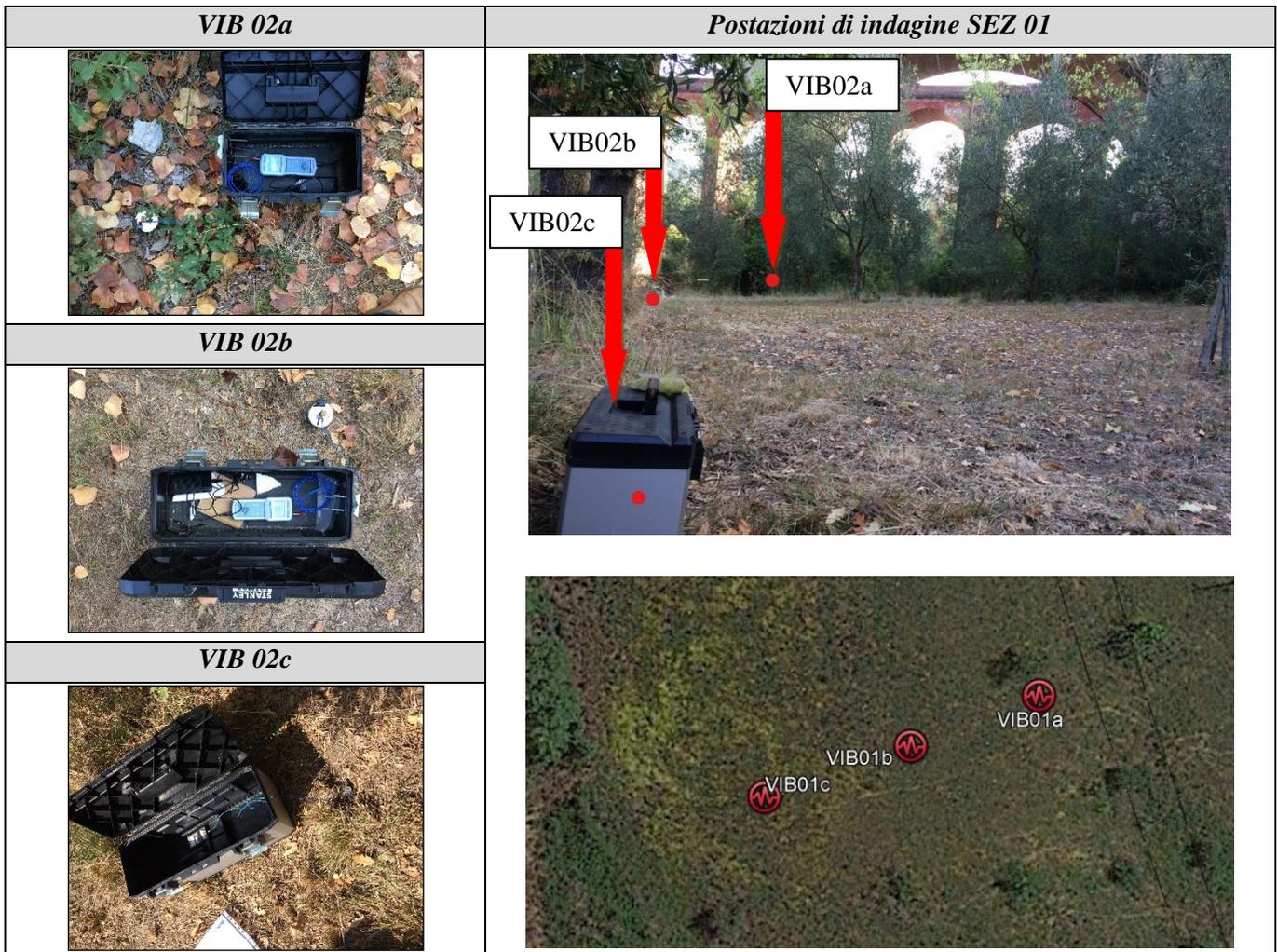


Figura 5 - Report fotografico postazioni di misura (Asse x: parallelo alla linea; Asse Y: ortogonale alla linea; Asse Z verticale)

Facendo riferimento al dettaglio dei rilievi sperimentali dei transiti, riportato nell'elaborato Studio Vibrazionale – Report Indagini Vibrazionali, doc. RC1EA1R22RHIM0004002A, 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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

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
TOTALE	81,7	78,3	67,3	90,3	90,4	80,7	63,3	64,4	60,2	/

Tabella 3-11 - 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 3-12 - 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 3-13 - 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 3-14 - 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 3-15 - 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 3-16 - Livello equivalente delle accelerazioni indotte dal transito dei treni in dB lungo gli assi di riferimento: x, y e z – TUTTE LE CATEGORIE

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

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;

d₀ 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 L₀: sono i livelli di vibrazioni in decibel
- V e V₀: 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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

LOTTO 1A							
Asse BP				AV	LP	REG	M
Velocità [km/h]	km iniziale	km finale	Delta [m]	Velocità di transito sulle singole tratte [km/h]			
60	0+127,71	0+328,44	456,15	60	60	60	60
100	0+328,44	0+817,95	489,51	100	100	100	100
180	0+817,95	4+450,95	3663,00	180	180	180	100
250	4+450,95	9+045,95	4595,00	250	250	200	100
300	9+045,95	29+013,00	19967,05	300	250	200	100
Asse BD – Bivio Romagnano							
100				100	100	100	100

Tabella 3-17 – Velocità di esercizio Linea AV BATTIPAGLIA-ROMAGNANO - Lotto 1A

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

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:

Tipo di Terreno	Densità [t/m ³]	Velocità di Propagazione [m/s]	Fattore di Perdita η
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 3-18 - Valori tipici di densità, velocità di propagazione e fattore di perdita per tipologia di terreno

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
- Ω: frequenza [rad*s⁻¹]
- η: 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:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

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

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.

Valutazione della funzione di propagazione delle vibrazioni

Per la **Sezione 1** in considerazione dei terreni interessati dal tracciato di progetto, 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 e i valori stimati con le velocità di progetto.

Tipologie di Treno	VIB 01a			VIB 01b			VIB 01c			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
TOTALE (*)	77,9	76,2	70,9	74,8	80,2	84,0	67,0	74,9	63,7	/

(*) somma dei valori di ogni tipologia di treno

Tabella 3-19 - Livello equivalente medio ($L_{w,eq}$ in decibel) delle accelerazioni per tipologia di treno rilevate dalle indagini sperimentali

Tipologie di Treno	VIB 01a			VIB 01b			VIB 01c			Velocità progetto [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
REG	79,4	78,3	72,9	77,7	81,4	90,9	68,3	74,8	66,4	200
IC-EC	82,8	81,7	76,8	81,9	85,2	89,0	71,1	77,7	69,1	250
ES	80,7	79,8	74,7	80,5	83,6	88,8	69,8	75,4	68,3	300
MERCI	74,5	72,2	66,6	68,0	76,7	74,0	64,0	72,8	59,1	100
TOTALE (*)	86,3	85,1	80,1	85,2	88,7	94,5	75,0	81,5	73,0	/

(*) somma dei valori di ogni tipologia di treno

Tabella 3-20 - Livello equivalente medio (Lw,eq 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.

