

Enea Rossetti
Consigliere Comunale PLR
Via Cantonale 27
6526 Prosito

Lodevole Municipio di Riviera
Piazza Grande 1
6703 Osogna

Prosito, 08 gennaio 2024

Avvalendomi delle facoltà concesse dalla LOC, presento la seguente

INTERPELLANZA: "Alptransit ad ogni costo?"

La tratta incompiuta di Alp Transit a sud del traforo del Gottardo fino al confine sud del Cantone è fonte di molte discussioni e critiche sin dal momento della sua nascita.

Il recente incidente del 10 agosto 2023 con il deragliamento di un treno merci in galleria e rispettivamente il rinvio a dopo il 2050 di nuovi investimenti in Ticino per il completamento della rete ferroviaria a sud di Biasca hanno ovviamente e giustamente riaperto il dibattito.

In questo contesto pongo l'attenzione del Municipio di Riviera su tre temi specifici correlati al traffico ferroviario che ritengo meritino molta attenzione: i **pericoli**, i **rumori** e le **vibrazioni**.

Considerati

Per i pericoli:

- Il rapporto dell'Ufficio federale dei trasporti, citato nell'art del CdT del 16 agosto 2023, sullo stato insoddisfacente dei treni CARGO, causa del recente incidente;
- Il fatto che questi treni attraversano a cielo aperto zone residenziali densamente abitate;
- L'evidenza che vengono trasportate anche merci pericolose. Nel caso dell'incidente le FFS si sono affrettate a dire che i vagoni potenzialmente pericolosi erano presenti ma fortunatamente vuoti.

Per i rumori e le vibrazioni:

- Il costante aumento del traffico di treni merci, soprattutto notturno;
- La forte sollecitazione della tratta Bodio – Bellinzona tra le più trafficate in Svizzera (vedi Allegati);
- La perizia ordinata dal comune di Riviera allo studio Ing. Bonalumi/Ferrari che evidenzia il forte inquinamento fonico e di vibrazioni del traffico ferroviario;
- L'osservazione che i ripari fonici sono stati posati in modo parziale e piuttosto strano. Infatti, lungo la tratta, mancano in zone residenziali e sono invece presenti in campagna (vedi Allegati).

Chiedo al Municipio di Riviera,

Per i pericoli:

- Cosa è stato intrapreso dal Municipio, in collaborazione con i preposti Uffici cantonali nei confronti di FFS e FFS/Cargo per accertarsi della tipologia del materiale pericoloso trasportato?

- Il Municipio è a conoscenza di una pianificazione ed una prospettiva temporale per il rinnovo del materiale rotabile che non si limiti alla sola questione dei freni in ghisa ormai risolta?
- Parto dal presupposto che esista un'analisi dei rischi incidenti in galleria Alptransit. Esiste lo stesso approccio per incidenti lungo la tratta a cielo aperto, in particolare nelle zone densamente abitate? Chi se ne deve occupare?

Per i rumori e le vibrazioni:

- Quali strumenti sono a disposizione del Municipio per poter proteggere la popolazione residente dall'accresciuto inquinamento fonico? Si è fatto parte attiva nei confronti degli Uffici cantonali e federali competenti per valutare i possibili correttivi e per limitare questa fonte di rumore?
- Risulta al Municipio che le FFS hanno preferito subsidiare la sostituzione di finestre piuttosto che posare pareti fonoassorbenti lungo la tratta ferroviaria? Il Municipio dispone dell'ammontare di questi contributi e rispettivamente è a conoscenza di quanto sarebbe stato il costo per la posa di pareti foniche?
- Dato che per le vibrazioni sarebbero necessarie delle misure correttive legate alla sottostruttura dei binari e questo comporta la perturbazione del traffico ferroviario e l'esecuzione di importanti cantieri, il Municipio è vigile su eventuali lavori previsti dalle stesse FFS che potrebbero essere sfruttati per adottare queste misure?

In generale:

- Le problematiche indicate (pericoli, rumori e vibrazioni) sono già state discusse con l'Ufficio federale dei trasporti e/o dell'ambiente?
- È mai stato ribadito l'interesse riguardante la circonvallazione della Riviera e del Bellinzonese?

Ringrazio per l'attenzione e saluto cordialmente,

Enea Rossetti



ALLEGATI

- Presa di posizione dello studio di Ingegneria Bonalumi/Ferrari del 28.11.2022
- Valutazione delle emissioni sonore del traffico ferroviario (Arch. Stefano Pedersoli dello studio Bonalumi Ferrari Partner (02.03.22))

valutazione del traffico ferroviario

livello di emissione sonora sulla rete ferroviaria FFS in Svizzera

livelli emissione sonora effettivi nel periodo diurno (06:00 - 22:00)



- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1 Basilea - Zurigo | 6 Zurigo - San Gallo |
| 2 Chiasso - Basilea | 7 Losanna - Sempione |
| 3 Berna - Olten | 8 Berna - Sempione |
| 4 Ginevra - Zurigo | 9 Lucerna - Olten |
| 5 Zurigo - Coira | 10 Losanna - Berna |

- > 75 dB
- 70-75 dB
- 65-70 dB
- 60-65 dB
- 55-60 dB
- ≤ 55 dB

livelli emissione sonora effettivi nel periodo notturno (22:00 - 06:00)



- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1 Basilea - Zurigo | 6 Zurigo - Coira |
| 2 Chiasso - Basilea | 7 Losanna - Sempione |
| 3 Berna - Olten | 8 Zurigo - San Gallo |
| 4 Ginevra - Zurigo | 9 Losanna - Berna |
| 5 Berna - Sempione | 10 Lucerna - Olten |

- Fotografie del riparo fonico presente in campagna fra Biasca e Osogna e mancante a Cresciano in paese



- Fotografie a Osogna (zona ecocentro) e Cresciano dove ci si aspetterebbe almeno una barriera protettiva



Incarico

Rilievi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

Titolo relazione

Relazione tecnica

Parte 1: quartiere di Osogna



Bonalumi Ferrari Partner SA
Studio d'ingegneria

Nome documento
2656-RT-001a

data
30 agosto 2021

archivio
2656/relazioni

Rilievi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

MANDANTE
Lod. Municipio di Riviera
CH-6703 Riviera - Osogna

TRASMISSIONE COPIE
Lod. Municipio di Riviera
CH-6703 Riviera - Osogna

CONTRIBUTI

Rosanna Caputo
MSc UniRm1 in ingegneria edile - architettura
CAS PoliMi in acustica applicata
(ENTECA)

Stefano Pedersoli
MSc PoliMi in architettura
MSc UVa in ingegneria acustica e delle vibrazioni
(SSA/SEA)

Gian Paolo Lebani
MSc UniFe in ingegneria civile indirizzo strutture
CAS SUPSI BIM per la sostenibilità delle costruzioni

BONALUMI FERRARI PARTNER SA
STUDIO D'INGEGNERIA

Flavio Bonalumi
MSc ETHZ in ingegneria civile
Dipl. SSA (SIA/OTIA/SVI)

Bonalumi Ferrari Partner SA Studio d'ingegneria
Via Campagna 2.1
CH-6512 Giubiasco

Bonalumi Ferrari Partner SA Studio d'ingegneria
Nome file: 2656-RT-001a
Data: 30.08.2021

Tel.: +41 91 850 60 80
Fax.: +41 91 850 60 89
E-mail: info@bonalumi-ferrari.ch

RICAPITOLAZIONE DELLE VALUTAZIONI ESEGUITE

Il Lod. Municipio di Riviera ha incaricato lo studio di ingegneria Bonalumi Ferrari Partner SA di effettuare una serie di misurazioni del rumore e delle vibrazioni generate dal traffico ferroviario presso alcuni punti strategici situati nei quartieri di Osogna e Cresciano a seguito di reclami da parte dei cittadini. Questa relazione presenta un riassunto delle valutazioni eseguite nel quartiere di Osogna.

La linea ferroviaria che percorre il territorio comunale di Riviera è stata oggetto di risanamento fonico nei primi anni 2000 con la posa di barriere antirumore, muri e pannelli vetrati volti a mitigare l'inquinamento acustico prodotto dal passaggio dei treni sugli edifici prossimi ai binari. Gli interventi furono dimensionati dalle Ferrovie federali svizzere FFS in modo tale da ottenere il massimo beneficio in termini di riduzione del rumore compatibilmente con l'investimento economico da sostenere.

Nonostante tali interventi di risanamento, però, sia nel quartiere di Osogna che a Cresciano, si prevedevano superamenti dei valori limite di immissione e dei valori di allarme presso alcuni degli edifici esposti al rumore ferroviario, prevalentemente durante il periodo notturno.

Al fine di verificare la situazione odierna del quartiere di Osogna, è stata svolta una campagna di misure ai sensi delle seguenti normative:

- Ordinanza OIF (Ordinanza contro l'inquinamento fonico) per valutare il rumore presso le aperture sensibili al rumore;
- Direttiva VVRTB (Valutazione delle vibrazioni e di rumori trasmessi per via solida per impianti per il trasporto sui binari) per valutare il rumore trasmesso dalle vibrazioni all'interno degli edifici;
- Norma DIN 1450-2 (Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden) per valutare le vibrazioni sulle persone all'interno degli edifici;
- Norma SN 640 312 (Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke) per valutare le vibrazioni sugli edifici.

Il confronto con i valori indicati dalle norme tengono conto della destinazione d'uso dell'area in cui si trova l'edificio in esame e dei periodi di riferimento diurno e notturno durante il quale si è effettuato il rilievo.

I parametri rilevati sono stati confrontati anche con i valori raccomandati per il rumore notturno dalle linee guida (Environmental Noise Guidelines for the European Region) dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. Questi valori non hanno un valore normativo ma devono essere interpretati come raccomandazioni per proteggere la salute umana dall'esposizione al rumore ambientale.

Prima di effettuare il monitoraggio dei transiti ferroviari attuali sulla tratta Osogna-Cresciano sono state analizzate le informazioni di traffico di treni viaggiatori e passeggeri relative agli anni precedenti, che hanno evidenziato volumi di traffico consistenti nel tratto che attraversa il territorio di Riviera e che, in Ticino, sono inferiori solo alla tratta compresa tra Giubiasco e Bellinzona sulla quale, però, si registrano delle velocità di percorrenza meno elevate rispetto a quella in oggetto.

Il monitoraggio effettuato da Bonalumi Ferrari Partner SA durante i mesi di ottobre e novembre dell'anno 2020 è stato utile per definire per ogni treno che attraversava il territorio di Riviera la rispettiva velocità, lunghezza e numero di transiti, e per caratterizzarlo come una sorgente sonora. I dati complessivi sono stati utilizzati per calcolare il livello di emissione sonora media annuale da associare al tratto ferroviario in esame.

Contemporaneamente al monitoraggio dei treni sono state effettuate delle misurazioni foniche e delle vibrazioni presso sette edifici posizionati lungo la linea ferroviaria, disposti uniformemente sul territorio di Osogna (cfr. *Tabella 3*).

Gli edifici sono stati scelti sulla base delle caratteristiche del fabbricato quali epoca di costruzione, tipologia di struttura portante, numero di piani fuori terra, materiale del pavimento e, soprattutto, della loro distanza rispetto ai binari. In corrispondenza dei punti di misura sono stati valutati il livello sonoro generato dal transito dei treni per via aerea, il rumore all'interno dei locali trasmesso per via solida attraverso la struttura dell'edificio e le vibrazioni trasmesse sia alle persone che al fabbricato.

Per ogni punto di misura è stato analizzato un numero statisticamente rappresentativo degli eventi registrati per ogni categoria di treno. I valori ottenuti sono stati confrontati con i limiti definiti dalle rispettive normative precedentemente indicate, i cui risultati sono riassunti di seguito (cfr. *Tabella 1*).

Tabella 1. Esito dei confronti tra valori misurati ed i rispettivi limiti normativi.

Normativa applicata	edificio 929B	edificio 918A	edificio 668A	edificio 709A	edificio 796B	edificio 759H	edificio 178A
Ordinanza OIF* (rumore aereo)	superato	rispettato	rispettato	non misurato	rispettato	superato	superato
Direttiva VVRTB (rumore per via solida)	superato	rispettato	rispettato	non misurato	rispettato	superato	rispettato
Norma DIN 1450-2 (effetti vibrazioni sulle persone)	superato	rispettato	rispettato	rispettato	superato	superato	superato
Norma SN 640 312 (effetti vibrazioni sugli edifici)	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	non misurato	rispettato	rispettato

* i progetti di pubblicazione dei ripari fonici delle FFS del 14.12.2001 e 20.12.2001, basati sul Piano delle Emissioni Foniche 2015, prevedono il superamento dei Valori limite d'esposizione al rumore presso tutti i punti considerati in tabella. Le misurazioni foniche indicano invece che le immissioni foniche trasmesse per via aerea oggi risultano essere inferiori alle previsioni delle FFS e che il superamento dei valori prescritti dall'OIF si ha solo su 3 edifici dei 6 stabili misurati.

Le misurazioni hanno dimostrato il superamento dei limiti normativi relativi alla trasmissione del rumore per via aerea ai sensi dell'OIF presso 3 edifici, il superamento dei limiti normativi relativi al rumore trasmesso per via solida ai sensi della Direttiva VVRTB presso 2 edifici ed il superamento dei limiti normativi relativi agli effetti delle vibrazioni sulle persone ai sensi della Norma DIN 1450-2 presso 4 edifici.

I limiti normativi relativi agli effetti delle vibrazioni sugli edifici ai sensi della Norma SN 640 312 sono rispettati presso tutti gli edifici valutati. Presso 3 dei 7 edifici analizzati (edifici 918A, 668A e 709A) sono rispettati i limiti normativi imposti da tutte le normative analizzate mentre presso 2 dei 7 edifici analizzati (edifici 929B e 759H) solo la Norma SN 640 312 risulta essere rispettata.

I parametri che presentano i maggiori superamenti rispetto ai limiti stabiliti dalla rispettiva normativa sono quelli riferiti agli effetti delle vibrazioni sulle persone ai sensi della Norma DIN 1450-2.

A tal proposito è stata approfondita la relazione tra le vibrazioni registrate sull'asse verticale (Z) in quanto maggiormente sollecitato e la direzione di transito dei treni utilizzando i dati rilevati presso i due edifici in cui sono stati registrati i maggiori superamenti. Dall'analisi è emerso che esiste un maggiore disturbo al passaggio dei treni merci ed intercity in direzione sud-nord, mentre per le altre combinazioni categoria treno-direzione di transito non si sono riscontrate particolari differenze.

La correlazione tra entità delle vibrazioni e la distanza dall'asse ferroviario, invece, ha evidenziato che i valori di vibrazione si riducono al crescere della distanza dall'asse ferroviario e che superano i limiti richiesti dalla norma presso edifici all'interno di una fascia di 25 metri dall'asse dei binari.

Il confronto fra i parametri misurati ed i valori raccomandati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (cfr. *Tabella 2*) dimostra che ci sono superamenti dei limiti raccomandati presso tutti gli edifici e come ci si possa aspettare che il rumore possa provocare degli effetti negativi sul sonno e sulla salute. Si ricorda comunque che i parametri individuati dall'OMS hanno un carattere di raccomandazione e non hanno un valore legale.

Tabella 2. Esito dei confronti tra valori misurati ed i rispettivi valori raccomandati dall'OMS.

Normativa applicata	edificio 929B	edificio 918A	edificio 668A	edificio 709A	edificio 796B	edificio 759H	edificio 178A
Linee guida OMS (effetti negativi sulla salute)	superato	superato	superato	non misurato	superato	superato	superato
Linee guida OMS (effetti negativi sul sonno)	superato	superato	superato	non misurato	superato	superato	superato

INDICE

1.	PREMESSA.....	1
2.	BASI LEGALI.....	2
3.	IMPOSTAZIONE DEI RILIEVI ESEGUITI	3
4.	MISURAZIONI FONICHE E DI VIBRAZIONI	4
4.1.	Misurazione delle immissioni foniche	4
4.2.	Misurazione delle vibrazioni e del rumore trasmesso per via solida	4
5.	VALUTAZIONE DEL TRAFFICO FERROVIARIO.....	6
5.1.	Analisi dei dati di traffico FFS.....	6
5.2.	Analisi dei dati di traffico rilevati	8
5.3.	Calcolo della velocità di transito e delle lunghezze dei convogli.....	9
6.	CALCOLO DELLE EMISSIONI FONICHE	10
7.	VALUTAZIONE DELLE IMMISSIONI FONICHE	11
7.1.	Implementazione di un modello di calcolo.....	11
7.2.	Valutazione delle immissioni foniche e confronto con Ordinanza OIF.....	12
8.	VALUTAZIONE DELLE IMMISSIONI DOVUTE ALLE VIBRAZIONI	14
8.1.	Valutazione delle vibrazioni e confronto con norma DIN 4150-2.....	14
8.2.	Valutazione del rumore trasmesso per via solida e confronto con direttiva VVRTB	19
8.3.	Valutazione delle vibrazioni sulle costruzioni e confronto con Norma SN 640 312.....	20
9.	VALUTAZIONE DEL RUMORE SULLA QUALITÀ DELLA VITA.....	21
10.	CONCLUSIONI.....	22
11.	ELENCO DEGLI ALLEGATI	24

1. PREMESSA

Il tracciato della linea ferroviaria delle Ferrovie Federali Svizzere FFS scorre nel comune di Riviera per una lunghezza di circa 6.5 km attraversando gli abitati di Cresciano ed Osogna.

Negli anni 2001 e 2005, le FFS hanno pubblicato per questa tratta ferroviaria i progetti di risanamento fonico in cui, considerando il traffico stimato per l'anno 2015, si prevedeva la necessità di intervenire sulla via di propagazione del suono realizzando circa 11'750 m² di pannelli antirumore e 220 m² di altri provvedimenti quali muri e pannelli vetriati.

Per garantire un trattamento uniforme e proporzionale, il dimensionamento delle protezioni foniche eseguito dalle FFS si basa su un calcolo costi - benefici uguale per tutte le tratte ferroviarie in Svizzera impiegando basi di calcolo e metodologie approvate dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM).

Per questo motivo i ripari non vengono dimensionati con l'obiettivo di ridurre presso tutti gli stabili le immissioni foniche generate dal traffico ferroviario al di sotto dei limiti massimi stabiliti dall'Ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF) ma perseguono l'obiettivo di ottenere il massimo beneficio in termine di riduzione del rumore compatibilmente con l'investimento economico da sostenere (cfr. *Articolo 7, LRFF*).