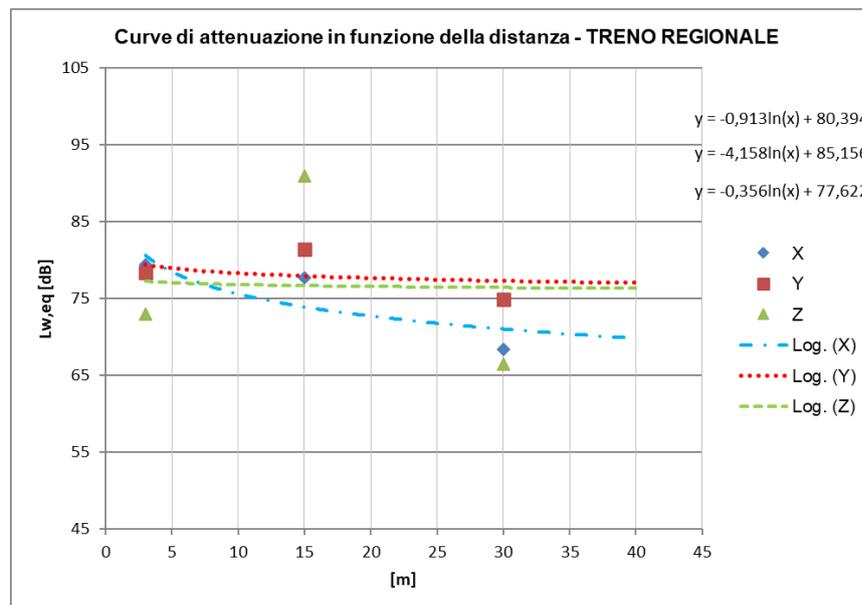


Figura 6 - Curva di attenuazione del Lw,eq in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 1 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO REGIONALE per t. coperto

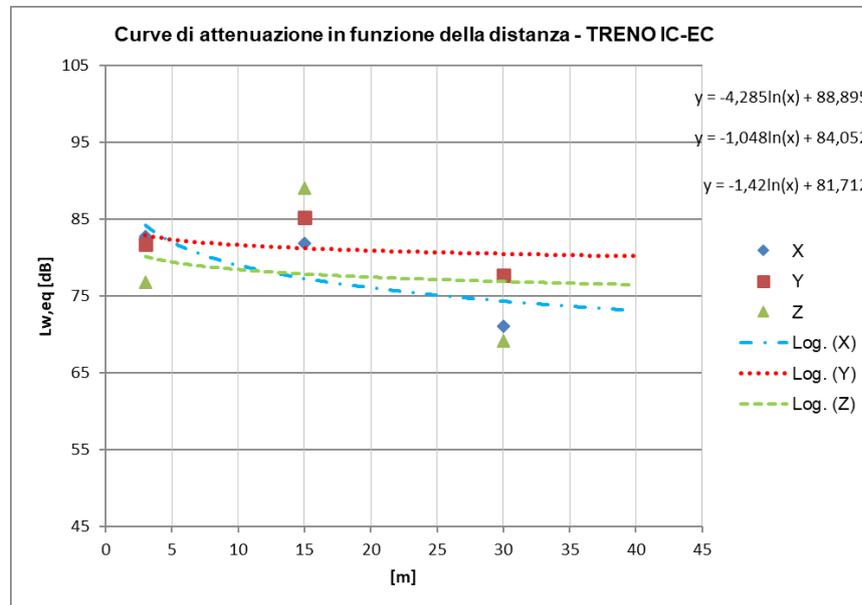


Figura 7 - Curva di attenuazione del $L_{w,eq}$ in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 1 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO IC-EC per t. coperto

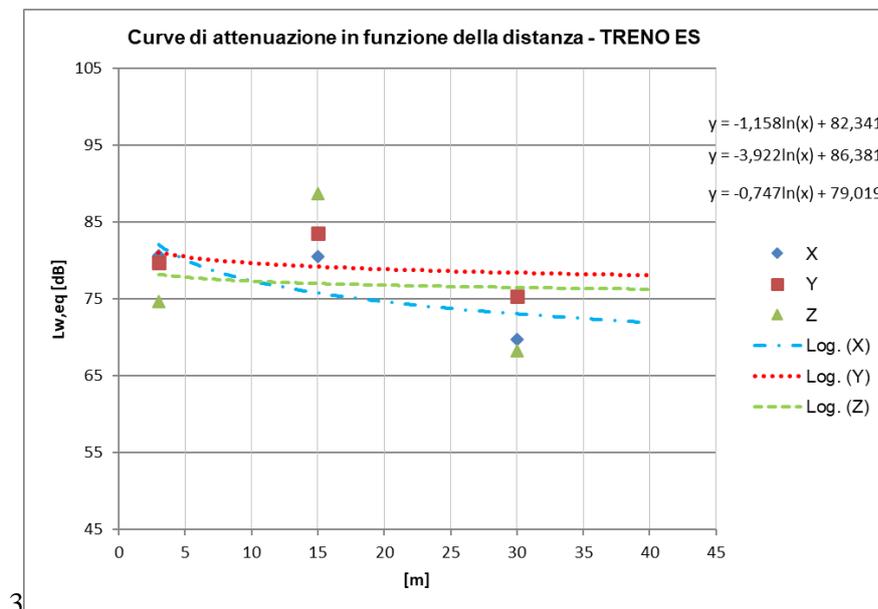


Figura 8 - Curva di attenuazione del $L_{w,eq}$ in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 1 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO ES per t. coperto

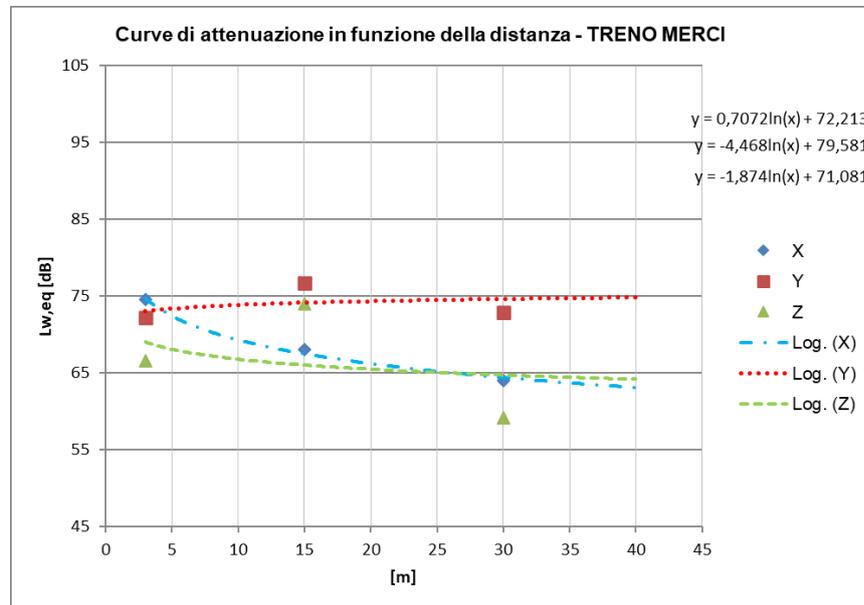


Figura 9 - Curva di attenuazione del $L_{w,eq}$ in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 1 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO MERCI per t. coperto

Per la **Sezione 2** in considerazione dei terreni interessati dal tracciato di progetto, 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 e i valori stimati con le velocità di progetto.

Tipologie di Treno	VIB 02a			VIB 02b			VIB 02c			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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

TOTALE (*)	81,7	78,3	67,3	90,3	90,4	80,7	63,3	64,4	60,2	/
-------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	----------

(*) somma dei valori di ogni tipologia di treno

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

Tipologie di Treno	VIB 02a			VIB 02b			VIB 02c			Velocità progetto [km/h]
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
REG	81,7	77,7	71,5	92,1	92,6	82,9	65,6	66,1	64,7	200
IC-EC	81,8	78,7	71,2	97,8	97,6	88,4	69,0	70,2	66,2	250
ES	92,6	89,2	74,8	92,4	96,4	83,8	69,5	70,9	65,8	300
MERCI	70,7	67,3	60,5	85,3	83,6	74,9	57,9	59,0	53,3	100
TOTALE (*)	93,3	89,8	77,7	99,9	100,8	90,6	73,2	74,4	70,5	/

(*) somma dei valori di ogni tipologia di treno

Tabella 3-22 - Livello equivalente medio (Lw,eq 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.