Per tutti gli edifici già esistenti al 1985 in cui, dopo il risanamento fonico dell'infrastruttura ferroviaria non sia possibile ridurre le immissioni foniche al di sotto dei limiti fissati per legge, la Confederazione contribuisce in misura del 50% o del 100% ai costi per il miglioramento dell'isolamento fonico delle finestre nei casi in cui non possono essere rispettati i valori limite d'immissione rispettivamente i valori d'allarme. (cfr. *Articolo 10, LRFF*).

Nel caso concreto di Cresciano, ad esempio, nonostante la posa di circa 5931.5 m² di pannelli antirumore e di 163 m² di altri provvedimenti, nel progetto di risanamento si prevedeva comunque il superamento dei Valori limite d'immissione (VLI) presso 18 edifici nel periodo diurno e 82 edifici nel periodo notturno e si prevedeva il superamento dei Valori d'allarme (VA) presso 12 edifici nel periodo diurno e 29 edifici nel periodo notturno.

Ad Osogna, invece, nonostante la posa di circa 5826.0 m² di pannelli antirumore e di 58.6 m² di altri provvedimenti, nel progetto di risanamento si prevedeva comunque il superamento dei Valori limite d'immissione (VLI) presso 16 edifici nel periodo diurno e 92 edifici nel periodo notturno e si prevedeva il superamento dei Valori d'allarme (VA) presso 6 edifici nel periodo diurno e 14 edifici nel periodo notturno. In entrambi i casi il periodo notturno era quello in cui si registrava il maggior numero di superamenti.

Sulla base di queste premesse, lo studio Bonalumi Ferrari Partner SA è stato incaricato dal Municipio di Riviera di effettuare una serie di rilievi delle immissioni foniche e delle vibrazioni generate dal traffico ferroviario presso alcuni punti situati nei quartieri di Osogna e Cresciano. Il presente documento raccoglie analisi e risultati relativi al quartiere di Osogna.

I rilevamenti eseguiti in occasione di questo mandato non hanno lo scopo di verificare i risultati ottenuti dalle FFS in base a procedimenti di calcolo teorico ma di rappresentare l'attuale situazione fonica e delle vibrazioni sulla base di risultati ottenuti da misurazioni di lunga durata.

2. BASI LEGALI

Inizialmente sono state analizzate le differenti normative e metodi di misura a livello svizzero, tedesco ed europeo legate ai disturbi sonori e di vibrazioni generati dal traffico ferroviario per definire quali dovessero essere applicate al caso in esame.

La valutazione del rumore generato dal traffico su rotaia e trasmesso per via aerea è stata effettuata secondo l'allegato 4 dell'OIF (Ordinanza contro l'inquinamento fonico) del 15 dicembre 1986 entrata in vigore il 1° aprile 1987, stato 1 luglio 2021.

Le misurazioni delle immissioni foniche sono state eseguite seguendo le disposizioni descritte nell'aiuto all'esecuzione (Metodo per determinare le immissioni foniche esterne a finestre chiuse) redatto dall'Ufficio Federale dell'Ambiente (UFAM), stato ottobre 2020.

Per la valutazione del rumore trasmesso all'interno degli edifici dalle vibrazioni si applica la Direttiva VVRTB (Valutazione delle vibrazioni e di rumori trasmessi per via solida per impianti per il trasporto sui binari) del dicembre 1999 redatta dall'Ufficio Federale dell'Ambiente (UFAM) che si riferisce a impianti per il trasporto su binari nuovi e agli impianti esistenti soggetti ad ampliamento o modifica.

Ai sensi della Direttiva VVRTB, la valutazione delle vibrazioni a cui sono esposte le persone all'interno degli edifici è stata effettuata secondo la norma tedesca DIN 4150-2 (Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden) del 1999.

L'azione delle vibrazioni sulle costruzioni è stata valutata secondo la norma svizzera SN 640 312 (Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke) adottata nel 1992 e modificata nel 2013, che si applica alle vibrazioni provocate da scoppi di mine, impianti di cantiere e traffico veicolare e ferroviario.

Infine, sono stati confrontati i parametri rilevati con le indicazioni fornite dalle linee guida sul rumore notturno (Environmental Noise Guidelines for the European Region) pubblicate nel 2018 dall'Organizzazione Mondiale della Sanità per evitare la manifestazione di disturbi al sonno ed alla salute.

Per le informazioni inerenti la situazione pianificatoria, si è fatto riferimento al Piano Regolatore della Sezione di Osogna del Comune di Riviera e relative Norme di attuazione, approvate con risoluzione del Consiglio di Stato numero 3976 del 28 agosto 2001.

3. IMPOSTAZIONE DEI RILIEVI ESEGUITI

Il traffico veicolare sulla tratta in oggetto nello scenario attuale è stato determinato grazie a delle registrazioni video che hanno permesso di individuare la tipologia (viaggiatori o merci), la direzione di transito, la velocità e la lunghezza dei convogli. I rilievi video sono stati effettuati per circa tre settimane non consecutive durante i mesi di ottobre e novembre 2020 in modo tale da poter monitorare il transito dei treni in un periodo più ampio e meno soggetto a particolari condizioni di traffico.

Le seguenti telecamere sono state posizionate in prossimità del sedime ferroviario dell'abitato di Osogna (cfr. *Tabella 3, punti blu*):

- telecamera marca Merit Lilin modello Day&Night Bullet Camera Z2R8052EX25;
- 2 telecamere marca Brinno modello TimeLapse Camera TLC200 f1.2.

Di seguito (cfr. *Tabella 3*) sono rappresentati i punti in cui sono state effettuate le misure scelti tra quelli più vicini ai binari uniformemente distribuiti su tutto il territorio di Osogna e, dove possibile, collocati sul versante opposto rispetto alla strada cantonale al fine di evitare eventuali influenze sui livelli sonori da parte del traffico veicolare. Durante la campagna di misure erano in corso lavori stradali lungo Via Cantonale nel quartiere di Cresciano, per cui si è ritenuto preferibile scegliere dei punti di misura lontani dall'area oggetto di intervento e sul versante opposto rispetto alle opere in corso.

Gli stabili scelti per le valutazioni differiscono per epoca di costruzione e per tipologia di struttura e di pavimentazione interna, per avere un campionario più ampio della risposta strutturale del fabbricato, storico o di recente costruzione, alle vibrazioni provocate dal passaggio dei treni. La maggioranza dei recettori sono concentrati sul versante est della linea ferroviaria.

Tabella 3. Indicazione dei punti di misura in rosso e della posizione delle telecamere di monitoraggio in blu nel comune di Riviera – quartiere Osogna (scala 1:10'000).

	edificio	Zona Piano Regolatore	GS	num. piani	dist. da ferrovia	epoca di costruzione	periodo di misura da	a
	759H	residenziale estensiva	II	2	11 m	circa 2000/2005	18.11.2020 ore 09:30	19.11.2020 ore 11:15
	918A	residenziale estensiva	II	1	27 m	circa 2010/2015	26.10.2020 ore 12:00	27.10.2020 ore 14:30
	709A	residenziale estensiva	II	2 + interr.	34 m	circa 1985/1990	16.11.2020 ore 11:00	17.11.2020 ore 13:30
	796B	residenziale estensiva	II	2 + interr.	27 m	circa 1990/1995	17.11.2020 ore 13:30	18.11.2020 ore 08:40
	178A	residenziale estensiva	II	2	16.5 m	circa 1990/1995	19.11.2020 ore 11:45	20.11.2020 ore 14:00
	668A	residenziale estensiva	II	2	23 m	circa 1970	27.10.2020 ore 15:30	29.10.2020 ore 15:00
	929B	vuoto pianificatorio	-	2 + interr.	7.5 m	prima del 1930	22.10.2020 ore 15:30	23.10.2020 ore 13:30

4. MISURAZIONI FONICHE E DI VIBRAZIONI

È stata effettuata una campagna di misure foniche e di vibrazioni durante i mesi di ottobre e novembre 2020 in contemporanea con le registrazioni video per valutare il disturbo presso alcuni degli edifici più esposti nel quartiere di Osogna. Per la campagna di misure sono stati utilizzati i seguenti strumenti:

- fonometro marca Brüel & Kjaer modello 2270 serie 3010551 con due microfoni Brüel & Kjaer modello 4189 serie 3100118 e 3043972 e calibratore marca Brüel & Kjaer modello 4230 serie 1472745;
- 2 geofoni triassiali marca Syscom Instruments SA modello MR3000C serie 16060008 e 16060025.

4.1. Misurazione delle immissioni foniche

Per stimare il rumore causato dal transito ferroviario trasmesso per via aerea sono state effettuate delle misure foniche in continuo con una durata minima di 24 ore in corrispondenza delle aperture sensibili al rumore degli edifici scelti, con lo scopo di confrontare i livelli sonori misurati con i valori limite d'esposizione al rumore secondo l'allegato 4 dell'Ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF). Le misure sono state effettuate a finestre chiuse posizionando il microfono all'esterno in corrispondenza del centro della finestra ad una distanza dal vetro non superiore ai 5 mm, secondo le disposizioni dell'UFAM. Di seguito (cfr. *Tabella 4*) si riportano i valori limite di esposizione al rumore secondo OIF per le verifiche acustiche.

Tabella 4. Valori limite d'esposizione al rumore secondo l'allegato 4 dell'OIF per grado di sensibilità.

Grado di sensibilità al rumore	Valore di pianificazione (VP)		Valore di immissione (VLI)	
	periodo diurno	periodo notturno	periodo diurno	periodo notturno
	LAeq (16 ore)	LAeq (1 ora)	LAeq (16 ore)	LAeq (1 ora)
GS II	55 dB	45 dB	60 dB	50 dB
GS III	60 dB	50 dB	65 dB	55 dB

4.2. Misurazione delle vibrazioni e del rumore trasmesso per via solida

Per valutare le vibrazioni delle strutture degli edifici dovute al transito dei treni si applica la Direttiva VVRTB la quale stabilisce dei livelli massimi per:

- a) vibrazioni negli edifici in base alla Norma DIN 4150-2;
- b) rumore trasmesso per via solida (rumore all'interno degli edifici generato dalle vibrazioni delle strutture portanti degli edifici stessi al passaggio dei convogli ferroviari).

Le velocità di oscillazione rilevate sono state confrontate anche con i valori indicativi riportati nella Norma SN 640 312 che regola gli effetti delle vibrazioni sulle costruzioni dal punto di vista strutturale.

Misurazione delle vibrazioni sulle persone negli edifici ai sensi della Norma DIN 4150-2

La Norma DIN 4150-2 fornisce requisiti e valori di riferimento per evitare fastidi considerevoli alle persone negli ambienti di vita quotidiana a seguito di fenomeni vibratorii. Gli strumenti di misura sono stati posizionati all'interno dei locali di maggiore permanenza delle persone, al piano più alto di ogni edificio e con uno dei due assi orizzontali parallelo alla parete perimetrale della stanza. Sono state evitate le misure nei locali con pavimento galleggiante o il posizionamento dello strumento su tappeti, poiché avrebbero restituito dei risultati poco attendibili. Gli strumenti hanno registrato di continuo le velocità di oscillazione indotte dai transiti dei treni e i parametri KB_{Fmax} e KB_{FTi} indicati dalla Norma campionati ad intervalli di 30 secondi. Le vibrazioni sono state rilevate sugli assi orizzontali (X e Y) e sull'asse verticale (Z). È stato verificato il rispetto

della Norma DIN 4150-2 confrontando i valori KB_{FTi} più alti separatamente per i tre assi con i limiti della normativa (cfr. *Tabella 5*) tenendo in considerazione la destinazione d'uso dell'area a cui l'edificio appartiene e al periodo di riferimento durante il quale si è effettuato il rilievo.

Tabella 5. Valori di riferimento secondo la Norma DIN 4150-2.

destinazione d'uso	periodo diurno (06:00 - 22:00)			periodo notturno (22:00 - 06:00)		
	A_u	A_0	A_r	A_u	A_0	A_r
aree miste	0.20	5.0	0.10	0.15	0.3	0.07
aree prevalentemente residenziali	0.15	3.0	0.07	0.10	0.2	0.05

I valori KB_{FTi} misurati e corrispondenti all'asse maggiormente sollecitato sono stati confrontati con il valore limite descritto nella Norma come descritto di seguito:

- se $KB_{Fmax} \leq A_u$ i limiti sono rispettati e se $KB_{Fmax} \geq A_0$ i limiti sono superati;
- nel caso in cui invece $A_u \leq KB_{Fmax} \leq A_0$ i limiti sono rispettati solo se anche $KB_{FTr} \leq A_r$.

Secondo la Norma DIN 4150-2, per linee ferroviarie in superficie, se il superamento dei limiti superiori di A_0 in corrispondenza dei periodi notturni si verifica raramente, non è da considerarsi fuori norma. Tuttavia, se il valore registrato supera un A_0 pari a $KB_{Fmax} = 0.6$, i requisiti della norma non sono considerati soddisfatti.

Misurazione del rumore trasmesso per via solida ai sensi della Direttiva VVRTB

Il rumore del transito ferroviario trasmesso per via solida all'interno degli edifici è rilevato con misurazioni foniche di 24 ore è stato confrontato con i valori L_{Aeq} indicativi prescritti dalla Direttiva VVRTB per "aree miste" e "aree residenziali" (cfr. *Tabella 6*) prendendo in considerazione il livello sonoro medio durante il periodo diurno e quello registrato nell'ora più transitata del periodo notturno (22:00 - 06:00) calcolato come media ponderata dei livelli sonori di tutti i passaggi dei convogli registrati nel tempo di esposizione al rumore.

Tabella 6. Valori indicativi del rumore trasmesso via solida all'interno dei locali secondo Direttiva VVRTB.

destinazione d'uso	Valore di pianificazione indicativi		Valore di immissione indicativi	
	periodo diurno	periodo notturno	periodo diurno	periodo notturno
aree miste	40 dB	30 dB	45 dB	35 dB
aree prevalentemente residenziali	35 dB	25 dB	40 dB	30 dB

Misurazione delle vibrazioni sulle costruzioni dal punto di vista strutturale ai sensi della Norma SN 640 312

La Norma SN 640 312 fornisce valori indicativi per evitare danneggiamenti strutturali sulle costruzioni a seguito di fenomeni vibratorii. La norma classifica le vibrazioni prodotte dal traffico come fenomeni di frequenza permanente, ossia il cui numero di sollecitazioni a cui è soggetta la costruzione è significativamente superiore ai 100'000 eventi. Gli strumenti di misura, posizionati sugli elementi rigidi della struttura portante nei punti in cui si prevedeva si potessero rilevare i valori più elevati, hanno registrato di continuo le velocità di oscillazione indotte dai transiti dei treni ed è stato verificato il rispetto della Norma SN 640 312 confrontando i valori rilevati con i limiti della normativa (cfr. *Tabella 7*) per vibrazioni permanenti tenendo in considerazione la classificazione degli edifici in:

- normalmente sensibili alle vibrazioni: edifici amministrativi, scuole, ospedali, chiese con strutture in muratura con intonaco di malta ed edifici residenziali con strutture in cemento armato o in muratura;
- particolarmente sensibili alle vibrazioni: edifici normalmente sensibili nuovi o rinnovati recentemente.

Tabella 7. Valori indicativi delle velocità di vibrazione secondo la Norma SN 640 312.

tipologia di edificio	rango frequenze < 30 Hz	rango frequenze 30 - 60 Hz	rango frequenze > 60 Hz
edifici normalmente sensibili alle vibrazioni	3.0 mm/s	4.0 mm/s	6.0 mm/s
edifici particolarmente sensibili alle vibrazioni	tra 3.0 e 1.5 mm/s	tra 4.0 e 2.0 mm/s	tra 6.0 e 3.0 mm/s

La Norma SN 640 312 è stata pubblicata nel 2013 sostituendo la Norma SN 640 312a dell'anno 1992 che già faceva distinzione tra gli edifici nuovi ed esistenti e, per questo motivo, nell'ambito di questo studio sono stati considerati come edifici particolarmente sensibili alle vibrazioni tutti quelli realizzati a partire dall'anno 1992.

5. VALUTAZIONE DEL TRAFFICO FERROVIARIO

5.1. Analisi dei dati di traffico FFS

Prima di rilevare il numero effettivo dei treni attualmente in transito nel territorio di Riviera, si è proceduto all'analisi dei dati consuntivi relativi agli anni precedenti reperibili sul portale internet delle FFS⁽¹⁾ che riportano il numero di treni passeggeri e merci in transito sulla rete ferroviaria nei periodi diurno e notturno in entrambe le direzioni. Le informazioni di traffico per l'anno 2019 fornite in forma tabellare sono state rielaborate per rappresentare graficamente (cfr. *Tabella 8*) i volumi di traffico della tratta Osogna - Cresciano oggetto di questo studio e di tutte le altre tratte ferroviarie ticinesi gestite da FFS.

Tabella 8. Volumi di traffico passeggeri (grigio) e traffico merci (rosso) per l'anno 2019 sui tratti della rete ferroviaria FFS ticinese e calcolo del transito medio per kilometro della rete ticinese.

		tratta ferroviaria	totale treni	treni viaggiatori	treni merci
	Airolo	Confine TI - Osogna	41'488	18'572	22'916
		Airolo - Biasca	19'464	14'747	4'717
		Biasca - Osogna	43'084	33'358	9'726
		Osogna - Cresciano	88'859	55'678	33'181
		Cresciano - Bellinzona	88'859	55'678	33'181
		Bellinzona - Giubiasco	128'512	92'681	35'831
		Giubiasco - Lugano	70'253	53'110	17'143
		Lugano - Mendrisio	71'557	54'199	17'358
		Mendrisio - Chiasso	73'895	62'761	11'134
		Mendrisio - Stabio	0	0	0
		Giubiasco - Cadenazzo	51'656	35'729	15'927
		Cadenazzo - Confine TI	23'956	13'231	10'725
		Cadenazzo - Locarno	15'841	15'841	0
		transito medio al km Ticino	47'158	32'513	14'645

Sulla base dei dati di traffico consuntivi per l'anno 2019 si nota come il tratto ferroviario Osogna - Cresciano, con circa 89'000 transiti annuali di cui 33'000 merci è uno di quelli più transitati in tutto il Ticino e secondo solo al tratto Giubiasco - Bellinzona e con valori più elevati di altri tratti ferroviari.