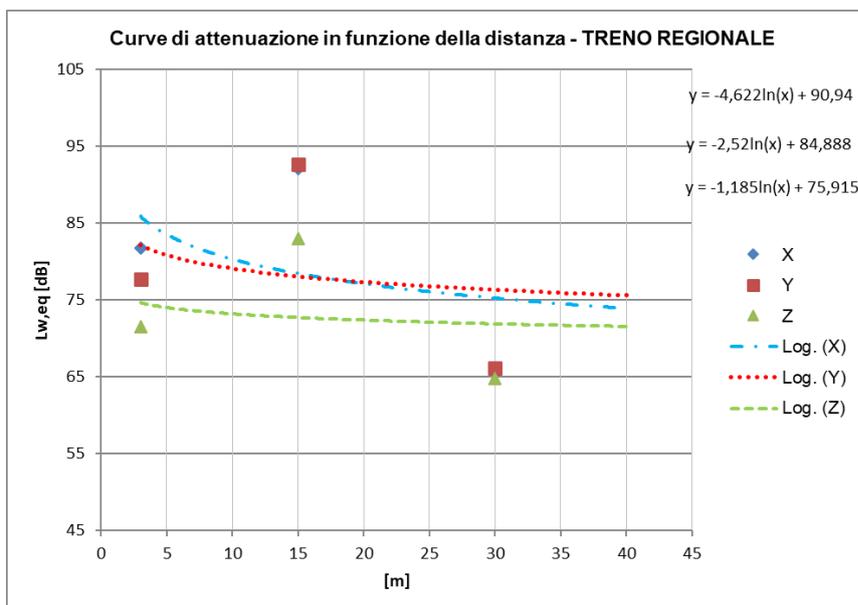


Figura 10 - Curva di attenuazione del Lw,eq in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 2 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO REGIONALE per t. scoperto

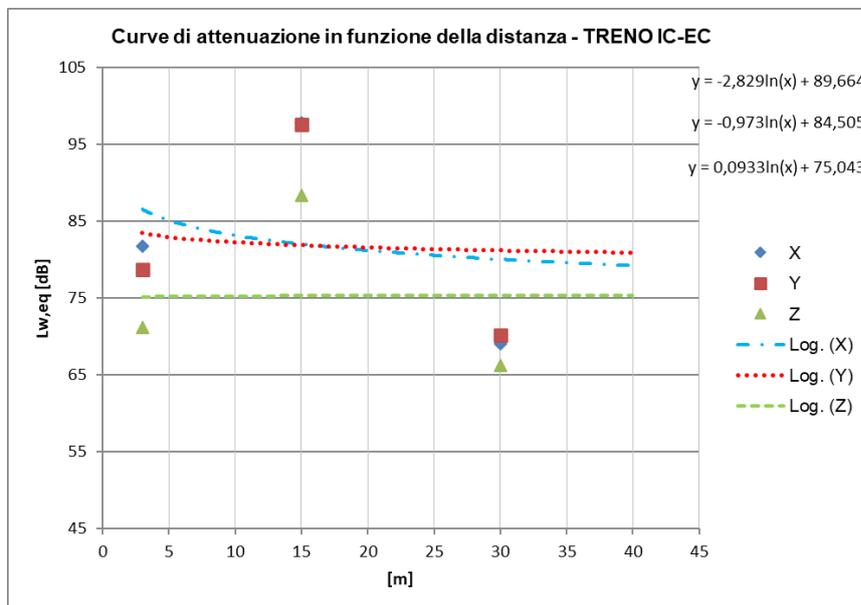


Figura 11 - Curva di attenuazione del $L_{w,eq}$ in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 2 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO IC-EC per t. scoperto

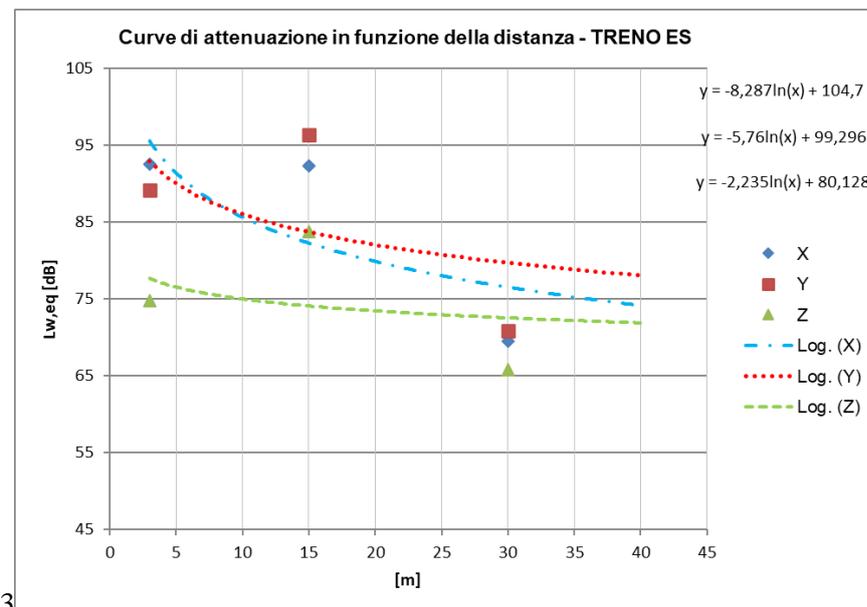


Figura 12 - Curva di attenuazione del $L_{w,eq}$ in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 2 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO ES per t. scoperto

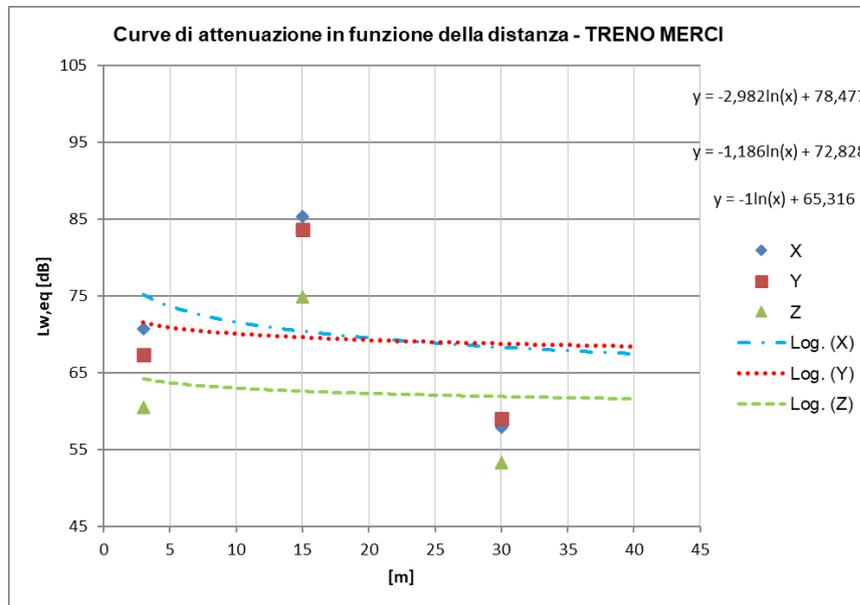


Figura 13 - Curva di attenuazione del $L_{w,eq}$ in funzione della distanza dal binario, ricavata dai rilievi sperimentali sull'attuale linea in esercizio lungo gli assi x, y e z, in corrispondenza delle SEZ. 2 e valutata considerando le velocità di progetto – TIPOLOGIA TRENO MERCI per t. scoperto

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

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 multipiano un valore di attenuazione delle vibrazioni da piano a piano è 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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

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. 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 μ Pa)

L_a : livello di vibrazione di accelerazione all'orizzontamento in dB (0 dB = 1 μ 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.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</p>												
<p>Relazione Generale</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RC1E</td> <td>A1 R 22</td> <td>RG</td> <td>IM0004 002</td> <td>A</td> <td>36 di 54</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RC1E	A1 R 22	RG	IM0004 002	A	36 di 54
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RC1E	A1 R 22	RG	IM0004 002	A	36 di 54								

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

4.2 Traffico e velocità di esercizio

La linea del Lotto 1A sarà rappresentata dal seguente modello di esercizio.

BINARIO DISPARI		
Battipaglia - Romagnano AV		
Tipologia	Transiti Periodo Diurno	Transiti Periodo Notturno
AV ETR 1000	46	4
REG	7	0
LH ETR 600	13	1
MERCI	12	12
BINARIO PARI		
Battipaglia - Romagnano AV		
Tipologia	Transiti Periodo Diurno	Transiti Periodo Notturno
AV ETR 1000	45	4
REG	6	0
LH ETR 600	13	1
MERCI	12	12

Tabella 4-1 – Traffico di esercizio Linea AV BATTIPAGLIA-ROMAGNANO - Lotto 1A

Di seguito le velocità di progetto previste per la linea.

LOTTO 1A							
Asse BP				AV	LP	REG	M
Velocità [km/h]	km iniziale	km finale	Delta [m]	Velocità di transito sulle singole tratte [km/h]			
60	0+127,71	0+328,44	456,15	60	60	60	60
100	0+328,44	0+817,95	489,51	100	100	100	100
180	0+817,95	4+450,95	3663,00	180	180	180	100
250	4+450,95	9+045,95	4595,00	250	250	200	100
300	9+045,95	29+013,00	19967,05	300	250	200	100
Asse BD – Bivio Romagnano							
100				100	100	100	100

Tabella 4-2 – Velocità di esercizio Linea AV BATTIPAGLIA-ROMAGNANO - Lotto 1A

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

4.2.1 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 che per i tratti in galleria (coperto) per il quale la valutazione è compiuta sia sui periodi di riferimento che per l'evento massimo.