L'elevato numero di transiti è dovuto al fatto che il tratto ferroviario in oggetto si colloca lungo la direttrice di collegamento nord - sud in una porzione di territorio compreso tra Giubiasco ed Osogna dove tutto il traffico si concentra su un'unica linea mentre a sud lo stesso si riparte su tre collegamenti (linee verso Locarno, Luino e Chiasso) ed a nord su due collegamenti (linea verso Airolo e galleria del Gottardo).

Il livello sonoro generato dall'attività di una linea ferroviaria non è solamente determinato dal numero di convogli ma anche dalla loro velocità di transito, dalle caratteristiche tecniche della linea e del materiale rotabile. Per questo motivo, per eseguire un confronto tra i livelli di emissione sonora dei diversi tratti ferroviari, è importante verificare anche la velocità dei convogli ferroviari.

Di seguito (cfr. *Tabella 9*), per le due tratte più transitate, si riassumono le velocità delle principali categorie di treni con maggiore peso nel calcolo del rumore generato dalla linea ferroviaria, ottenute come media delle velocità registrate in entrambe le direzioni, reperibili dal documento Emissionsplan (EPLAN) elaborato dalle Ferrovie Federali Svizzere FFS relativo all'anno 2015. Dal confronto emerge che sulla tratta Osogna -

⁽¹⁾ <https://reporting.sbb.ch/it/traffico?years=0,1,4,5,6,7&scroll=0>

Rilievi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

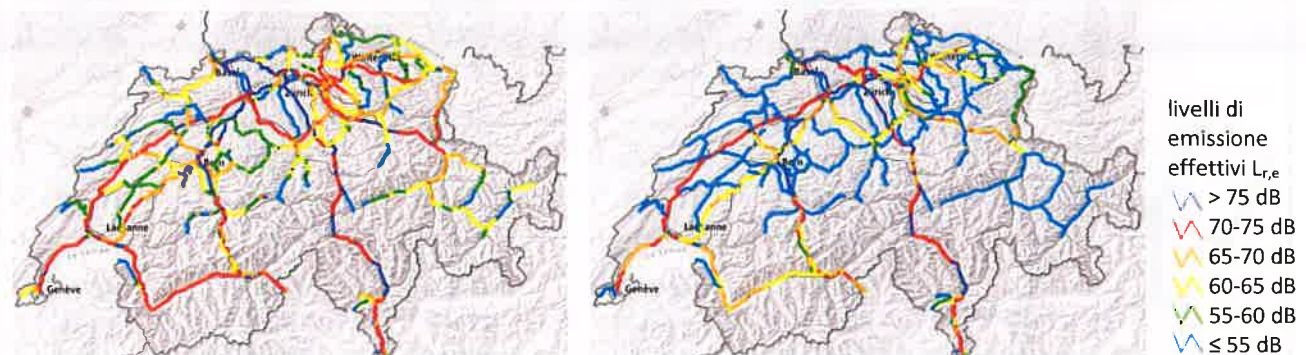
Cresciano circolano convogli viaggiatori e merci a delle velocità più sostenute rispetto alla tratta Bellinzona - Giubiasco comportando un maggior livello di emissione sonora.

Tabella 9. Velocità di transito dei treni indicate nell'EPLAN 2015 lungo la tratta di interesse.

categoria di treno		Bellinzona - Giubiasco	Osogna - Cresciano	differenza
viaggiat.	Eurocity / Intercity (EC/IC)	89 km/h	113 km/h	+24 km/h
	Regionalzüge (R)	89 km/h	113 km/h	+24 km/h
	Neigezugskompositionen (NEIKO)	110 km/h	143 km/h	+32 km/h
merci	Unbegleiteter Kombiverkehr (UKV)	75 km/h	93 km/h	+18 km/h
	Transitgüterzug (TGZ)	75 km/h	93 km/h	+18 km/h
	Lokzug /Überführung (D)	75 km/h	93 km/h	+18 km/h

Guardando più in generale ai valori delle emissioni sonore effettive nei periodi diurno e notturno delle linee ferroviarie svizzere (cfr. Figura 1), si nota come la linea ferroviaria compresa tra Giubiasco e Biasca in cui si inserisce il tratto oggetto di questo studio sia tra quelli con i valori più elevati in tutta la Confederazione. In particolare nel periodo notturno, dove le principali linee destinate al trasporto viaggiatori vedono ridursi notevolmente i livelli di emissione sonora, si nota che le principali linee del traffico merci come la Chiasso - Basilea, la Zurigo - Ginevra e l'asse del Sempione rimangono su livelli elevati.

Figura 1. Rappresentazione delle emissioni effettive nei periodi diurno (sinistra) e notturno (destra) in Svizzera.



In base ai dati consuntivi dell'anno 2019 si stima che quotidianamente sulla tratta ferroviaria in oggetto circolano circa 150 treni viaggiatori e 90 treni merci. Non è possibile determinare quanti treni transiteranno in futuro lungo la linea poiché dipende da quanto gli operatori sfrutteranno le possibilità dell'infrastruttura.

Per ciò che concerne il traffico viaggiatori, si prevede che in futuro venga prolungata la linea S10 Bellinzona-Malpensa sino a Biasca comportando un incremento di 36 treni al giorno mentre l'andamento futuro del traffico merci dipenderà invece dalla richiesta di movimentazione di merci da parte dei vari operatori. Il transito medio attuale di 90 treni merci al giorno rappresenta circa la metà della capacità di traccia della galleria di base del San Gottardo attualmente fissata a 170 treni merci al giorno. Tale capacità di traccia potrà essere incrementata in futuro sino al massimo di 260 treni merci al giorno ed è quindi plausibile che in futuro il traffico merci sulla tratta in oggetto possa aumentare ulteriormente specialmente nel periodo notturno.

Il periodo notturno rappresenta quello in cui FFS prevedeva i maggiori superamenti dei limiti imposti dall'Ordinanza contro l'inquinamento fonico. Le valutazioni eseguite nei primi anni 2000 dalle FFS per il risanamento fonico della tratta ferroviaria e contenute nel documento Emissionsplan 2015 (Stand 2010) consideravano, per il periodo notturno, un transito pari a 64.9 treni al giorno (8.0 viaggiatori e 56.9 merci). Le emissioni effettive per l'anno 2015 indicano un valore giornaliero pari a circa 49 treni nel periodo notturno, un valore simile a quello rilevato durante le misurazioni nell'anno 2020 pari a 48.2 treni al giorno (16.0 viaggiatori e 32.2 merci). Questo significa che le valutazioni realizzate dalle FFS nei primi anni 2000 erano cautelative rispetto al traffico di allora e prevedono ancora un leggero margine per un ulteriore aumento del numero di transiti ferroviari ma che potrebbe essere superato in futuro nel caso in cui si sfruttasse in maggior misura l'infrastruttura.

5.2. Analisi dei dati di traffico rilevati

È stato effettuato un monitoraggio dei treni in transito sulla tratta Osogna - Cresciano con il fine di avere dei dati atualizzati del numero, velocità e lunghezza dei convogli. Sono state effettuate delle registrazioni video in continuo nel periodo compreso tra domenica 4 ottobre e giovedì 8 ottobre 2020 e tra giovedì 22 ottobre e giovedì 29 ottobre 2020.

Di seguito (cfr. *Tabella 10*) si riporta il numero di convogli in transito indicando come traffico viaggiatori i treni intercity (EC, IC) ed i treni regionali (TILO, S10, S20, RE) e, come traffico merci, i carri merce ed i carri isolati (locomotive, veicoli di salvataggio e spegnimento).

Tabella 10. Treni in transito sulla tratta Osogna - Cresciano rilevati nel periodo di monitoraggio.

data del rilievo	intervallo orario	numero di transiti al giorno				numero di transiti all'ora								
		traffico viaggiatori		traffico merci		traffico viaggiatori				traffico merci				
		intercity	regionali	c. merce	c. isolati	intercity	regionali	c. merce	c. isolati	G	N	G	N	
Do	04.10.2020	11:40-23:59	54	48	5	2	3.3	0.3	2.6	0.8	0.3	0.1	0.1	0.0
Lu	05.10.2020	00:00-23:59	80	52	51	16	4.5	0.9	2.9	0.8	2.4	1.8	1.0	0.0
Ma	06.10.2020	00:00-23:59	82	54	110	13	4.4	1.4	3.0	0.8	4.3	5.1	0.8	0.1
Me	07.10.2020	00:00-23:59	95	52	110	17	5.4	1.1	2.9	0.8	3.4	6.9	0.8	0.5
Gi	08.10.2020	00:00-08:45	18	12	47	3	0.8	0.6	0.6	0.4	0.5	4.9	0.1	0.1
Gi	22.10.2020	15:15-23:59	39	21	38	3	2.1	0.6	1.1	0.5	1.8	1.1	0.1	0.1
Ve	23.10.2020	00:00-23:59	92	48	118	7	5.0	1.5	2.7	0.6	3.9	6.9	0.4	0.1
Sa	24.10.2020	00:00-23:59	58	73	95	9	3.3	0.8	3.9	1.3	3.5	4.6	0.6	0.0
Do	25.10.2020	00:00-23:59	72	65	22	8	4.1	1.0	3.4	1.5	1.0	0.6	0.3	0.4
Lu	26.10.2020	00:00-23:59	86	44	40	16	4.8	1.3	2.4	0.6	1.9	1.1	0.9	0.1
Ma	27.10.2020	00:00-23:59	90	48	108	14	4.9	1.5	2.7	0.5	3.8	6.0	0.8	0.1
Me	28.10.2020	00:00-23:59	82	52	120	12	4.4	1.4	2.9	0.6	4.1	6.8	0.8	0.0
Gi	29.10.2020	00:00-16:45	52	34	73	9	2.9	0.6	1.9	0.5	2.3	4.5	0.6	0.0
			media del numero di transiti al giorno				media del numero di transiti all'ora							
giorno feriale	00:00-23:59		79.7	46.3	89.0	12.5	4.4	1.2	2.6	0.6	3.2	4.8	0.7	0.1
Sabato	00:00-23:59		59.2	72.8	92.8	9.6	3.3	0.8	3.9	1.3	3.5	4.6	0.6	0.0
Domenica	00:00-23:59		68.0	60.8	16.1	6.2	3.8	0.9	3.1	1.4	0.8	0.5	0.2	0.3

I dati rilevati e proiettati su un intero anno danno come risultato un totale di 46'461 di treni per traffico viaggiatori (-16.6% rispetto al 2019) e di 32'964 di treni per il traffico merci (-0.7% rispetto al 2019).

In allegato (cfr. *Allegato 3*) sono rappresentati i dati di transito tra gli anni 2003 e 2020 registrati dalla postazione fissa di conteggio di Steinen (SZ) situata sulla stessa linea del Gottardo come la tratta in oggetto. I grafici evidenziano che, mentre il numero dei treni merci in transito è rimasto pressoché invariato negli anni, il numero dei treni viaggiatori di passaggio durante il periodo diurno ha subito un forte incremento a partire dall'anno 2009. Nei grafici successivi si mostra in dettaglio il numero dei transiti registrati dalla postazione fissa durante gli anni 2019 e 2020, in particolare i passaggi giornalieri e settimanali medi registrati durante i due anni e i transiti mensili e trimestrali di treni viaggiatori e merci nei periodi diurno e notturno. In base ai tali dati tra la 40esima e la 45esima settimana del 2020, periodo della campagna di misure ad Osogna, non si evidenziano anomalie o eventi straordinari rispetto ai conteggi annuali registrati, per cui è possibile definire i transiti medi annuali sulla base dei conteggi effettuati.

In allegato (cfr. *Allegato 2*) si riassume graficamente il numero di transiti nello scenario attuale, suddivisi per periodo diurno (06:00 - 22:00) e notturno (22:00 - 06:00), per direzione di marcia e per categoria.

5.3. Calcolo della velocità di transito e delle lunghezze dei convogli

Sono state analizzate le registrazioni video per determinare la categoria dei treni in transito, il loro numero di carrozze (nel caso dei treni regionali) e il tempo di passaggio. Le due telecamere mobili utilizzate per il calcolo della velocità sono state posizionate in due punti distanti tra loro circa 1350 metri la prima settimana e 485 metri durante la seconda settimana di rilievo.

Le velocità sono state valutate in corrispondenza delle giornate di domenica 4 ottobre, tra giovedì 22 e venerdì 23 ottobre e infine tra giovedì 26 e venerdì 27 ottobre. Dai valori ottenuti è stata calcolata la velocità media di transito per categoria di treno e direzione di marcia (cfr. *Allegato 1*).

Per quanto riguarda le lunghezze dei treni, i regionali, le locomotive e i vagoni di spegnimento e salvataggio hanno delle lunghezze conosciute in base al numero di carrozze che compongono i convogli. La lunghezza dei treni merci e degli intercity, invece, è stata ricavata su un campione di 156 treni merci e 137 intercity transitati tra il 26 e il 27 ottobre 2020 a partire dalla velocità e dalla durata del passaggio.

Di seguito (cfr. *Tabella 11*) si riportano i valori delle velocità medie rilevate e le lunghezze medie dei treni divisi per traffico viaggiatori e traffico merci senza distinzione di periodo diurno e notturno.

Tabella 11. Lunghezza e velocità medie dei treni in transito sulla tratta Osogna - Cresciano.

	traffico viaggiatori		traffico merci	
	intercity	regionali	treni merci	carri isolati
lunghezza media	190 m	95 m	447 m	21 m
velocità media	116 km/h	114 km/h	92 km/h	95 km/h

6. CALCOLO DELLE EMISSIONI FONICHE

Il calcolo del livello di emissione sonora generata dalla linea ferroviaria è stato effettuato utilizzando il metodo di calcolo dell'esposizione al rumore ferroviario Semibel (sonRAIL). I dati ricavati dal monitoraggio treni durante la campagna di misure hanno permesso di definire ogni categoria di convoglio come una sorgente sonora, a cui è stato associato un livello di emissione sonora L_{eq} .

Si riportano (cfr. *Tabella 12*) i dati utilizzati per la valutazione del livello di emissione $L_{r,e}$ per il periodo diurno e notturno dei due binari che attraversano il quartiere di Osogna nel comune di Riviera (per convenzione il binario 100 corrisponde a quello in direzione sud e il binario 200 a quello in direzione nord).

Per la categoria merci e per quella viaggiatori sono stati inseriti il numero di convogli in transito, le velocità, e le lunghezze rilevate. I livelli sonori risultanti sono: $L_{r,e \text{ giorno}} = 74.2 \text{ dB}$ e $L_{r,e \text{ notte}} = 72.9 \text{ dB}$.

Il livello di emissione è influenzato per lo più dai treni merci sia nel periodo di riferimento diurno, pari a circa il 73% del $L_{eq,g}$, sia in quello notturno, circa il 94% del $L_{eq,n}$.

I valori dei livelli di emissione sonora L_r calcolati per lo scenario attuale risultano essere più bassi delle emissioni sonore effettive monitorate dall'UFT per l'anno 2015 sulla tratta di interesse che sono pari a $L_{r,e \text{ giorno}} = 78.3 \text{ dB}$ e $L_{r,e \text{ notte}} = 76.0 \text{ dB}$, il cui confronto evidenzia una differenza dei livelli di emissione pari a -4.1 dB di giorno e -3.1 dB di notte.

Tabella 12. Calcolo dei livelli di emissione $L_{r,e}$ nello scenario attuale per la tratta chilometrica 135'045 - 137'769 nel periodo diurno (sopra) e notturno (sotto).

tipo	treni/periodo			treni/ora			vel. V	lunghezza per tipologia di treno							livello sonoro L_{eq}			
	bin 100	bin 200	tot bin	bin 100	bin 200	tot bin		P-DM	P-D	G-KE	G-DM	L-S	L-SM	tot	bin 100	bin 200	tot bin	
EC/IC	36.8	36.5	73.3	2.3	2.3	4.6	116	190.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	190.0	69.6	69.6	72.6	
Tilo	24.1	23.4	47.5	1.5	1.5	3.0	114	95.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	95.0	62.9	62.8	65.9	
merci	26.3	25.8	52.1	0.7	0.6	1.3	92	0.0	0.0	410.0	0.0	37.0	0.0	447.0	72.3	72.2	75.2	
				1.0	1.0	2.0	92	0.0	0.0	0.0	410.0	0.0	37.0	447.0	71.2	71.1	74.2	
altro	3.9	6.8	10.7	0.1	0.3	0.4	95	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	0.0	21.0	57.4	59.8	61.8	
				0.1	0.2	0.3	95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	21.0	49.7	52.1	54.0	
viagg.	60.9	59.9	120.8												$L_{eq,g}$	76.2	76.2	79.2
merci	30.2	32.6	62.8												K_g	-5.0	-5.0	-5.0
totale	91.1	92.5	183.6												$L_{r,e,g}$	71.2	71.2	74.2
EC/IC	4.6	4.6	9.2	0.6	0.6	1.2	116	190.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	190.0	63.9	63.9	66.9	
Tilo	3.1	3.7	6.8	0.4	0.5	0.9	114	95.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	95.0	57.0	57.8	60.4	
merci	18.9	18.0	36.9	0.9	0.9	1.8	92	0.0	0.0	410.0	0.0	37.0	0.0	447.0	73.8	73.6	76.7	
				1.4	1.4	2.8	92	0.0	0.0	0.0	410.0	0.0	37.0	447.0	72.8	72.6	75.7	
altro	0.5	0.7	1.2	0.0	0.1	0.1	95	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	0.0	21.0	51.5	53.0	55.3	
				0.0	0.0	0.1	95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	21.0	43.8	45.2	47.6	
viagg.	7.7	8.3	16.0												$L_{eq,n}$	76.6	76.5	79.6
merci	19.4	18.7	38.1												K_n	-6.6	-6.6	-6.6
totale	27.1	27.0	54.1												$L_{r,e,n}$	70.0	69.8	72.9

7. VALUTAZIONE DELLE IMMISSIONI FONICHE

7.1. Implementazione di un modello di calcolo

Per rappresentare in modo teorico il panorama sonoro attualmente presente nel comune di Riviera e per confrontare i valori misurati con quelli teorici stimati è stato realizzato un modello di calcolo con il software acustico dedicato CadnaA (versione 2021) della ditta Datakustik GmbH.