Valori attesi per i tratti al coperto: valutazione sul livello dei periodi di riferimento

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

REGIONALI							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	53,6	52,5	47,1	/	/	/
VIB 1b	15	51,9	55,6	65,1	/	/	/
VIB 1c	30	42,5	49,0	40,6	/	/	/

Tabella 4-3 – L_{w,eq} diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI REGIONALI tratti al coperto

IC-EC							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	60,4	59,3	54,4	51,5	50,4	45,5
VIB 1b	15	59,5	62,8	66,6	50,6	53,9	57,7
VIB 1c	30	48,7	55,3	46,7	39,8	46,4	37,8

Tabella 4-4 – L_{w,eq} diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI IC-EC tratti al coperto

ES							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	63,5	62,6	57,5	55,2	54,3	49,2

Relazione Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC1E	A1 R 22	RG	IM0004 002	A	39 di 54

ES							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1b	15	63,3	66,4	71,6	55,0	58,1	63,3
VIB 1c	30	52,6	58,2	51,1	44,3	49,9	42,8

Tabella 4-5 – L_{w,eq} diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI ES tratti al coperto

MERCİ							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	54,4	52,1	46,5	56,6	54,3	48,7
VIB 1b	15	47,9	56,6	53,9	50,1	58,8	56,1
VIB 1c	30	43,9	52,7	39,0	46,1	54,9	41,2

Tabella 4-6 – L_{w,eq} 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] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	65,8	64,8	59,7	59,7	58,1	52,8
VIB 1b	15	65,1	68,5	73,5	57,2	62,2	64,9
VIB 1c	30	54,7	61,0	52,9	48,9	56,5	45,8

Tabella 4-7 – 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 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] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 1a	3	70,8	69,8	64,7	64,7	63,1	57,8
VIB 1b	15	70,1	73,5	78,5	62,2	67,2	69,9
VIB 1c	30	59,7	66,0	57,9	53,9	61,5	50,8