Il modello è stato implementato con i dati di base di topografia ed edifici ottenuti dall'Ufficio federale di topografia swisstopo e con i binari a cui sono state assegnate le emissioni diurne e notturne riportate nel catasto dei rumori dovuti a impianti ferroviari dell'Ufficio federale dei trasporti. Sono stati realizzati due scenari, uno con le emissioni stabilite nel piano delle emissioni 2015 delle FFS e l'altro con quelle effettive basate sull'effettivo numero di treni in transito. Le emissioni stabilite vengono utilizzate per definire, nell'ambito del risanamento fonico o dei progetti di ampliamento, le immissioni consentite mentre le emissioni effettive corrispondono a quelle determinate in base al traffico effettivo rilevato in un anno.

Sulla base dei piani di risanamento fonico redatti dalle FFS che considerano il piano delle emissioni FFS 2015 sono state implementate nel modello le barriere foniche e gli altri ostacoli schermanti realizzati lungo l'asse ferroviario, con le caratteristiche inserite nei piani progettuali (altezza, lunghezza, materiale) assegnando a ciascuna il coefficiente di fonoassorbimento più appropriato.

Figura 2. Viste panoramiche 3D del quartiere di Osogna del modello di calcolo CadnaA.



I ricettori sono stati inseriti a campione in modo uniforme su tutto il territorio di Osogna e Cresciano lungo la fascia che costeggia i binari; i livelli calcolati presso tutti questi punti di controllo sono stati confrontati con i livelli di immissione riportati dalle Ferrovie federali svizzere nella tabella del carico fonico del comune di Osogna ("Belastungstabelle 2000" con previsioni al 2015 dopo l'intervento) in modo da tarare il modello e ricreare il paesaggio sonoro esistente prima e dopo i provvedimenti antirumore.

Per confermare la corrispondenza del modello di calcolo realizzato rispetto a quanto valutato dalle FFS nel piano di emissione e di risanamento fonico del 2015 con il modello Semibel, non è stata considerata la presenza delle riflessioni, così come richiede tale programma dedicato all'esposizione al rumore ferroviario. La corrispondenza dei valori d'immissione tra modello Semibel e CadnaA sono risultati mediamente di ± 2 dB.

Alle sorgenti sonore lineari implementate nel modello di calcolo precedentemente realizzato e tarato sono stati attribuiti i livelli di emissione $L_{r,e}$ per il periodo diurno e notturno rispettivi per i due binari che attraversano il quartiere di Osogna.

Sono stati aggiunti, quindi, i sei recettori in corrispondenza dei punti presso cui sono stati effettuati i rilievi fonici per poter confrontare i livelli di immissione misurati con quelli teorici restituiti dal software dedicato. In allegato (cfr. *Allegato 6*) si riporta la rappresentazione grafica dei livelli di immissione L_r relativi al quartiere di Osogna, calcolati con i livelli di emissione $L_{r,e}$ attuali derivanti dall'analisi dei dati e riassunti precedentemente (cfr. *Tabella 12*). Il calcolo nello scenario attuale è stato effettuato tenendo in considerazione le riflessioni per poter avere un risultato quanto più vicino alla realtà.

7.2. Valutazione delle immissioni foniche e confronto con Ordinanza OIF

Per verificare il rispetto dei limiti dei livelli di immissione secondo l'Ordinanza contro l'inquinamento fonico OIF sono state effettuate delle misurazioni foniche dei livelli sonori all'esterno delle finestre dei locali sensibili al rumore degli edifici selezionati.

La misura è stata svolta posizionando il microfono al vetro esterno ad una distanza dal vetro non superiore ai 5 mm e sottraendo, in fase di elaborazione dati, un valore di 5 dB al livello misurato, pari alla differenza riscontrata durante indagini svolte dal Laboratorio federale di prova dei materiali e di ricerca (Empa) tra la misura eseguita a finestre aperte e quella eseguita con microfono sul vetro. La documentazione fotografica e i dati principali di ogni punto di misura utilizzato per la campagna di misure è riportata in allegato (cfr. *Allegato 4 e Allegato 5*).

La valutazione dei livelli di immissione L_r generati a seguito del transito ferroviario è stata effettuata a partire dal livello sonoro medio rilevato presso le aperture sensibili dei recettori esaminati calcolato come media ponderata tra i livelli sonori di tutti i passaggi dei convogli registrati.

Sono stati determinati i livelli medi dei singoli transiti avvenuti durante il periodo diurno e notturno, pesati rispetto alla durata del singolo evento registrato. L'analisi è stata effettuata sul 20% del numero totale dei transiti rilevati di giorno e di notte durante la campagna di monitoraggio per ciascuna categoria, numero sufficiente per avere dei risultati rappresentativi. Il valore medio dei L_{Aeq} calcolati per ciascuna categoria di convoglio è stato moltiplicato per il numero medio totale di passaggi rilevati, separatamente per i periodi diurno (06:00 - 22:00) e notturno (22:00 - 06:00).

Il calcolo del livello di immissione globale tiene conto del numero totale di transiti registrato durante i soli giorni feriali, dal momento che le misure foniche non sono state mai effettuate durante i giorni festivi. Inoltre non sono stati considerati i carri isolati il cui contributo sonoro è mediamente di circa il 2% durante il periodo diurno e nullo nel periodo notturno. Al livello di pressione sonora medio L_{Aeq} medio ottenuto dalla somma delle componenti sonore delle tre tipologie di convoglio considerate (intercity, regionali e carri merci) è stata applicata la correzione di livello K_1 (*Tabella 13*) ai sensi dell'OIF (cfr. *OIF, Allegato 4 cifra 3 cpv 33*).

Tabella 13. Correzione di livello K_1 secondo Allegato 4 OIF.

periodo di riferimento	numero medio transiti in un giorno feriale	K_1 correzione di livello dB
diurno (06:00 - 22:00)	172.9	-5.0
notturno (22:00 - 06:00)	52.9	-6.7

Si riassumono di seguito (cfr. Tabella 14) i risultati del confronto dei valori L_r misurati con i valori limite di immissione L_r indicati nell'allegato 4 dell'OIF, a seconda del loro grado di sensibilità al rumore.

Tabella 14 Livelli di immissione L_r misurati e confronto con i valori limite secondo Allegato 4 OIF.

		edificio 929B		edificio 918A		edificio 668A		edificio 796B		edificio 759H		edificio 178A	
		L_r misura	L_r calcolo	L_r misura	L_r calcolo	L_r misura	L_r calcolo	L_r misura	L_r calcolo	L_r misura	L_r calcolo	L_r misura	L_r calcolo
periodo diurno	L_r misura	57.7 dB	62.1 dB	48.9 dB	47.7 dB	48.7 dB	54.5 dB	45.6 dB	52.8 dB	55.5 dB	58.9 dB	54.4 dB	60.6 dB
	L_r calc - L_r mis	4.4 dB		-1.2 dB		5.8 dB		7.2 dB		3.4 dB		6.2 dB	
	L_r limite OIF	65.0 dB		60.0 dB		60.0 dB		60.0 dB		60.0 dB		60.0 dB	
	Δ limite OIF	-		-		-		-		-		- +0.6 dB	
	esito	rispettato		rispettato		rispettato		rispettato		rispettato		rispettato	
periodo notturno	L_r misura	56.5 dB	60.8 dB	47.4 dB	46.4 dB	46.9 dB	53.1 dB	44.1 dB	51.5 dB	54.2 dB	57.6 dB	52.6 dB	59.2 dB
	L_r calc - L_r mis	4.3 dB		-1.0 dB		6.2 dB		7.4 dB		3.4 dB		6.6 dB	
	L_r limite OIF	55.0 dB		50.0 dB		50.0 dB		50.0 dB		50.0 dB		50.0 dB	
	Δ limite OIF	+1.5 dB +5.8 dB		-		- +3.1 dB		- +1.5 dB		+4.2 dB +7.6 dB		+2.6 dB +9.2 dB	
	esito	superato		rispettato		rispettato		rispettato		superato		superato	

L'analisi dei risultati ha evidenziato un superamento dei valori limite di immissione presso tre dei sei punti di misura durante il periodo notturno (22:00 - 06:00).

Nel confronto (cfr. Tabella 14) sono stati inseriti anche i livelli di immissione al recettore L_r calcolati con il software dedicato CadnaA (versione 2021) con i valori attuali di $L_{r,e}$ dei binari (cfr. Tabella 12) e tenendo in considerazione le eventuali riflessioni per poter avere un risultato quanto più vicino alla realtà.

La valutazione ha evidenziato una diversità tra i livelli di immissione misurati e quelli derivanti dalla simulazione teorica. Dalla simulazione teorica si ottengono valori L_r più elevati di circa 4.5 dB sia nella fascia notturna che in quella diurna in prossimità di tutti i ricettori, che può essere attribuita all'approssimazione di alcuni parametri tecnici dell'emissione fonica del modello di calcolo Semibel (sonRAIL), che non possono essere definiti con esattezza, quali la tipologia di binari e la tipologia di freni dei treni in transito.

È necessario evidenziare che il progetto di pubblicazione dei ripari fonici delle FFS del 14.12.2001 e 20.12.2001, basato sul piano delle emissioni foniche 2015 delle FFS, prevede il superamento dei Valori limite d'esposizione al rumore presso tutti gli edifici considerati per i rilievi. Le misurazioni foniche recenti indicano invece che le immissioni foniche trasmesse per via aerea sono inferiori alle previsioni delle FFS e che il superamento dei valori prescritti dall'OIF si hanno solo su 3 stabili rispetto ai 6 stabili misurati.

Non solo: le differenze tra valori L_r pubblicati nell'ambito del progetto di risanamento fonico delle FFS rispetto ai valori L_r ottenuti dalle misurazioni foniche sono importanti e possono superare i 10 dB.

Nonostante i margini di approssimazione dei modelli di calcolo teorici anche se implementati accuratamente, si osserva che i valori d'immissione L_r pubblicati nel progetto di risanamento delle FFS non sembrano rispecchiare lo stato attuale del paesaggio sonoro. Questo può essere dovuto sia a una determinazione cautelativa delle emissioni foniche inserite nel piano delle emissioni 2015 delle FFS, sia a un miglioramento del materiale rotabile nel corso degli ultimi 10 - 15 anni.

Quanto sopra non ridimensiona il problema del disturbo risentito dai confinanti alla linea ferroviaria. I valori acustici misurati indicano dei superamenti dei valori limite d'esposizione, benché approvati nell'ambito della procedura di approvazione dei piani di progetto attraverso la concessione di facilitazioni.

8. VALUTAZIONE DELLE IMMISSIONI DOVUTE ALLE VIBRAZIONI

Le valutazioni delle vibrazioni sugli edifici dovute al transito dei treni sono state effettuate secondo la direttiva VVRTB; i valori di vibrazione rilevati sono stati confrontati con i valori dettati dalla Direttiva stessa, per il rumore trasmesso per "via solida", e con la norma DIN 4150-2 per le vibrazioni sulle persone all'interno degli edifici.

8.1. Valutazione delle vibrazioni e confronto con norma DIN 4150-2

Di seguito (cfr. *Tabella 15*) si riporta il calendario della campagna di misure svolta ad Osogna in corrispondenza di 7 edifici, con indicazione del piano, della tipologia di pavimento presente nella camera in cui sono state eseguite le misurazioni e della fascia oraria prevalentemente analizzata. In allegato (cfr. *Allegato 4 e Allegato 5*) si presenta la documentazione fotografica relativa ai punti di misura in elenco.

Tabella 15. Elenco dei punti di misura per valutazione vibrazioni secondo DIN 4150-2.

edificio	giorno di misura	posizione geofono	posizione fonometro	tipologia pavimento	facciata misurata	fasce orarie analizzate
929B	22.10.2020 23.10.2020	piano 1 camera	piano 1 camera	parquet	S	G 13:00-18:00 e 20:30-22:00 N 22:00-2:00 e 5:00-6:00
918A	26.10.2020 27.10.2020	piano terra salotto	piano terra studio	ceramico	E	G 13:00-15:00 e 19:00-21:00 N 22:00-2:00
668A	27.10.2020 29.10.2020	piano 1 salotto	piano 1 salotto	parquet	S-O	G 6:00-10:00 N 1:00-3:00;4:00-6:00
709A	16.11.2020 17.11.2020	piano terra cucina	-	ceramico	O	G 12:00-17:00 e 6:00-7:00 N 22:00-5:00
796B	17.11.2020 18.11.2020	piano 1 studio	piano 1 studio	parquet	S	G 14:00-17:00 N 22:00-1:00
759H	18.11.2020 19.11.2020	piano 1 camera	piano 1 camera	parquet	S	G 11:00-17:00 N 22:00-1:00
178A	19.11.2020 20.11.2020	piano 1 cameretta	piano 1 cameretta	cotto	S-O	G 13:00-15:00 e 17:00-18:00 N 22:00-2:00 e 5:00-6:00

Sono stati elaborati i dati relativi a circa il 20% degli eventi totali registrati, un campione sufficientemente rappresentativo per ciascuna tipologia (intercity, regionali e treni merci) in corrispondenza delle fasce orarie sopra indicate. L'analisi di un numero maggiore di eventi sarebbe stato influente sulle valutazioni finali.

La strumentazione utilizzata per la misura ha fornito i parametri KB_{FTI} registrati ogni 30 secondi sui tre assi di misura (X, Y e Z) durante le 24 ore di rilievo. L'analisi delle misure ha indicato nella quasi totalità dei casi l'asse verticale (Z) come quello maggiormente sollecitato mentre i due assi orizzontali (X e Y) presentano valori simili tra loro. Di seguito (cfr. *Tabella 16*) sono riassunti i risultati del confronto dei valori KB, misurati sull'asse verticale (Z), con i limiti di norma secondo DIN 4150-2 distinti per categoria di treno e periodo di riferimento. Si individuano superamenti su quattro dei sette edifici analizzati, per la maggior parte dovuti al transito dei treni merci. Presso gli edifici 929B e 759H, le cui misure sono state effettuate in entrambi i casi a piano primo dell'abitazione in presenza di un pavimento a parquet, si registrano valori oltre soglia in corrispondenza del passaggio sia di treni passeggeri che di treni merci.

Tabella 16. Analisi dei valori di vibrazione rilevati sull'asse Z e confronto con i limiti della Norma DIN 4150-2.

		edif. 929B zona III	edif. 918A zona IV	edif. 668A zona IV	edif. 709A zona IV	edif. 796B zona IV	edif. 759H zona IV	edif. 178A zona IV	
treni intercity	periodo diurno	KB _{FTmax}	1.28	0.07	0.09	0.11	0.10	0.26	0.17
			$A_u < KB_{FTmax} < A_0$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} < A_u$	$A_u < KB_{FTmax} < A_0$	$A_u < KB_{FTmax} < A_0$
		KB _{FTTr}	0.17					0.04	0.02
		$KB_{FTTr} > A_r$					$KB_{FTTr} < A_r$	$KB_{FTTr} < A_r$	
	esito	superato	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	
	per. notturno	KB _{FTmax}	1.07	0.06	0.10	0.02	0.10	0.25	0.17
		$KB_{FTmax} > A_0$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} = A_u$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} = A_u$	$KB_{FTmax} > A_0$	$A_u < KB_{FTmax} < A_0$	
KB _{FTTr}				0.01				0.01	
			$KB_{FTTr} < A_r$				$KB_{FTTr} < A_r$		
esito	superato	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	superato	rispettato		
treni regionali	periodo diurno	KB _{FTmax}	0.77	0.05	0.10	0.04	0.08	0.33	0.13
			$A_u < KB_{FTmax} < A_0$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} < A_u$	$A_u < KB_{FTmax} < A_0$	$KB_{FTmax} < A_u$
		KB _{FTTr}	0.10					0.03	
		$KB_{FTTr} = A_r$					$KB_{FTTr} < A_r$		
	esito	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	
	per. notturno	KB _{FTmax}	0.70	0.05	0.08	0.03	0.05	0.28	0.11
		$KB_{FTmax} > A_0$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} > A_0$	$A_u < KB_{FTmax} < A_0$	
KB _{FTTr}								0.01	
							$KB_{FTTr} < A_r$		
esito	superato	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	superato	rispettato		
traffico merci	periodo diurno	KB _{FTmax}	1.17	0.09	0.25	0.07	0.23	1.03	0.56
			$A_u < KB_{FTmax} < A_0$	$KB_{FTmax} < A_u$	$A_u < KB_{FTmax} < A_0$	$KB_{FTmax} < A_u$	$A_u < KB_{FTmax} < A_0$	$A_u < KB_{FTmax} < A_0$	$A_u < KB_{FTmax} < A_0$
		KB _{FTTr}	0.12		0.03		0.03	0.08	0.07
		$KB_{FTTr} > A_r$		$KB_{FTTr} < A_r$		$KB_{FTTr} < A_r$	$KB_{FTTr} > A_r$	$KB_{FTTr} = A_r$	
	esito	superato	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	superato	rispettato	
	per. notturno	KB _{FTmax}	1.50	0.11	0.19	0.05	0.27	0.64	0.75
		$KB_{FTmax} > A_0$	$A_u < KB_{FTmax} < A_0$	$A_u < KB_{FTmax} < A_0$	$KB_{FTmax} < A_u$	$KB_{FTmax} > A_0$	$KB_{FTmax} > A_0$	$KB_{FTmax} > A_0$	
KB _{FTTr}			0.02	0.03					
		$KB_{FTTr} < A_r$	$KB_{FTTr} < A_r$						
esito	superato	rispettato	rispettato	rispettato	superato	superato	superato		

I limiti imposti dalla Norma DIN 4150-2 sono chiaramente superati presso gli edifici 929B e 759H, sono superati dai soli treni merci nel periodo notturno presso gli edifici 796B e 178A e sono rispettati presso gli altri tre edifici valutati. La Norma, pur specificando che per valori $KB_{FTmax} > A_0$ i requisiti non sono soddisfatti e che si deve intervenire rapidamente per correggere la causa di tali superamenti precisa anche che, in presenza di linee ferroviarie in superficie, è permesso superare il limite superiore del parametro A_0 se ciò si verifica raramente e se non si supera in nessun caso il valore di $KB_{FTmax} = 0.6$. Tuttavia, la disposizione non specifica il concetto di "riscontro frequente" per cui non è possibile stabilire in modo univoco se la percentuale di superamento del caso è da considerarsi rara o frequente. Si riporta di seguito (cfr. Tabella 17) la percentuale dei superamenti notturni distinta per tipologia di treno in transito in modo da chiarire in che misura i valori non risultano rispettati.

Tabella 17. Percentuale di superamento dei valori KB limite (notturno) presso i punti di misura più esposti.

	edificio 929B			edificio 796B			edificio 759H			edificio 178A		
	eventi	super.	% super.	eventi	super.	% super.	eventi	super.	% super.	eventi	super.	% super.
intercity	10	10	100%	7	0	0%	8	4	50%	8	0	0%
regionali	6	6	100%	5	0	0%	6	2	33%	5	0	0%
tr. merci	22	22	100%	12	4	33%	12	11	92%	12	12	100%

Correlazione vibrazioni sull'asse verticale (Z) ed il senso di marcia dei treni

Si è approfondita l'eventuale relazione tra il senso di marcia del treno e le vibrazioni rilevate nell'edificio sull'asse verticale (Z) maggiormente sollecitato presso i due edifici con maggiori superamenti. Di seguito (cfr. *Figura 3* e *Figura 4*) si rappresenta la distribuzione dei parametri KB suddivisi per tipologie di treno e senso di marcia.

Figura 3. Edificio 929B, valori KB_{FTi} per senso di marcia dei treni merci (sinistra), intercity (centro), regionali (destra). Direzione Nord (Bellinzona - Biasca) e direzione Sud (Biasca - Bellinzona).

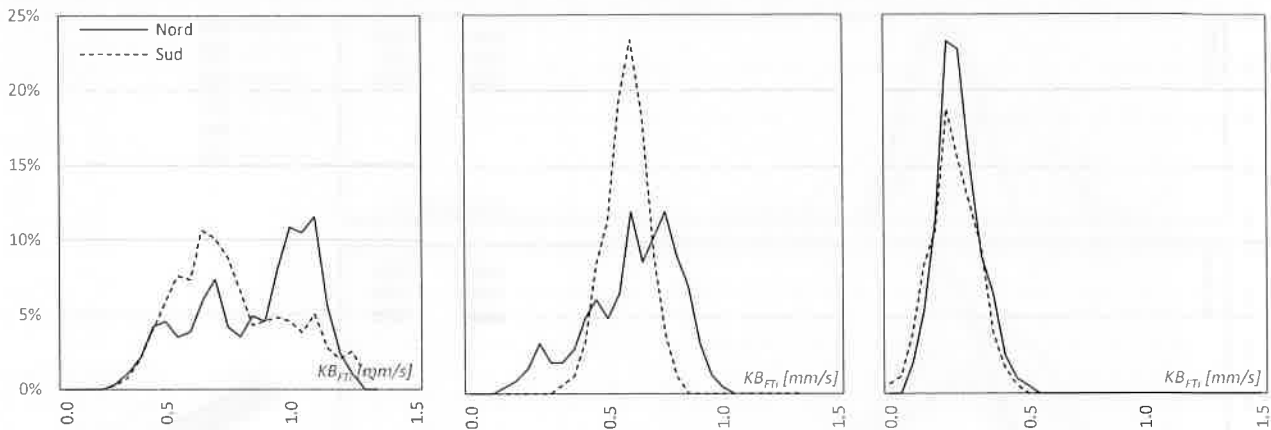
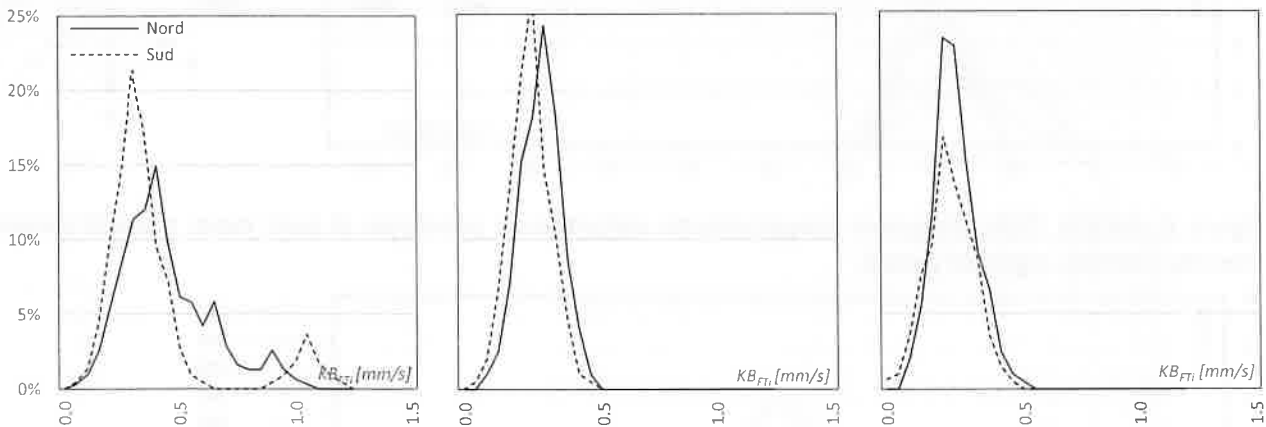


Figura 4. Edificio 759H, valori KB_{FTi} per senso di marcia dei treni merci (sinistra), intercity (centro), regionali (destra). Direzione Nord (Bellinzona - Biasca) e direzione Sud (Biasca - Bellinzona).



In entrambi gli edifici si sono registrati dei valori KB più elevati al passaggio dei treni in direzione nord - sud sia in presenza di treni merci che Intercity nonostante gli edifici siano ubicati sul lato est dei binari e quindi più vicini al binario sud – nord.

In direzione sud si registrano KB inferiori, con valori massimi di 0.6 mm/s nell'edificio 929B e 0.3 mm/s nell'abitazione 759H, per entrambe le categorie di convoglio sopracitate. Presso il primo edificio il divario dei KB associati ai due sensi di marcia, sia in presenza di treni EC che merci, è molto più ampio rispetto a quello registrato nell'edificio 759H, dove i KB dir. sud sono più alti dei KB dir. nord di 0.1 mm/s.

I treni regionali locali, invece, non evidenziano grandi differenze tra i KB registrati al passaggio di treni in direzione nord piuttosto che sud, che si orientano su valori di 0.15 – 0.20 mm/s e le curve dei valori KB registrati presso l'edificio 759H risultano essere molto simili a quelle dell'edificio 929B.

Indagini correlazione vibrazioni – frequenze dominanti

In corrispondenza degli edifici 929B e 759H soggetti a superamenti dei limiti di norma, sono state analizzate le frequenze dominanti dell'eccitazione; i risultati dell'approfondimento sono riassunti di seguito (cfr. *Figura 5* e *Figura 6*), dove si riporta il numero totale dei treni che hanno registrato una stessa frequenza, distinti sia per tipologia di convoglio che per direzione di marcia.

Figura 5. Edificio 929B, frequenze maggiormente sollecitate al transito di carri merci e isolati (sopra), intercity (centro), regionali (sotto).

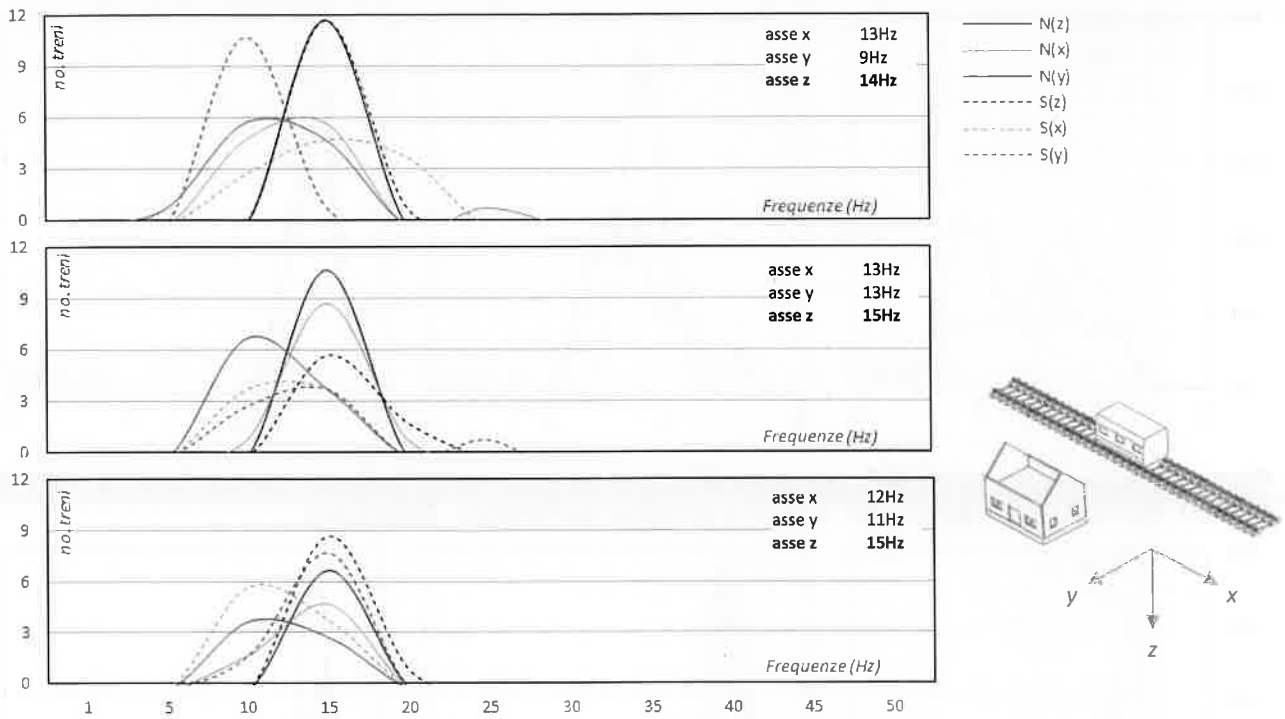
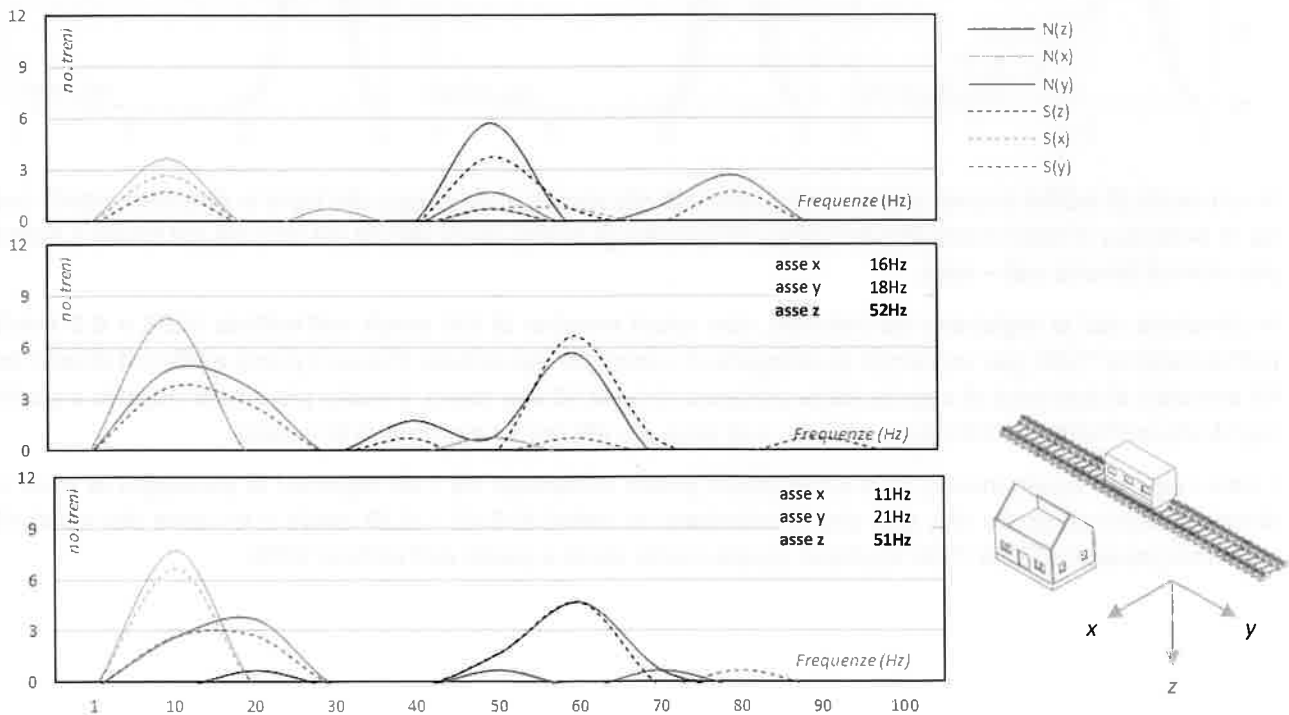


Figura 6. Edificio 759H, frequenze maggiormente sollecitate al passaggio di carri merci e isolati (sopra), intercity (centro), regionali (sotto).



Rilievi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

Le frequenze maggiormente sollecitate presso l'edificio 929B si attestano tra i 10 e i 15 Hz indipendentemente dalla direzione di propagazione, dalla tipologia di convoglio e dalla direzione di transito, con una velocità media di picco pari a 2 mm/s in corrispondenza del transito dei treni merci. In corrispondenza del punto di misura dell'edificio 759H si riscontra, invece, un valore medio di 50 Hz sull'asse verticale (asse Z), un valore di 15 Hz sull'asse X e circa 28 Hz sull'asse Y, sia in presenza di treni viaggiatori che di treni merci.

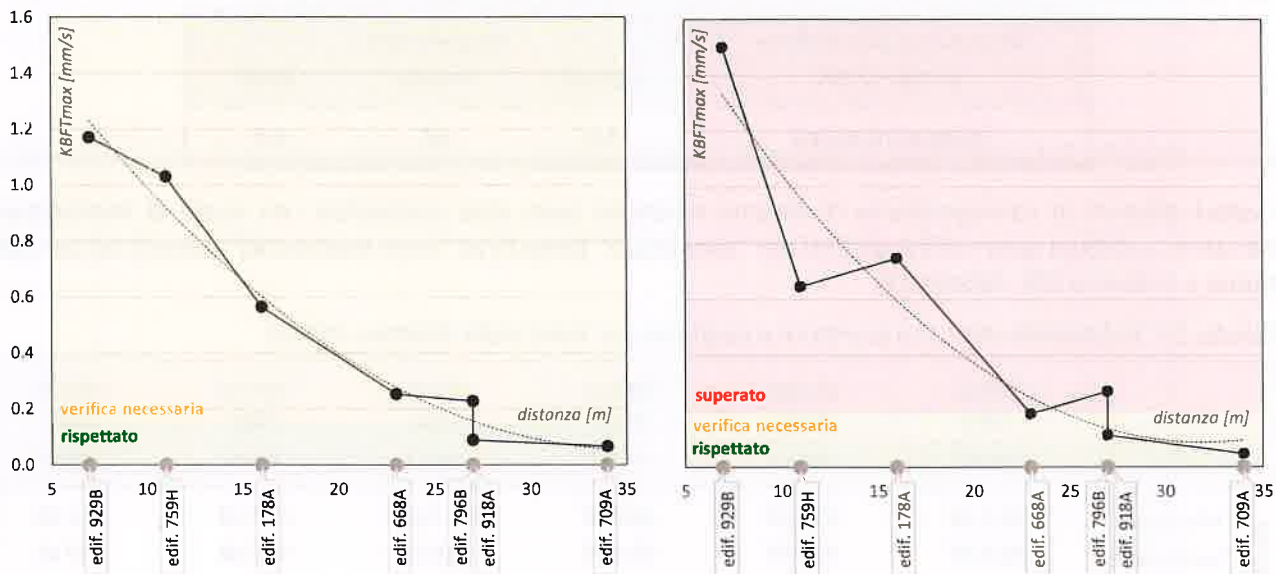
Si osserva infine che le frequenze di propagazione delle vibrazioni risultano indipendenti dalla direzione di percorrenza dei treni.

Indagini correlazione vibrazioni – distanza asse ferroviario

È stata effettuata un'ulteriore analisi valutando l'entità del KB_{FTmax} misurato in direzione verticale rispetto alla distanza dagli assi ferroviari.

Di seguito (cfr. Figura 7) si riportano i valori di resistenza alle vibrazioni KB che, come ci si aspetterebbe, si riducono al crescere della distanza dall'asse ferroviario. Si nota che esiste una relazione tra l'entità del valore KB_{FTmax} sull'asse verticale (Z) rispetto alla distanza dall'asse ferroviario e periodo di valutazione.

Figura 7. Valori KB rispetto alla distanza dall'asse ferroviario nei periodi diurno (sinistra) e notturno (destra).



Sulla base della tendenza delineata dalle misurazioni per il periodo notturno si può indicare che presso gli edifici situati a meno di 25 metri di distanza dalla linea ferroviaria, tendenzialmente si registreranno superamenti dei livelli normativi, mentre oltre i 30 / 35 metri questi saranno rispettati. Inoltre, il valore massimo pari a $KB_{FTmax} = 0.6$ che non può essere superato si colloca a circa 15 metri dalla linea ferroviaria.

In allegato (cfr. Allegato 4) si riporta la planimetria dell'ambito di analisi segnalando con delle linee tratteggiate l'area attorno alla linea ferroviaria entro le quali ci si aspetta che i livelli di vibrazioni della Norma DIN 4150-2 siano superati.

Le differenze che si riscontrano tra gli edifici 796B e 918A che sono situati alla stessa distanza dall'asse ferroviario sono dovuti al fatto che si collocano su versanti opposti rispetto all'infrastruttura. La differenza che sussiste tra i KB_{FTmax} (Z) dei due edifici non dipende quindi dalla prossimità ai binari ma può essere attribuita alla presenza della strada cantonale tra la ferrovia e l'edificio 918A.

8.2. Valutazione del rumore trasmesso per via solida e confronto con direttiva VVRTB

La valutazione del rumore all'interno dei locali a lungo utilizzati dalle persone trasmesso per "via solida" è stata effettuata secondo il metodo previsto dalla "Direttiva per la valutazione di rumori trasmessi per via solida da impianti per il trasporto sui binari" (VVRTB), che prende in considerazione il livello sonoro medio generato durante il periodo di riferimento diurno (06.00 – 22.00) e quello registrato nell'ora più transitata del periodo notturno (22.00 – 06.00).