Tabella 4-8 – 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 al coperto

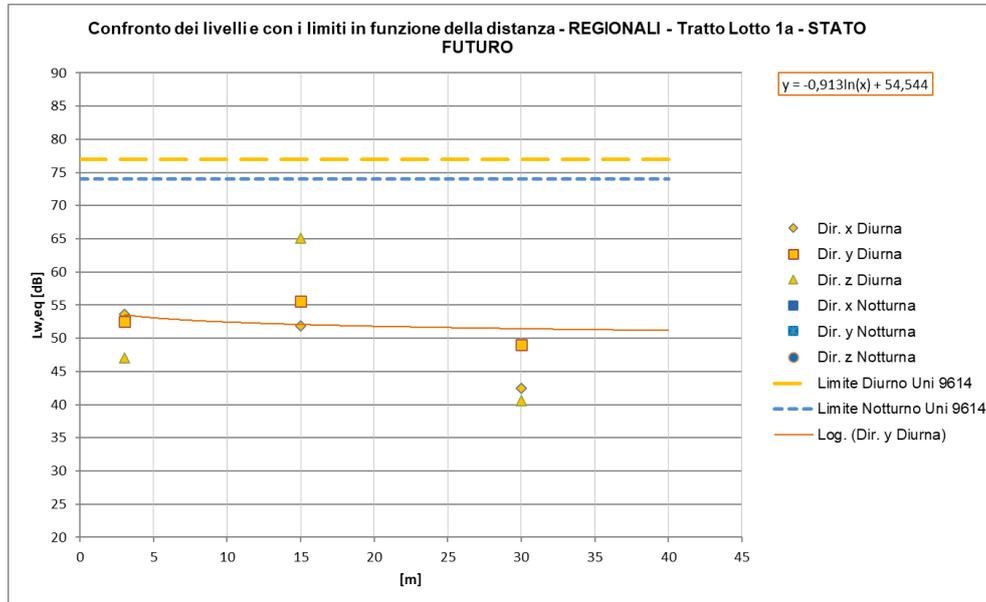


Figura 14 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, TRENI REGIONALI

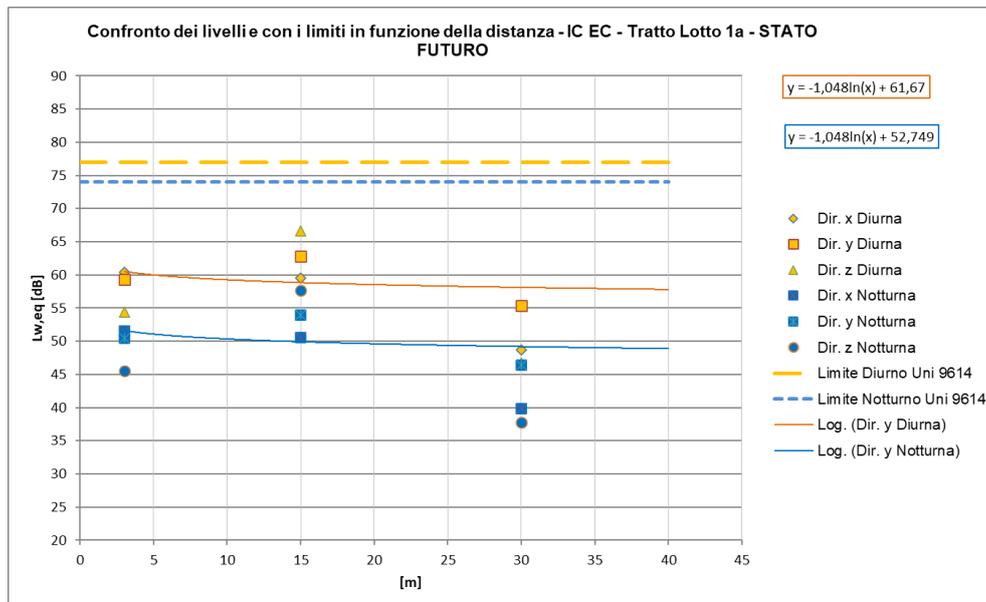


Figura 15 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, TRENI IC-EC

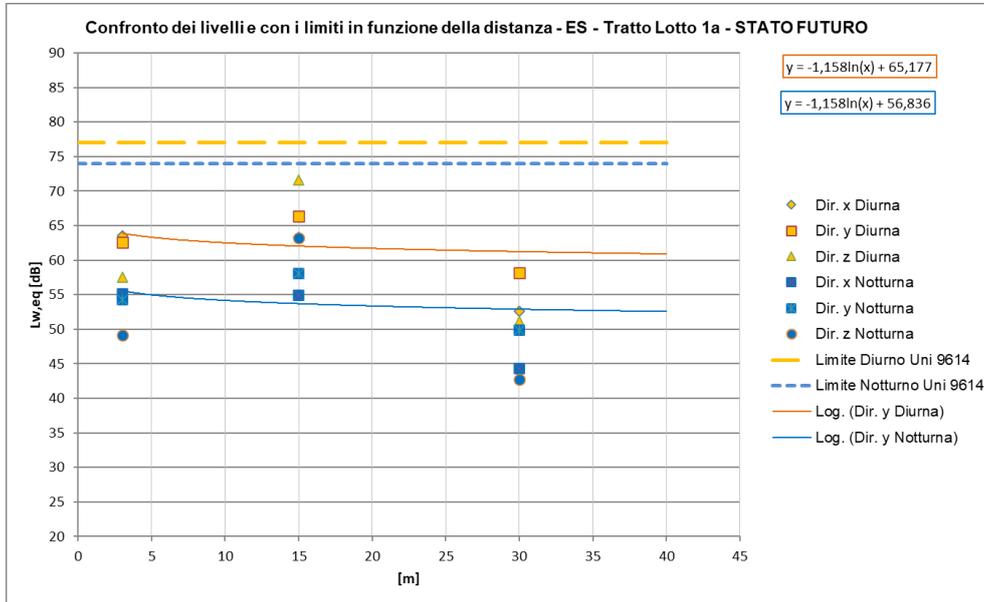


Figura 16 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, TRENES

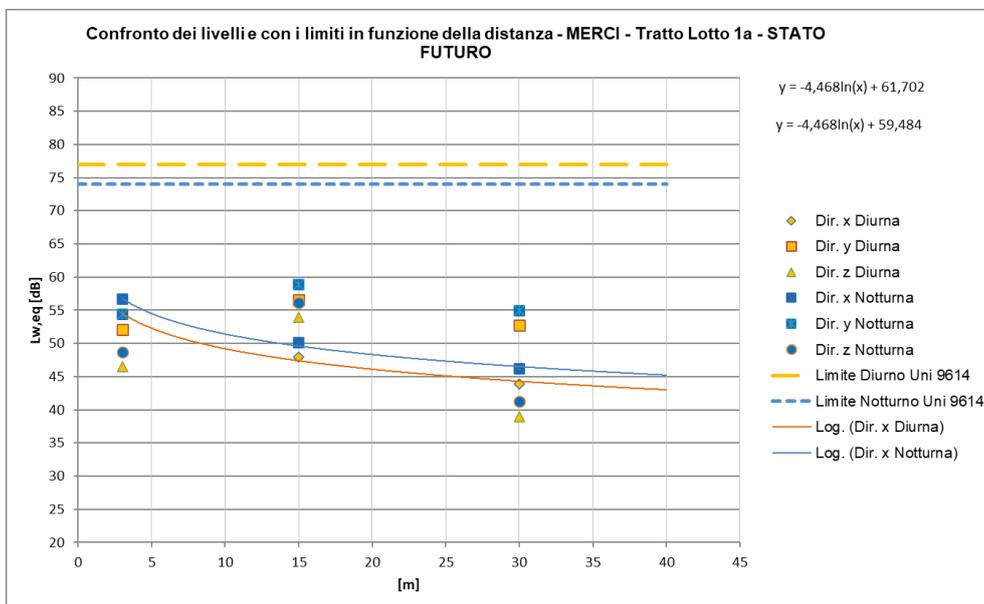


Figura 17 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, TRENIMERCI

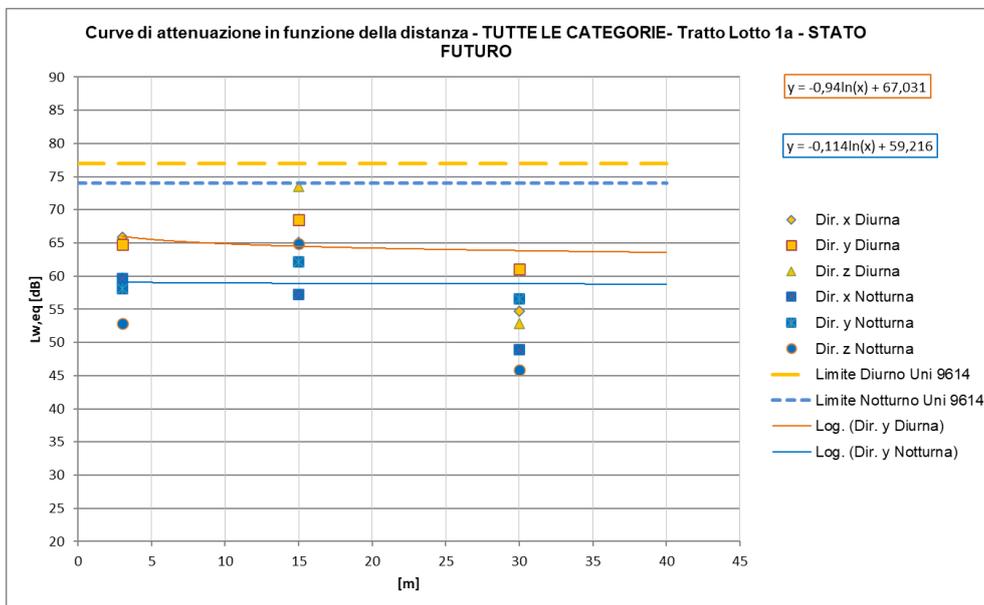


Figura 18 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE

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.

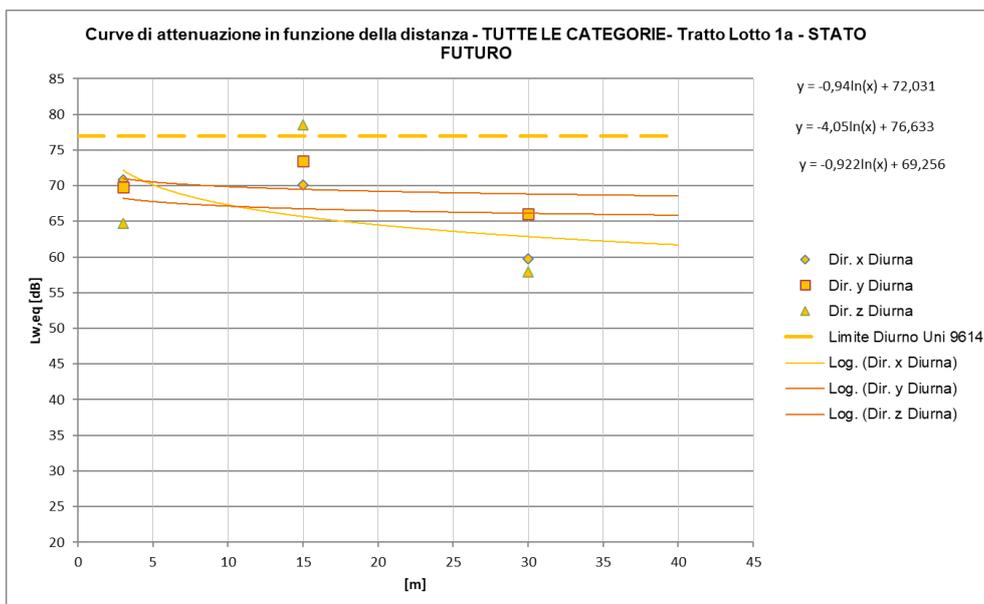


Figura 19 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno

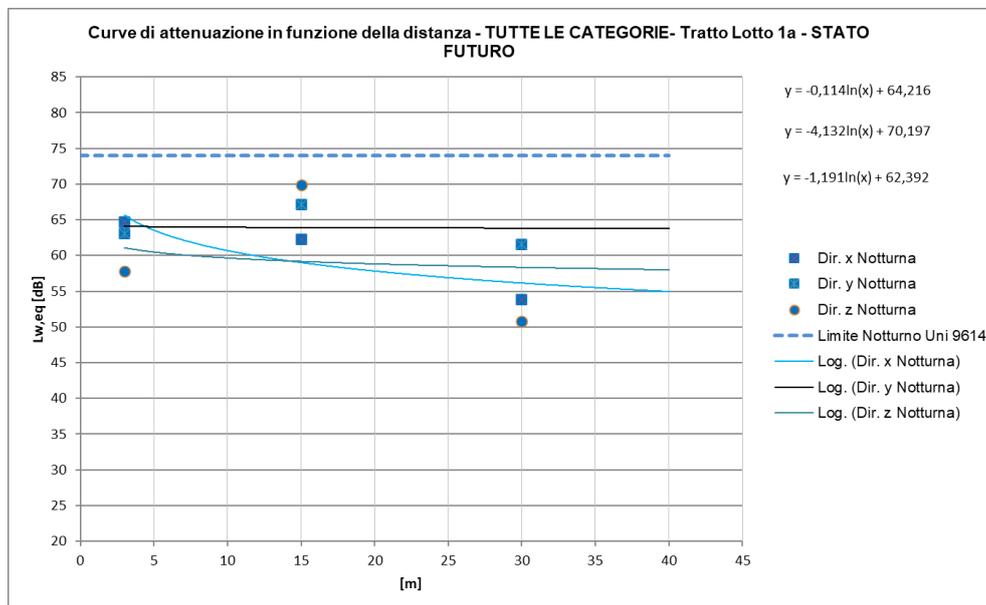


Figura 20 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti al coperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo notturno

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio, per i tratti al coperto, si riscontra il rispetto dei limiti, all'interno degli edifici, del periodo diurno e del notturno già in prossimità dalla linea ferroviaria.

Valori attesi per i tratti al coperto: 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 4-9 - 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 4-10 - Livello equivalente massimo ($L_{w,eq}$ 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.