Il livello sonoro medio è calcolato come media ponderata dei livelli sonori di tutti i passaggi dei convogli registrati nel tempo di esposizione al rumore e del livello sonoro nullo attribuito durante il tempo restante in cui la linea ferroviaria non ha generato rumore.

Il monitoraggio dei treni effettuato durante le tre settimane di riprese video ha rivelato che, in media, tra le 22:00 e le 23:00 si registra il maggior numero di transiti ferroviari notturni.

Di seguito (cfr. *Tabella 18*) si riporta il numero medio di transiti avvenuti entro tale fascia oraria per ciascuna categoria di convoglio.

Tabella 18. Numero medio dei treni in transito durante l'ora notturna più transitata.

ora notturna più transitata (22:00 - 23:00)	categoria treno		
	regionali	intercity	merci
media oraria transiti	1.4	3.6	6.0

I valori ottenuti in corrispondenza di ciascun recettore sono stati confrontati con quelli di immissione indicativi L_{eq} dettati dalla VVRTB, distinti per "zone miste" (zona II) ed "zone residenziali" (zona I) nei periodi diurno e notturno (cfr. *Tabella 19*).

Tabella 19. Valutazione dei L_{eq} al recettore a confronto coi limiti della Direttiva VVRTB.

		edificio 929B zona II	edificio 918A zona I	edificio 668A zona I	edificio 796B zona I	edificio 759H zona I	edificio 178A zona I
diurno	L_{Aeq} misurato	38.1 dB	25.9 dB	26.0 dB	21.4 dB	37.1 dB	27.1 dB
	L_{eq} limite VVRTB	45.0 dB	40.0 dB	40.0 dB	40.0 dB	40.0 dB	40.0 dB
	Δ	-	-	-	-	-	-
notturno	L_{Aeq} misurato	38.4 dB	27.1 dB	27.6 dB	22.9 dB	38.8 dB	28.4 dB
	L_{eq} limite VVRTB	35.0 dB	30.0 dB	30.0 dB	30.0 dB	30.0 dB	30.0 dB
	Δ	3.4 dB	-	-	-	8.8 dB	-
		superato	rispettato	rispettato	rispettato	superato	rispettato

I valori limite della VVRTB risultano superati durante il periodo notturno presso due dei sei edifici analizzati mentre sono rispettati durante la fascia diurna (06:00 – 22:00).

I livelli restituiti dalla campagna di misure effettuata hanno influenza sul periodo di riposo e sulla concentrazione durante le attività quotidiane delle persone che ne sono soggette e il superamento riscontrato nella valutazione della Direttiva VVRTB, anche se solo in corrispondenza di due edifici, deve essere risolto per migliorare la qualità della vita dei residenti.

8.3. Valutazione delle vibrazioni sulle costruzioni e confronto con Norma SN 640 312

Gli strumenti di misura sono stati installati al livello più basso di ogni edificio (piano terra o piano interrato a seconda dei casi) per poter misurare le velocità delle vibrazioni a livello delle fondazioni. Sono state misurate le velocità nella componente verticale (Z) e nelle due componenti orizzontali (X e Y) in continuo per un intervallo di tempo di circa 24 ore per 5 edifici e di 48 ore per l'edificio 668A.

Di seguito (cfr. *Tabella 20*) si riporta il confronto tra i valori misurati e quelli della normativa applicando i limiti per i punti normalmente sensibili alle vibrazioni agli edifici 929B, 668A e 709A ed applicando i limiti per i punti particolarmente sensibili alle vibrazioni agli edifici 918A, 759H e 178A in quanto realizzati rispettivamente prima e dopo la pubblicazione della precedente Norma SN 640 312a del 1992. In tutti i casi si fa riferimento al parametro massimo del rango di frequenze inferiori di 30 Hz all'interno del quale si collocano le sollecitazioni registrate.

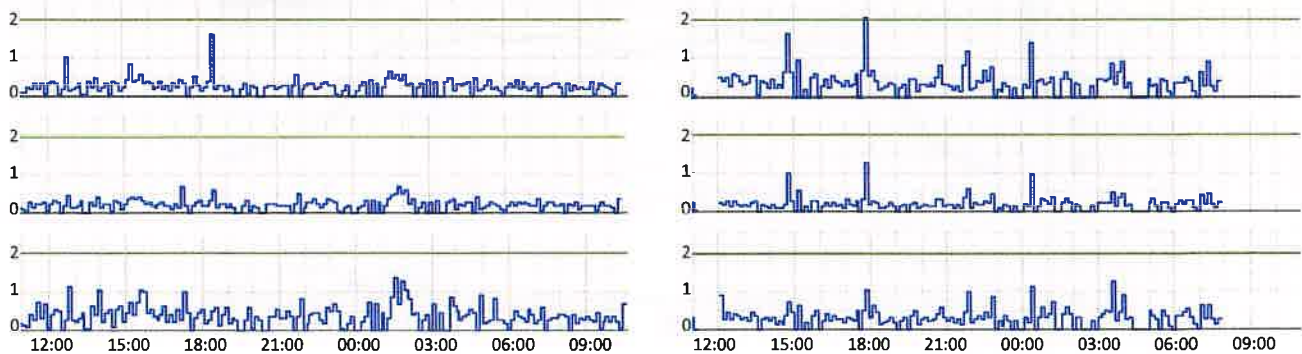
Tabella 20. Valutazione delle velocità delle vibrazioni e confronto coi limiti della Norma SN 640 312.

	edificio 929B	edificio 918A	edificio 668A	edificio 709A	edificio 759H	edificio 178A
V_r misurato	1.1 mm/s	< 0.1 mm/s	< 0.1 mm/s	< 0.1 mm/s	1.0 mm/s	0.9 mm/s
V_r norma	3.0 mm/s	1.5 mm/s	3.0 mm/s	3.0 mm/s	1.5 mm/s	1.5 mm/s
	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato

Presso tutti gli edifici rilevati, i limiti imposti dalla Norma SN 640 312 sono rispettati con valori inferiori a 0.1 mm/s per gli edifici 668A, 709A e 759H e valori intorno a 0.9 - 1.0 mm/s per gli edifici 929B, 759H e 178A.

Si riportano di seguito (cfr. *Figura 8*) i grafici delle velocità misurate presso gli edifici 759H e 178A. Si notano alcuni picchi con valori superiori a quanto riportato precedentemente (cfr. *Tabella 20*) che sono stati esclusi dalle valutazioni in quanto si riferiscono ad eventi vibratorii estranei al passaggio dei treni e dovuti a cause interne all'edificio stesso.

Figura 8. Grafico di 24 ore di misura delle velocità delle vibrazioni in mm/s sugli assi X (alto), Y (centro) e Z (basso) presso gli edifici 759H (sinistra) e 178A (destra).



9. VALUTAZIONE DEL RUMORE SULLA QUALITÀ DELLA VITA

Il rispetto dei limiti normativi stabiliti evita che le persone vengano esposte a disturbi rilevanti, obiettivo della Legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb) e dell'Ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF). I parametri rilevati sono stati confrontati anche con i valori raccomandati dell'Organizzazione Mondiale della Sanità per il rumore notturno nelle linee guida "Environmental Noise Guidelines for the European Region".

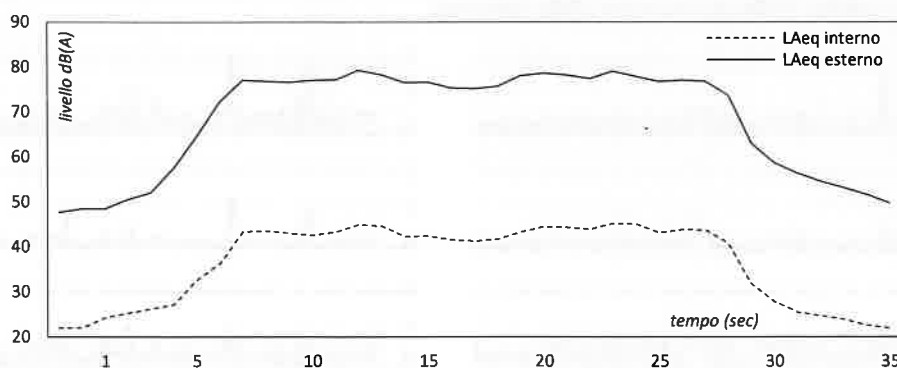
L'OMS indica infatti che se, sulla facciata dell'edificio più esposta al rumore ferroviario si raggiungono livelli di pressione sonora medi annuali oltre alle soglie d'effetto di $L_{den} = 54$ dB e $L_{night} = 44$ dB, esistono delle evidenze scientifiche di manifestazioni di disturbi sulla salute delle persone rispettivamente di disturbi del sonno. Questi limiti non hanno un valore normativo ma devono essere interpretati come raccomandazioni per proteggere la salute umana dall'esposizione al rumore ambientale. Dal confronto tra i valori misurati e quelli raccomandati dall'OMS (cfr. Tabella 21) si nota come esistano dei superamenti presso tutti gli edifici analizzati ed in particolar modo presso gli edifici 929B e 759H.

Tabella 21. Livelli L_{den} e L_{night} rilevati e confronto con i valori raccomandati Dall'OMS.

Normativa applicata	edificio 929B	edificio 918A	edificio 668A	edificio 709A	edificio 796B	edificio 759H	edificio 178A
Linee guida OMS (effetti negativi sulla salute)	superato 69,2 > 54,0 dB(A)	superato 60,1 > 54,0 dB(A)	superato 59,7 > 54,0 dB(A)	non misurato	superato 56,8 > 54,0 dB(A)	superato 66,9 > 54,0 dB(A)	superato 65,4 > 54,0 dB(A)
Linee guida OMS (effetti negativi sul sonno)	superato 63,3 > 44,0 dB(A)	superato 54,1 > 44,0 dB(A)	superato 53,7 > 44,0 dB(A)	non misurato	superato 50,8 > 44,0 dB(A)	superato 60,9 > 44,0 dB(A)	superato 59,4 > 44,0 dB(A)

In qualità di esempio si riporta di seguito (cfr. Figura 9) il grafico dei livelli sonori interni ed esterni registrati durante il periodo notturno in presenza di un evento presso l'edificio 178A che è quello meno esposto al rumore tra quelli rilevati dove si nota, al passaggio di un treno, il repentino aumento del livello sonoro interno al locale da un livello di fondo pari a circa 26 dB(A) a un livello sonoro massimo dell'evento di circa 45 dB(A).

Figura 9 Livelli sonori interni ed esterni registrati durante la misurazione all'edificio 178A ad Osogna.



Il modo in cui i soggetti percepiscono il rumore e le vibrazioni generate dal transito ferroviario dipende da vari fattori collegati alle caratteristiche sia della sorgente, dell'edificio ricettore che del soggetto stesso. Il suono udibile può essere un ronzio a bassa frequenza o il tintinnio dei vetri delle finestre causati dalle vibrazioni del pavimento o delle pareti. Le caratteristiche del corpo esposto alle vibrazioni, l'attività svolta, la frequenza e il tempo di esposizione, l'ampiezza e frequenza della vibrazione sono le condizioni che concorrono a definire la soglia di percezione dell'evento vibratorio. Dalle interviste effettuate in occasione delle misurazioni è emerso che più soggetti appartenenti a fasce d'età diverse si risvegliano intorno alle 3 del mattino, ora durante la quale transitano dai 5 ai 10 treni merci, come testimonia il monitoraggio video eseguito. Tale dato non è significativo dal punto di vista statistico dato il ridotto numero di testimonianze ma si può ipotizzare che il disturbo debba essere attribuito ad una sorgente di rumore e vibrazioni comune a cui tutti i soggetti sono sottoposti contemporaneamente.

10. CONCLUSIONI

Il Lod. Municipio di Riviera ha incaricato lo studio di ingegneria Bonalumi Ferrari Partner SA di effettuare una serie di rilievi del rumore e delle vibrazioni generate dal traffico ferroviario presso alcuni punti strategici situati nei quartieri di Osogna e Cresciano a seguito di reclami da parte dei cittadini. Questa relazione presenta un riassunto delle valutazioni eseguite nel quartiere di Osogna.

La linea ferroviaria che percorre il territorio comunale di Riviera è stata oggetto di risanamento fonico nei primi anni 2000 con la posa di barriere antirumore, muri e pannelli vetrati volti a mitigare l'inquinamento acustico prodotto dal passaggio dei treni sugli edifici prossimi ai binari. Gli interventi furono dimensionati dalle Ferrovie federali svizzere FFS in modo tale da ottenere il massimo beneficio in termini di riduzione del rumore compatibilmente all'investimento economico da sostenere. Nonostante tali interventi di risanamento, però, sia nel quartiere di Osogna che a Cresciano, si prevedevano superamenti dei valori limite di immissione e dei valori di allarme presso alcuni degli edifici esposti al rumore ferroviario, prevalentemente durante il periodo notturno.

Al fine di verificare la situazione odierna del quartiere di Osogna, è stata svolta una campagna di misure ai sensi delle seguenti normative:

- Ordinanza OIF (Ordinanza contro l'inquinamento fonico) per la valutazione del rumore presso le aperture sensibili al rumore;
- Direttiva VVRTB (Valutazione delle vibrazioni e di rumori trasmessi per via solida per impianti per il trasporto sui binari) per la valutazione del rumore trasmesso dalle vibrazioni all'interno degli edifici;
- Norma DIN 1450-2 (Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden) per la valutazione delle vibrazioni sulle persone all'interno degli edifici;
- Norma SN 640 312 (Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke) per la valutazione della velocità delle vibrazioni sugli edifici.

Il confronto con i valori indicati dalle norme tengono conto della destinazione d'uso dell'area in cui si trova l'edificio in esame e dei periodi di riferimento diurno e notturno durante il quale si è effettuato il rilievo.

È stato eseguito un monitoraggio dei transiti ferroviari durante i mesi di ottobre e novembre dell'anno 2020 per caratterizzare ogni tipologia di treno, viaggiatori e merci, come una sorgente di rumore. I dati di velocità, lunghezza e numero di transiti ricavati, sono stati utili per valutare il livello di emissione sonora annuale da attribuire al tratto ferroviario che attraversa il Comune di Riviera.

Di seguito (cfr. Tabella 22) si riportano i valori delle velocità e lunghezze dei treni medie rilevate divisi per traffico viaggiatori e traffico merci, e dei relativi volumi di traffico rilevati e proiettati sull'intero anno.

Tabella 22. Dati rilevati con il monitoraggio del traffico ferroviario

	traffico viaggiatori		traffico merci	
	intercity	regionali	treni merci	carri isolati
lunghezza	190 m	95 m	447 m	21 m
velocità	116 km/h	114 km/h	92 km/h	95 km/h
volume di traffico	46'461 (-16.6% rispetto al 2019)		32'964 (-0.7% rispetto al 2019)	

Sulla base di tali dati sono stati calcolati i livelli di emissione dei due binari che attraversano il quartiere di Osogna nel comune di Riviera che sono risultati pari a $L_{r,e \text{ giorno}} = 74.2 \text{ dB}$ e $L_{r,e \text{ notte}} = 72.9 \text{ dB}$ con una forte predominanza della componente sonora dovuta ai treni merci rispetto a quelli viaggiatori. I valori dei livelli di emissione sonora L_r calcolati per lo scenario attuale risultano essere più bassi delle emissioni sonore effettive monitorate dall'UFT per l'anno 2015 sulla tratta di interesse che sono pari a $L_{r,e \text{ giorno}} = 78.3 \text{ dB}$ e $L_{r,e \text{ notte}} = 76.0 \text{ dB}$, il cui confronto evidenzia una differenza dei livelli di emissione pari a -4.1 dB di giorno e -3.1 dB di notte.

Rilievi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

Sono state effettuate delle misurazioni foniche e delle vibrazioni presso sette edifici posizionati lungo la linea ferroviaria, disposti uniformemente sul territorio di Osogna. Gli edifici sono stati scelti sulla base delle caratteristiche del fabbricato quali epoca di costruzione, numero di piani fuori terra, materiale a pavimento e, soprattutto, della loro distanza rispetto ai binari. In corrispondenza dei punti di misura sono stati valutati il livello sonoro generato dal transito dei treni per via aerea, il rumore all'interno dei locali trasmesso per via solida attraverso la struttura dell'edificio e le vibrazioni trasmesse sia alle persone che al fabbricato.

Per ogni punto di misura è stato analizzato circa il 20% del totale degli eventi registrati per ogni categoria di treno, corrispondente ad un numero sufficiente per l'analisi dei dati. I valori ottenuti sono stati confrontati con i limiti definiti dalle rispettive normative, i cui risultati sono riassunti di seguito (cfr. *Tabella 23*).

Tabella 23. Esito dei confronti tra valori misurati ed i rispettivi limiti normativi.

Normativa applicata	edificio 929B	edificio 918A	edificio 668A	edificio 709A	edificio 796B	edificio 759H	edificio 178A
Ordinanza OIF* (rumore aereo)	superato	rispettato	rispettato	non misurato	rispettato	superato	superato
Direttiva VVRTB (rumore per via solida)	superato	rispettato	rispettato	non misurato	rispettato	superato	rispettato
Norma DIN 1450-2 (effetti vibrazioni sulle persone)	superato	rispettato	rispettato	rispettato	superato	superato	superato
Norma SN 640 312 (effetti vibrazioni sugli edifici)	rispettato	rispettato	rispettato	rispettato	non misurato	rispettato	rispettato

* i progetti di pubblicazione dei ripari fonici delle FFS del 14.12.2001 e 20.12.2001, basati sul Piano delle Emissioni Foniche 2015, prevedono il superamento dei Valori limite d'esposizione al rumore presso tutti i punti considerati in tabella. Le misurazioni foniche indicano invece che le immissioni foniche trasmesse per via aerea oggi risultano essere inferiori alle previsioni delle FFS e che il superamento dei valori prescritti dall'OIF si hanno solo su 3 edifici dei 6 stabili misurati. Non solo: le differenze tra valori L_r pubblicati nell'ambito del progetto di risanamento fonico delle FFS rispetto ai valori L_r ottenuti dalle misurazioni foniche sono importanti e possono superare i 10 dB(A).

Le misurazioni hanno dimostrato che:

- i valori limite d'immissione secondo OIF sono superati presso 3 dei 6 stabili misurati. Presso questi stabili erano già previsti superamenti del rumore aereo e sono perciò state domandate e ottenute le necessarie facilitazioni. Nonostante persistano dei superamenti, i rilievi fonici indicano che attualmente le immissioni foniche sono inferiori a quelle derivanti dal piano delle emissioni 2015 delle FFS a causa probabilmente del miglioramento del materiale rotabile e ad altri motivi tecnici (cfr. *All.7 "Sintesi dei risultati fonici"*)
- i valori del rumore trasmesso per via solida allo stabile secondo Direttiva VVRTB sono superati in 2 dei 6 stabili misurati;
- gli effetti delle vibrazioni sulle persone secondo Norma DIN 1450-2 sono superati presso 3 stabili dei 7 misurati. Si stima che il superamento è presente fino a circa 20/25 metri dall'asse ferroviario;
- presso i 6 edifici misurati, non vi sono superamenti delle vibrazioni secondo Norma SN 640 312 le quali possono generare effetti negativi alla statica delle costruzioni.

Sono state effettuate indagini sull'eventuale correlazione tra le vibrazioni registrate sull'asse verticale Z in quanto maggiormente sollecitato e la direzione di transito dei treni, utilizzando i dati rilevati presso gli edifici 929B e 759H dove sono stati registrate le percentuali maggiori di superamento. Dall'analisi è emerso un maggiore disturbo al passaggio dei treni merci ed intercity in direzione nord, mentre per le altre combinazioni categoria treno-direzione di transito non si sono riscontrate particolari differenze.

La correlazione tra entità delle vibrazioni (Z) e la distanza dall'asse ferroviario, invece, ha evidenziato che i valori di vibrazione si riducono al crescere della distanza dall'asse ferroviario e superano i limiti richiesti dalla norma se il punto di misura rientra in una fascia di circa 20m dall'asse dei binari.

Nonostante i margini di approssimazione dei modelli di calcolo teorici anche se implementati accuratamente, si osserva che i valori d'immissione L_r pubblicati nel progetto di risanamento delle FFS non sembrano

Rilevi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

rispecchiare lo stato attuale del paesaggio sonoro. Questo è dovuto in parte dal numero inferiore di transiti attuali rispetto a quelli considerati nell'EPLAN 2015 delle FFS, a una possibile determinazione cautelativa delle emissioni foniche inserite nel piano delle emissioni 2015 delle FFS ma prioritariamente si presume ad un miglioramento del materiale rotabile nel corso degli ultimi 10-15 anni.

Gli abitanti del quartiere di Osogna nel comune di Riviera sono quotidianamente soggetti alle sollecitazioni nella forma di rumore e di vibrazioni, dovute al traffico ferroviario. Benché nell'ambito del presente studio si sia accertato che i livelli sonori dovuti alla propagazione del rumore rientrano nei valori pubblicati nell'ambito della domanda di costruzione dei ripari fonici, le azioni combinate del rumore e delle vibrazioni generano un disagio importante a diversi residenti lungo la linea ferroviaria, in particolare dal transito dei treni merci durante il periodo notturno. I superamenti dei limiti normativi evidenziati sia per il rumore aereo che nel campo delle vibrazioni hanno un impatto notevole sia sulla salute fisica che su quella psicologica dei soggetti esposti e pertanto non possono essere a lungo ignorati.

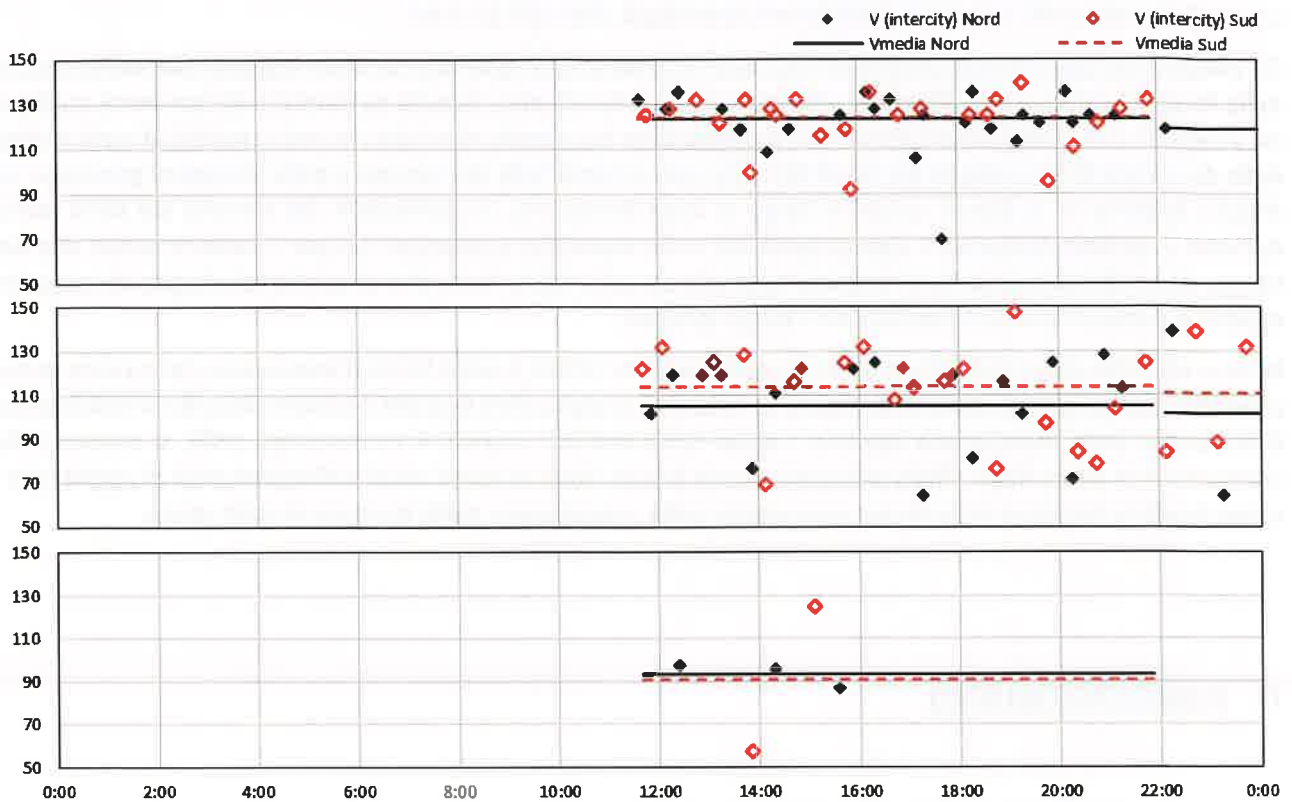
In base alle indicazioni dell'Ufficio federale dell'ambiente UFAM, i valori limite d'immissione del rumore aereo prescritti dall'OIF per gli impianti esistenti, definiscono la soglia oltre la quale il rumore disturba sensibilmente il benessere della popolazione esposta. I valori limiti dell'OIF, stabiliti il 15 dicembre 1986, si basano sulle conoscenze di allora degli effetti del rumore sulla salute. Sono in corso studi sull'opportunità di aggiornare i valori limite in funzione delle nuove conoscenze sulle conseguenze delle immissioni sulla salute.

11. ELENCO DEGLI ALLEGATI

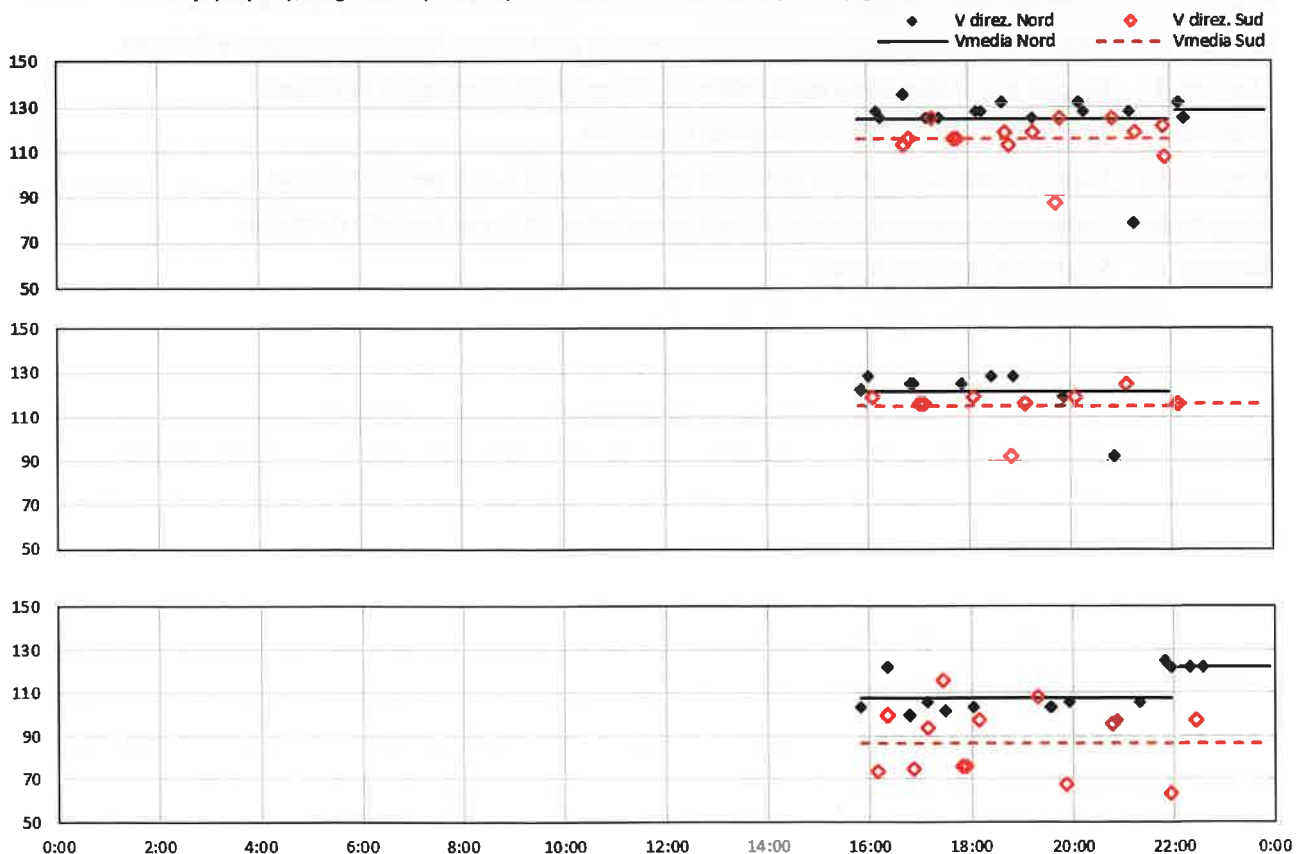
Allegato 1	Grafici di monitoraggio delle velocità dei treni in transito durante la campagna di misure
Allegato 2	Grafici di monitoraggio transiti ferroviari rilevati durante la campagna di misure
Allegato 3	Grafici di monitoraggio dei transiti presso la postazione fissa di conteggio a Steinen
Allegato 4	Mappa con indicazione degli edifici analizzati nella campagna di misure
Allegato 5	Documentazione fotografica punti di misura
Allegato 6a	Rappresentazione grafica dei livelli di valutazione L_r nel periodo diurno
Allegato 6b	Rappresentazione grafica dei livelli di valutazione L_r nel periodo notturno
Allegato 7	Sintesi dei risultati fonici

Allegato 1

Velocità Intercity (sopra), regionali (centro) e carri merci e isolati (sotto) domenica 4 ottobre 2020.

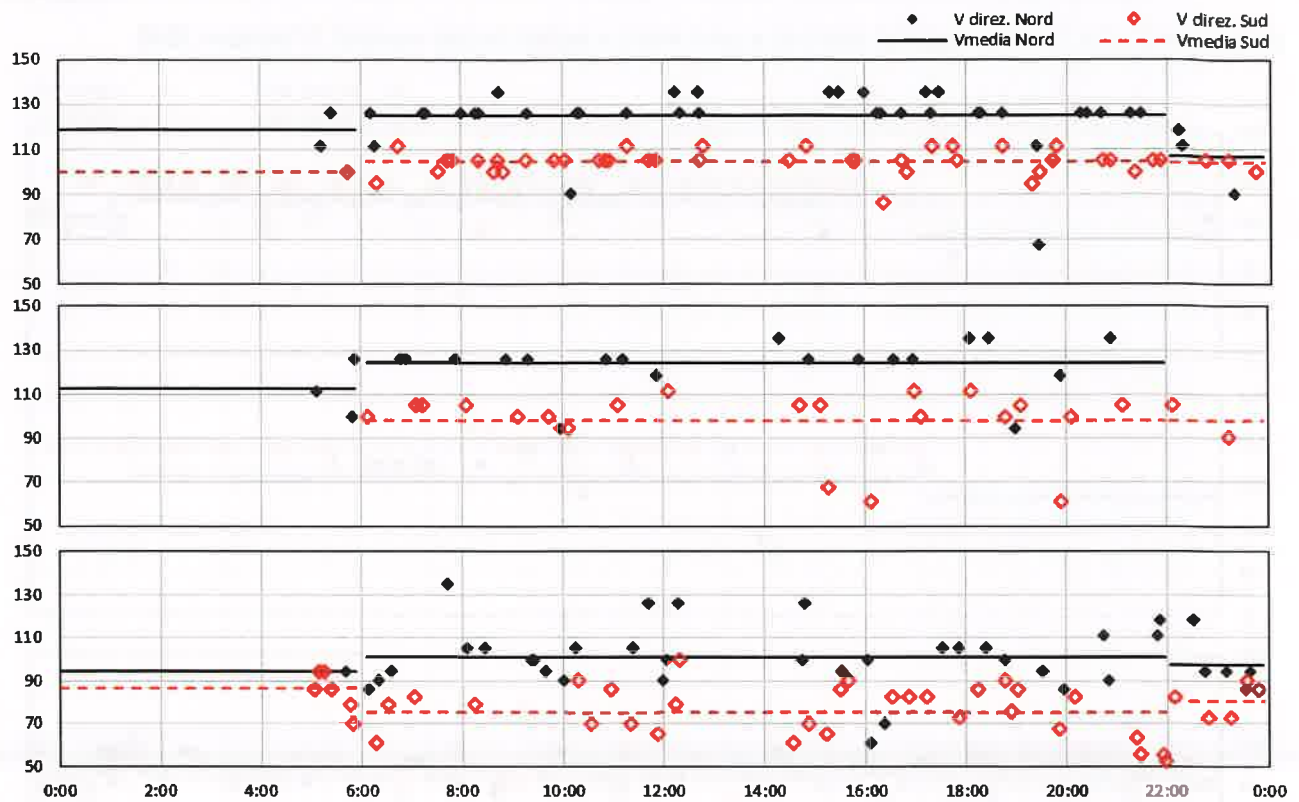


Velocità Intercity (sopra), regionali (centro) e carri merci e isolati (sotto) giovedì 22 ottobre 2020.

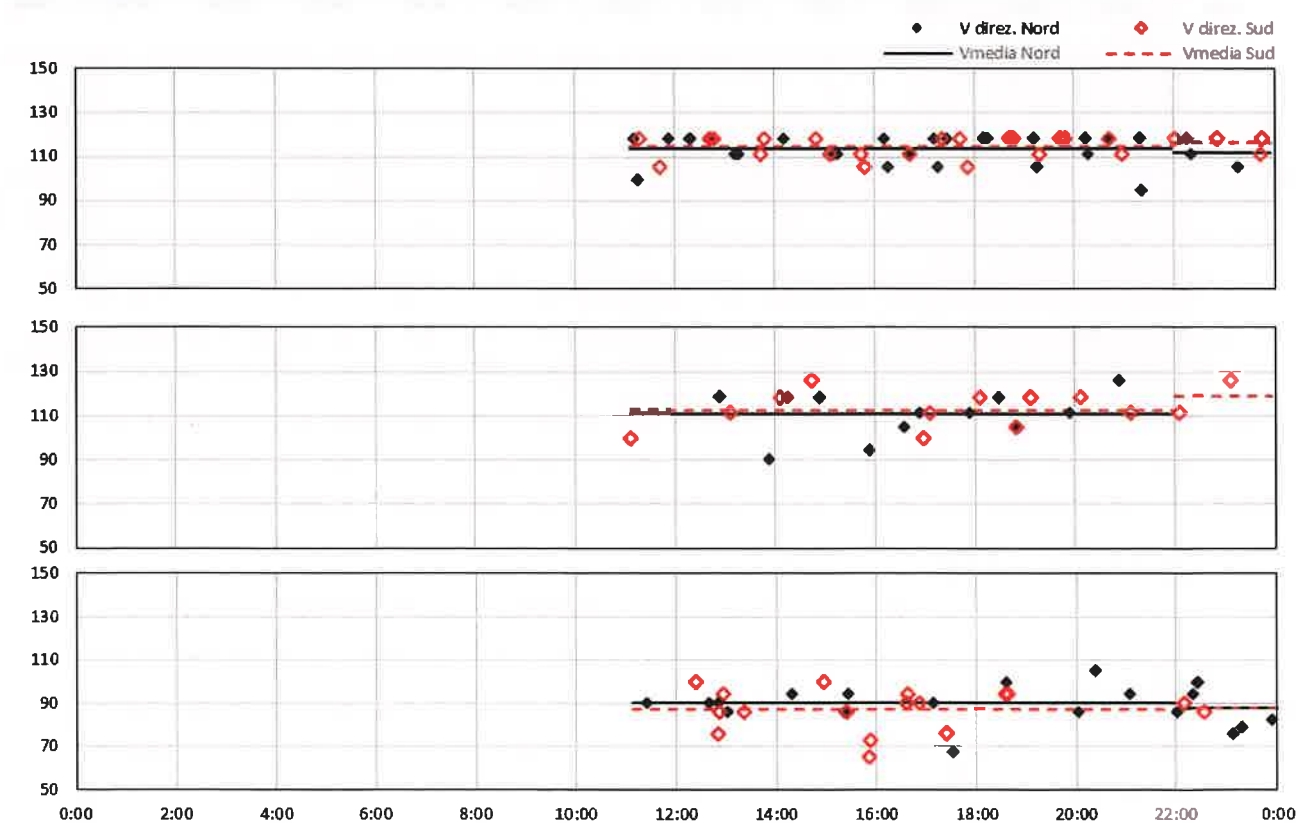


Allegato 1

Velocità Intercity (sopra), regionali (centro) e carri merci e isolati (sotto) venerdì 23 ottobre 2020.