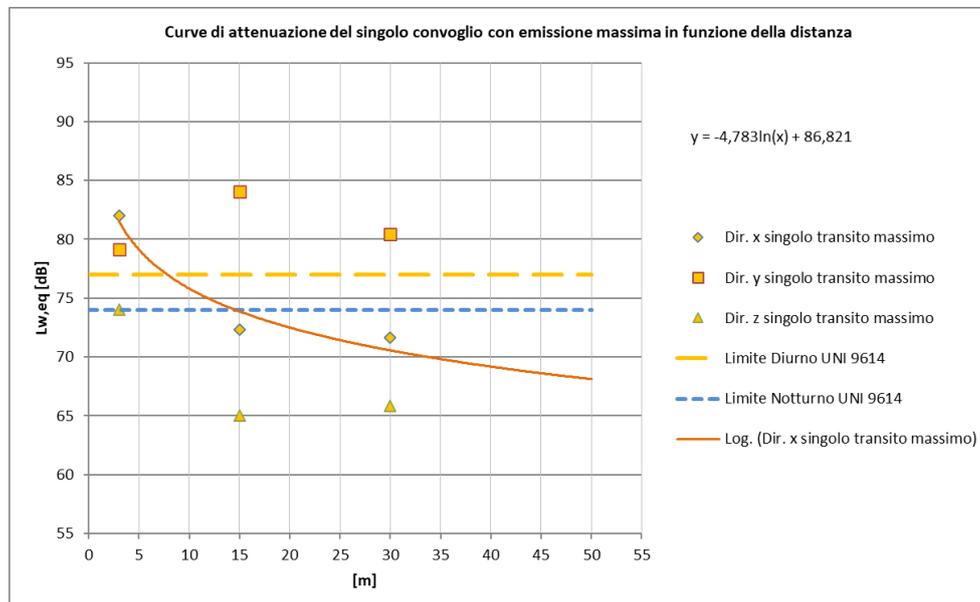


Figura 21 – Curva di attenuazione in funzione della distanza relativa al transito massimo – tratti al coperto

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

Valori attesi per i tratti allo scoperto: valutazione sul livello dei periodi di riferimento

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

REGIONALI							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2a	3	55,9	51,9	45,7	/	/	/
VIB 2b	15	66,3	66,8	57,1	/	/	/
VIB 2c	30	39,8	40,3	38,9	/	/	/

Tabella 4-11 – L_{w,eq} diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI REGIONALI tratti allo scoperto

IC-EC							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2a	3	59,4	56,3	48,8	50,5	47,4	39,9
VIB 2b	15	75,4	75,2	66,0	66,5	66,3	57,1
VIB 2c	30	46,6	47,8	43,8	37,7	38,9	34,9

Tabella 4-12 – L_{w,eq} diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI IC-EC tratti allo scoperto

ES							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2a	3	75,4	72,0	57,6	67,1	63,7	49,3
VIB 2b	15	75,2	79,2	66,6	66,9	70,9	58,3
VIB 2c	30	52,3	53,7	48,6	44,0	45,4	40,3

Tabella 4-13 – L_{w,eq} diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI ES tratti allo scoperto

MERCÌ							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2a	3	50,6	47,2	40,4	52,8	49,4	42,6
VIB 2b	15	65,2	63,5	54,8	67,4	65,7	57,0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

MERCİ							
Postazione	Dist. [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2c	30	37,8	38,9	33,2	40,0	41,1	35,4

Tabella 4-14 – L_{w,eq} diurno e notturno (Assi X, Y e Z) in dB complessivamente atteso, riferito al programma di esercizio futuro – TRENI MERCİ 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 2a	3	75,6	72,2	58,4	67,3	63,9	50,5
VIB 2b	15	78,8	80,9	69,7	71,7	73,0	62,3
VIB 2c	30	53,6	55,0	50,3	46,1	47,4	42,4

Tabella 4-15 – 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] Notturmo		
		X	Y	Z	X	Y	Z
VIB 2a	3	80,6	77,2	63,4	72,3	68,9	55,5
VIB 2b	15	83,8	85,9	74,7	76,7	78,0	67,3
VIB 2c	30	58,6	60,0	55,3	51,1	52,4	47,4

Tabella 4-16 – 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

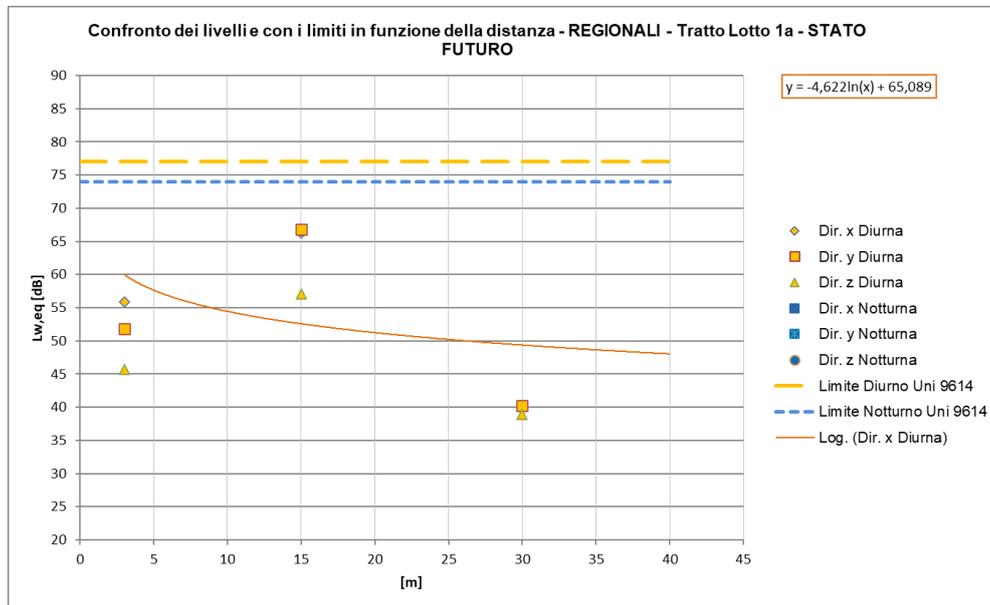


Figura 22 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI REGIONALI

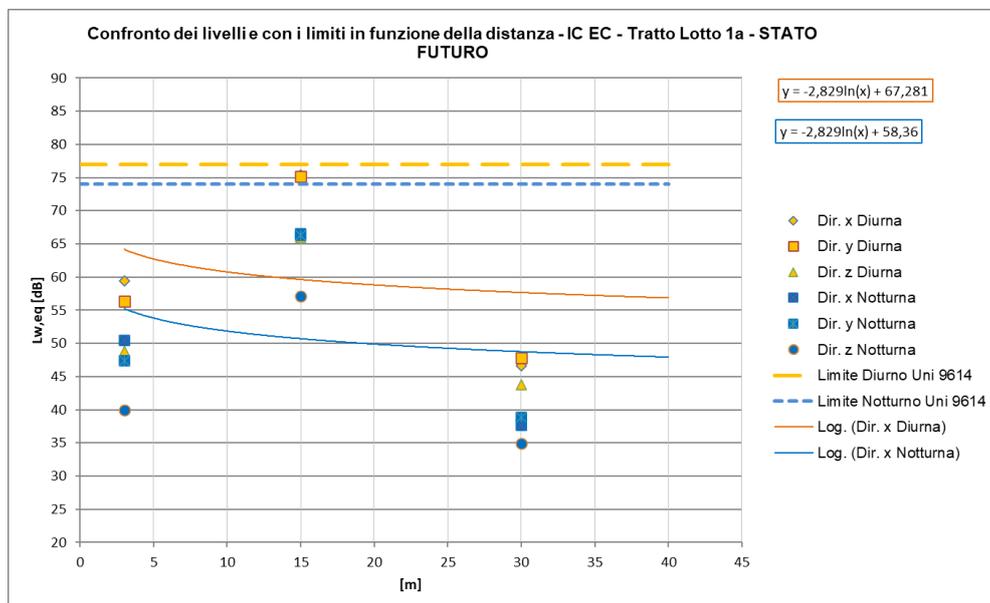


Figura 23 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI IC-EC

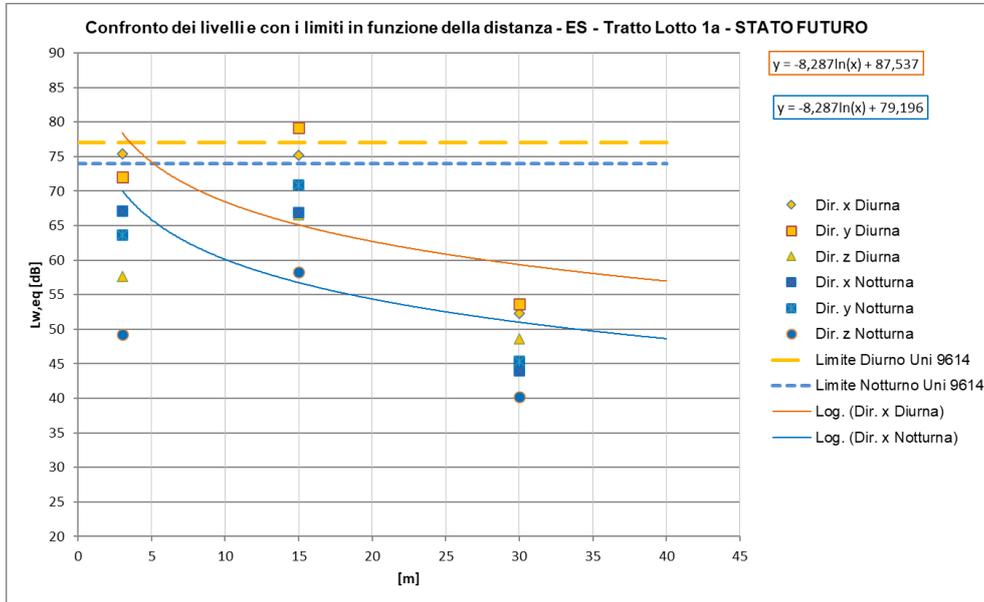


Figura 24 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI ES

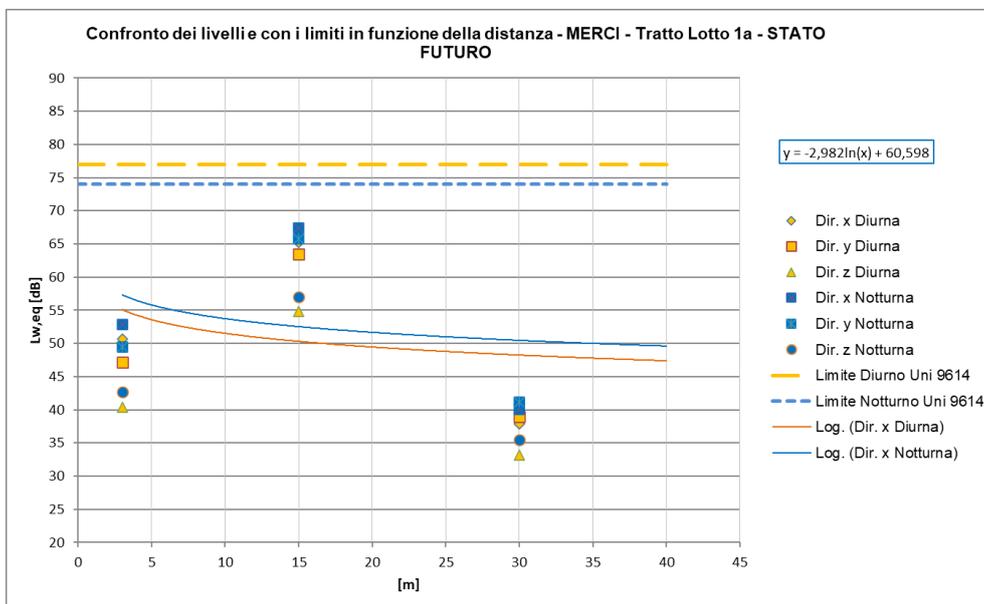


Figura 25 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, TRENI MERCI

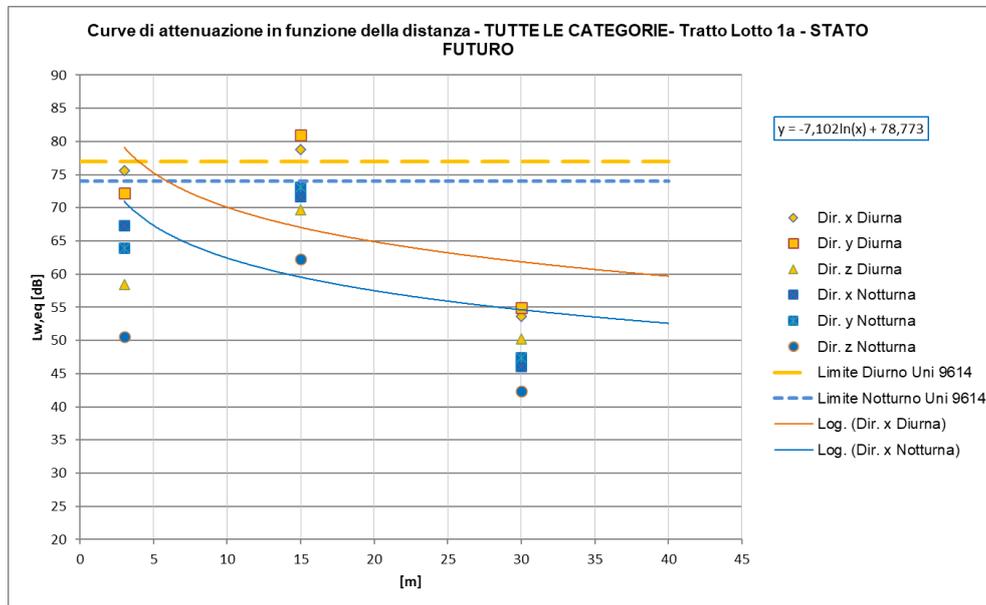


Figura 26 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto, Treni TUTTE LE CATEGORIE

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

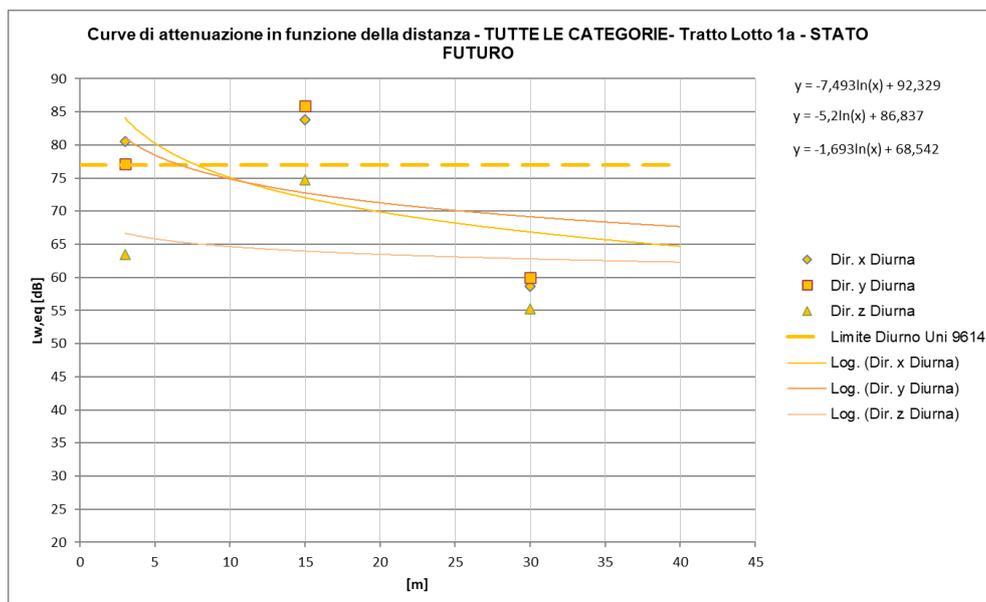


Figura 27 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo diurno

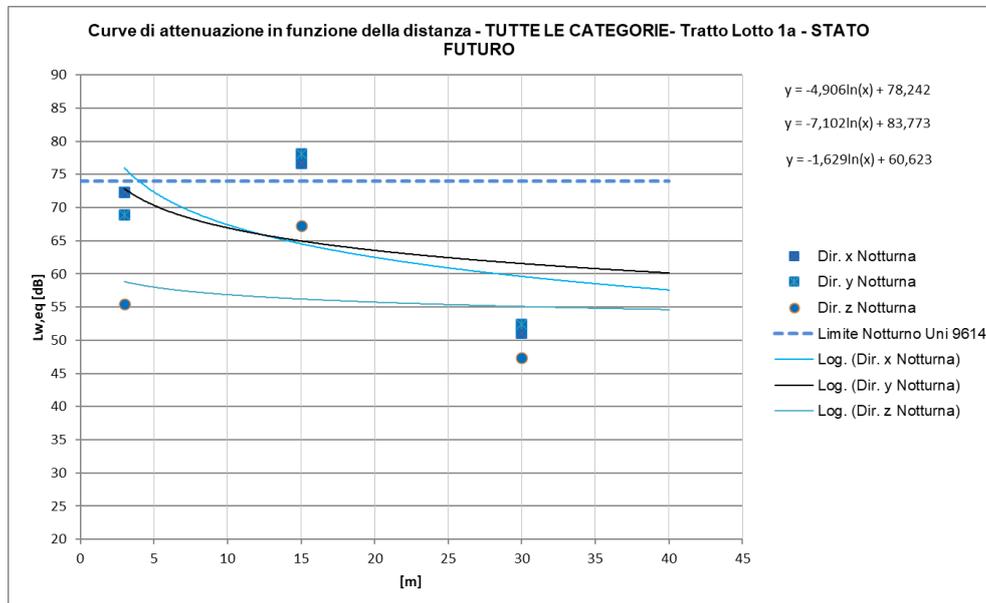


Figura 28 – Curve di attenuazione in funzione della distanza relativa al traffico ferroviario di progetto – tratti allo scoperto INTERNO AGLI EDIFICI, Treni TUTTE LE CATEGORIE, periodo notturno

In base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio, per i tratti allo scoperto, si riscontra il rispetto dei limiti, all'interno degli edifici, del periodo diurno da circa 9m e del notturno da circa 5m dalla linea ferroviaria.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

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 due 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 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. 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, e riferendosi al traffico e alle velocità di progetto, si evince nella tabella seguente il livello di accelerazione medio atteso nella postazione a ridosso della ferrovia, 3 m dal binario esterno, a 15 m e 30 m suddiviso per tipologia di treno, rispettivamente per gli assi X, Y e Z in periodo diurno e notturno.

Categoria di treni	Distanza [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
REGIONALI	3	53,6	52,5	47,1	/	/	/
IC-EC		60,4	59,3	54,4	51,5	50,4	45,5
ES		63,5	62,6	57,5	55,2	54,3	49,2
MERCI		54,4	52,1	46,5	56,6	54,3	48,7
TUTTE LE CATEGORIE		65,8	64,8	59,7	59,7	58,1	52,8
REGIONALI	15	51,9	55,6	65,1	/	/	/
IC-EC		59,5	62,8	66,6	50,6	53,9	57,7
ES		63,3	66,4	71,6	55,0	58,1	63,3
MERCI		47,9	56,6	53,9	50,1	58,8	56,1
TUTTE LE CATEGORIE		65,1	68,5	73,5	57,2	62,2	64,9
REGIONALI	30	42,5	49,0	40,6	/	/	/
IC-EC		48,7	55,3	46,7	39,8	46,4	37,8

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

Categoria di treni	Distanza [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
ES		52,6	58,2	51,1	44,3	49,9	42,8
MERCI		43,9	52,7	39,0	46,1	54,9	41,2
TUTTE LE CATEGORIE		54,7	61,0	52,9	48,9	56,5	45,8

Tabella 5-1 - Livello di accelerazione medio in fase di esercizio su tratti al coperto

Di seguito la valutazione interna all'edifici, la quale considera un fattore di amplificazione di +5 dB.

Categoria di treni	Distanza [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
TUTTE LE CATEGORIE	3	70,8	69,8	64,7	64,7	63,1	57,8
	15	70,1	73,5	78,5	62,2	67,2	69,9
	30	59,7	66,0	57,9	53,9	61,5	50,8

Tabella 5-2 - Livello di accelerazione medio in fase di esercizio su tratti al coperto all'interno dell'edificio

Infine, si riporta la valutazione del transito critico, individuato come quello con la maggiore emissione.

Categoria di treni	Distanza [m]	Lw,eq [dB]		
		X	Y	Z
MERCI	3	82,0	79,1	74,0
	15	72,3	84,0	65,0
	30	71,6	80,4	65,8

Tabella 5-3 - Livello di accelerazione per il transito con emissione massima in fase di esercizio su tratti al coperto

Considerando gli eventi registrati nella Sezione 2 di misura, ritenuta caratterizzante della futura linea in progetto per i tratti allo scoperto, e riferendosi al traffico e alle velocità di progetto, si evince nella tabella seguente il livello di accelerazione medio atteso nella postazione a ridosso della ferrovia, 3 m dal binario esterno, a 15 m e 30 m per tipologia di treno, rispettivamente per gli assi X, Y e Z in periodo diurno e notturno.

Categoria di treni	Distanza [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
REGIONALI	3	55,9	51,9	45,7	/	/	/
IC-EC		59,4	56,3	48,8	50,5	47,4	39,9
ES		75,4	72,0	57,6	67,1	63,7	49,3
MERCI		50,6	47,2	40,4	52,8	49,4	42,6

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	Relazione Generale	COMMESSA RC1E	LOTTO A1 R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. A

Categoria di treni	Distanza [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
TUTTE LE CATEGORIE		75,6	72,2	58,4	67,3	63,9	50,5
REGIONALI	15	66,3	66,8	57,1	/	/	/
IC-EC		75,4	75,2	66,0	66,5	66,3	57,1
ES		75,2	79,2	66,6	66,9	70,9	58,3
MERCI		65,2	63,5	54,8	67,4	65,7	57,0
TUTTE LE CATEGORIE		78,8	80,9	69,7	71,7	73,0	62,3
REGIONALI	30	39,8	40,3	38,9	/	/	/
IC-EC		46,6	47,8	43,8	37,7	38,9	34,9
ES		52,3	53,7	48,6	44,0	45,4	40,3
MERCI		37,8	38,9	33,2	40,0	41,1	35,4
TUTTE LE CATEGORIE		53,6	55,0	50,3	46,1	47,4	42,4

Tabella 5-4 - Livello di accelerazione medio in fase di esercizio su tratti allo scoperto

Di seguito la valutazione interna all'edifici, la quale considera un fattore di amplificazione di +5 dB.

Categoria di treni	Distanza [m]	Lw,eq [dB] Diurno			Lw,eq [dB] Notturno		
		X	Y	Z	X	Y	Z
TUTTE LE CATEGORIE	3	80,6	77,2	63,4	72,3	68,9	55,5
	15	83,8	85,9	74,7	76,7	78,0	67,3
	30	58,6	60,0	55,3	51,1	52,4	47,4

Tabella 5-5 - Livello di accelerazione medio in fase di esercizio su tratti allo scoperto all'interno dell'edificio

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.

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

Per i tratti al coperto (galleria), in base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio, si riscontra il rispetto dei limiti, all'interno degli edifici, del periodo diurno e del notturno già in prossimità dalla linea ferroviaria. In base alla curva di attenuazione del transito massimo 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.

Per i tratti allo scoperto, in base alla curva di attenuazione relativa alla valutazione del traffico in esercizio, si riscontra il rispetto dei limiti, all'interno degli edifici, del periodo diurno da circa 9 m e del notturno da circa 5 m dalla linea ferroviaria.

Eseguendo una analisi dei ricettori entro una distanza di 25 m dall'asse ferroviario e riferita allo stato futuro, si riscontra la presenza di un ricettore a circa 18 m dalla linea per la tratta allo scoperto (codice ricettore 1103 con destinazione residenziale nel Comune di Eboli, progressiva 7+500). Per la linea al coperto (galleria) si individuano tre ricettori alle distanze planimetriche, rispetto alla linea ferroviaria, rispettivamente di circa 2 m, 10 m e 14 m, con una distanza dall'imbocco della galleria di circa 200 m e coperture da 35 m a 55 m (codici ricettore 1243, 1244 e 1245 con destinazione residenziale nel Comune di Buccino, rispettivamente alle progressive 30+802, copertura c.a. 35 m; 30+825, copertura c.a. 35 m; e 31+554, copertura c.a. 55 m).

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.