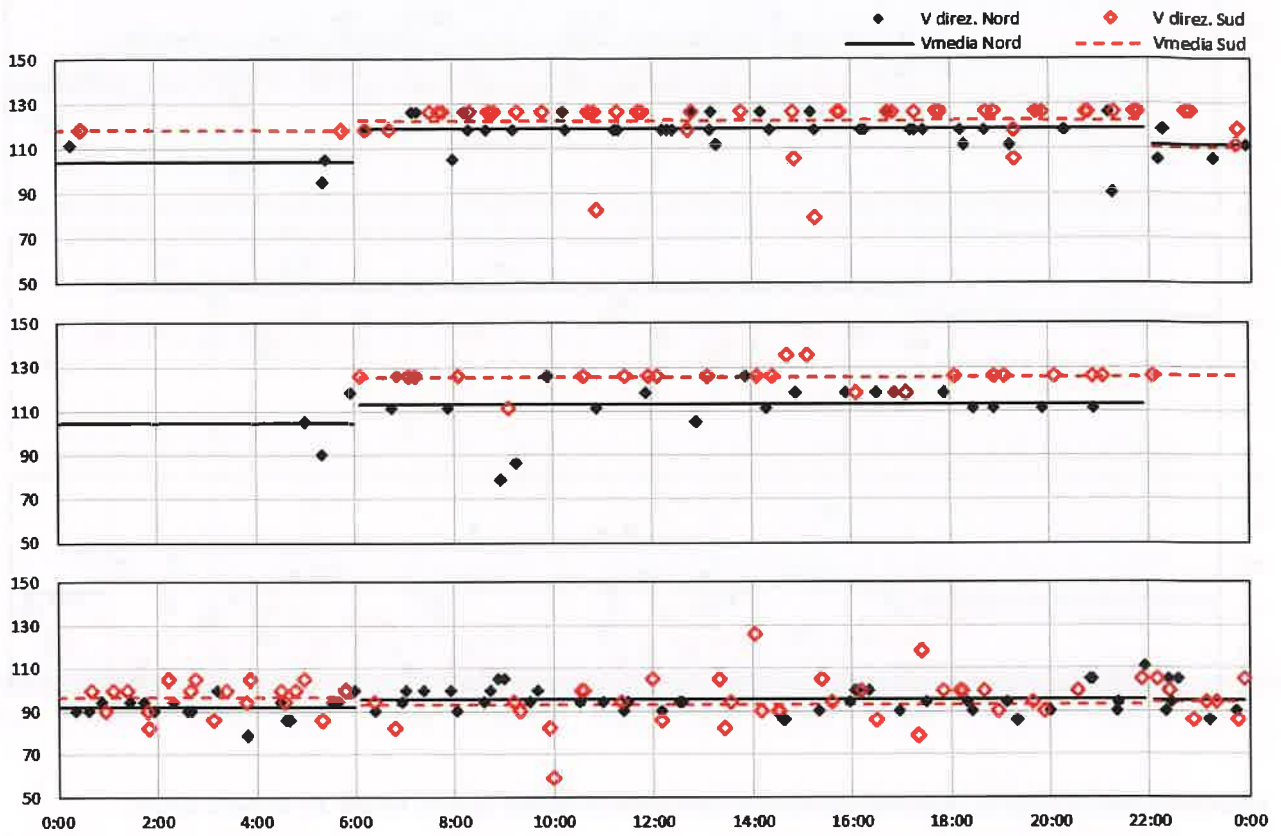


Velocità Intercity (sopra), regionali (centro) e carri merci e isolati (sotto) lunedì 26 ottobre 2020.



Allegato 1

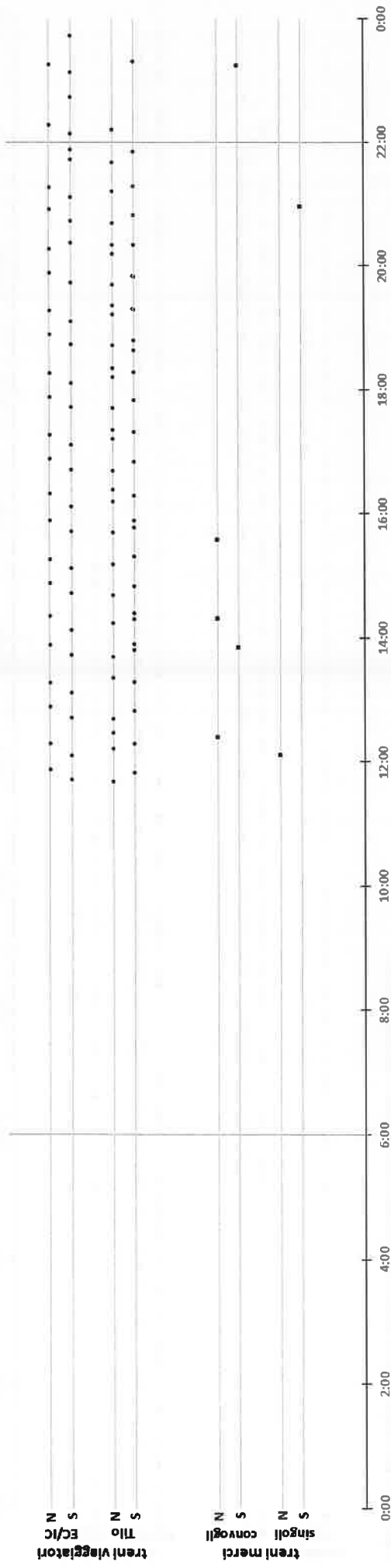
Velocità Intercity (sopra), regionali (centro) e carri merci e isolati (sotto) martedì 27 ottobre 2020.



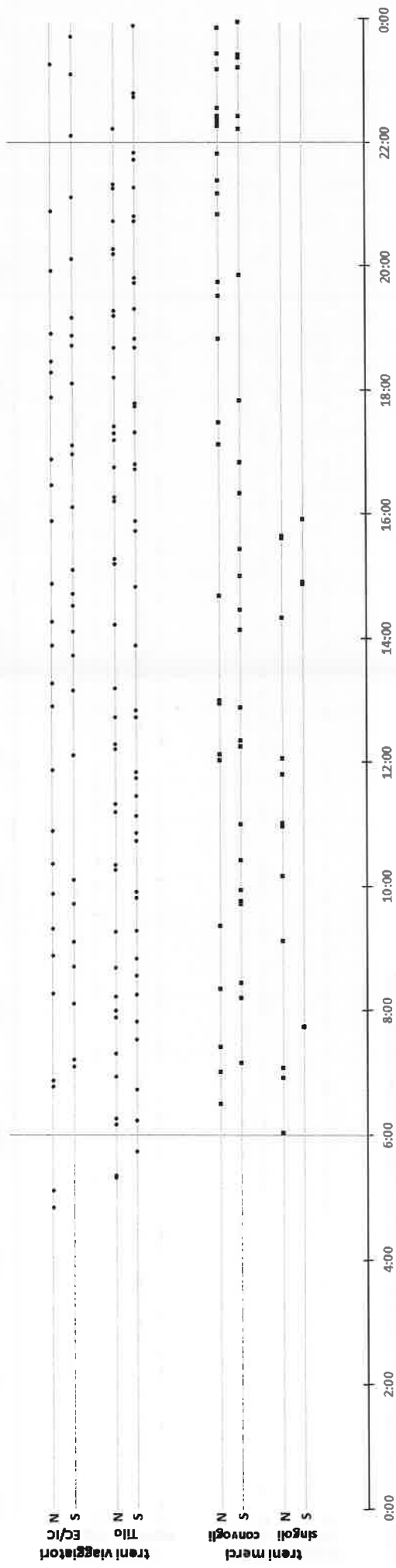
Rilevi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

Allegato 2

Dettaglio dei transiti registrati domenica 4 ottobre 2020



Dettaglio dei transiti registrati lunedì 5 ottobre 2020



Rilievi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

Allegato 2

Figura 10 Dettaglio dei transiti registrati martedì 6 ottobre 2020

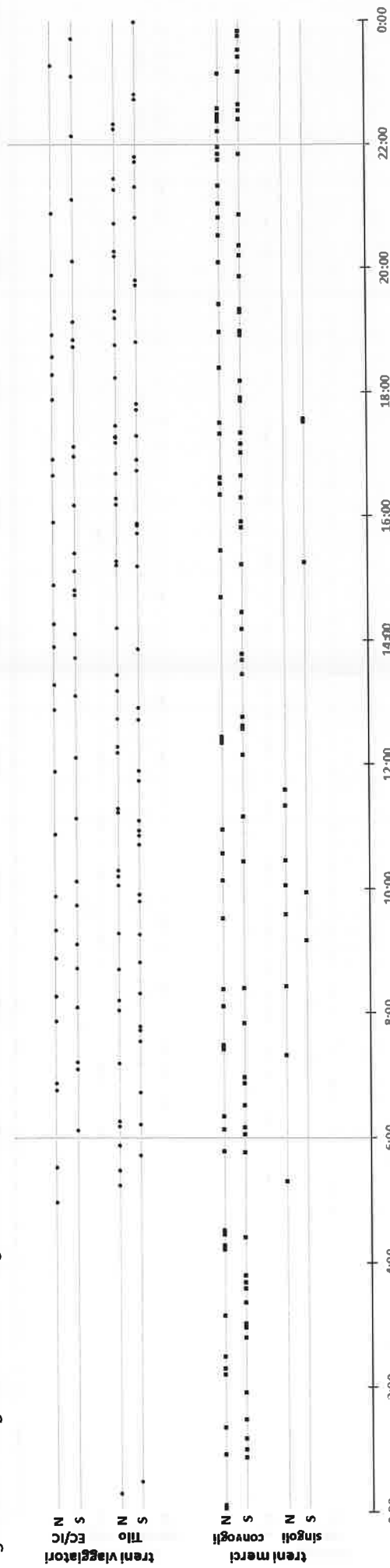
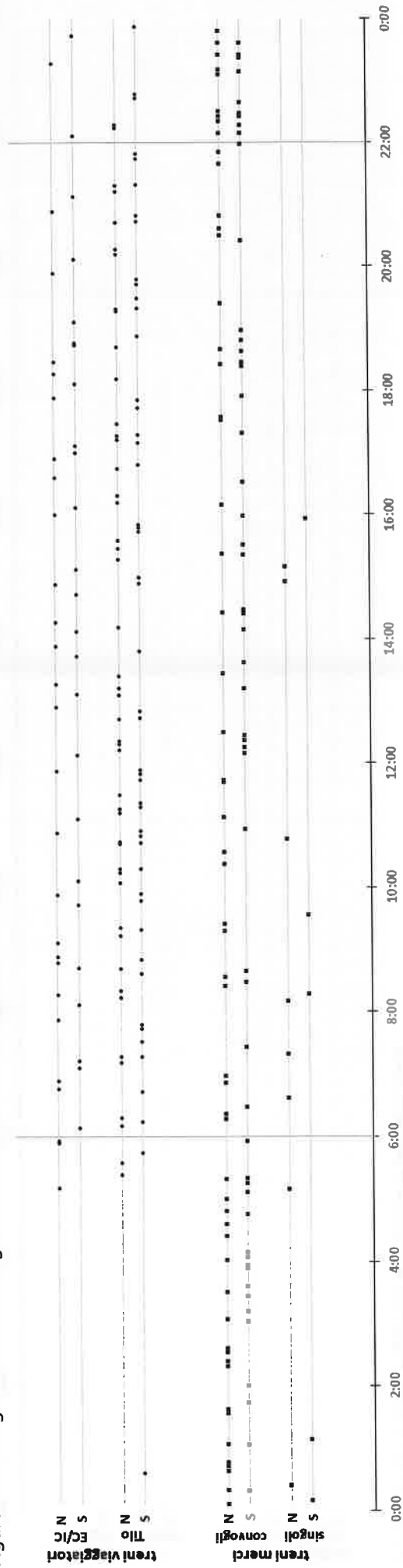


Figura 11 Dettaglio dei transiti registrati mercoledì 7 ottobre 2020



Rilevi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

Allegato 2

Figura 12 Dettaglio dei transiti registrati giovedì 8 ottobre 2020

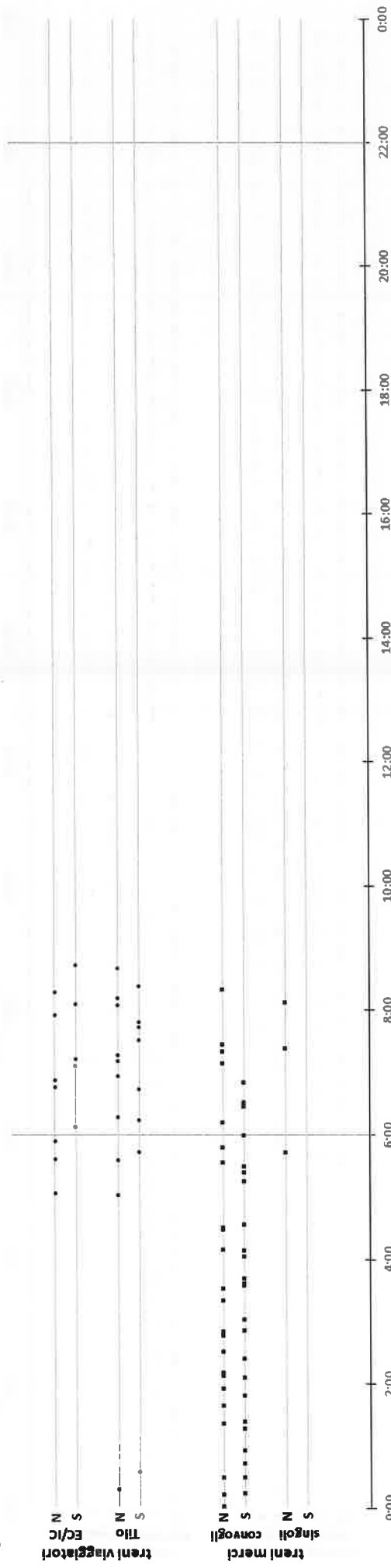
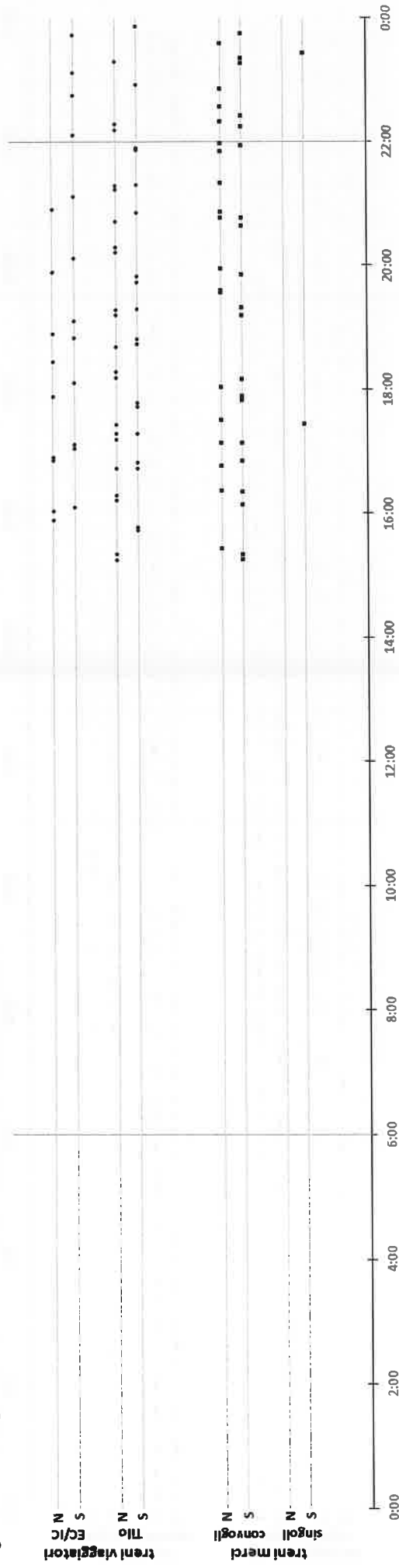


Figura 13 Dettaglio dei transiti registrati giovedì 22 ottobre 2020



Rilievi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

Allegato 2

Figura 14 Dettaglio dei transiti registrati venerdì 23 ottobre 2020

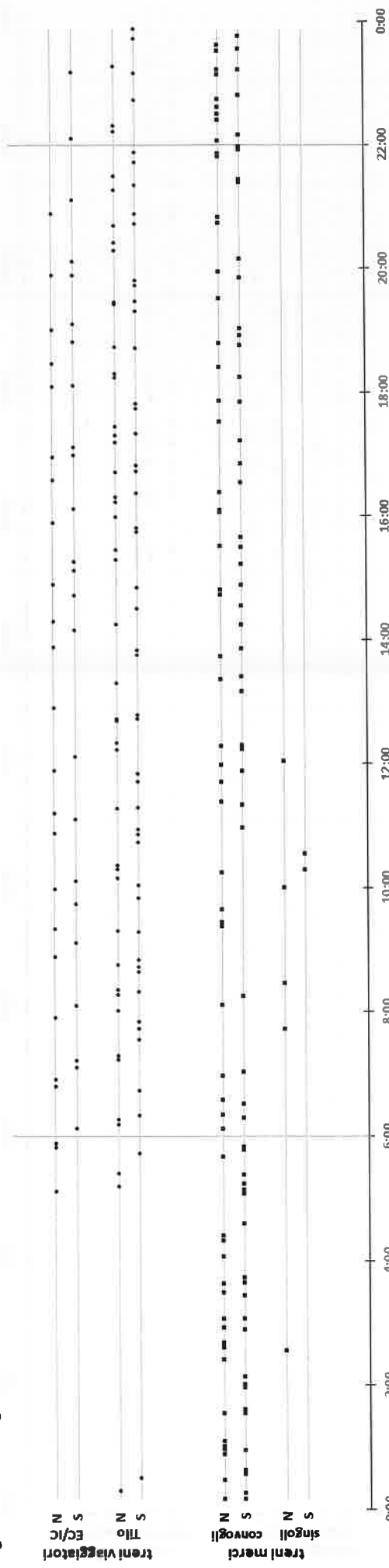
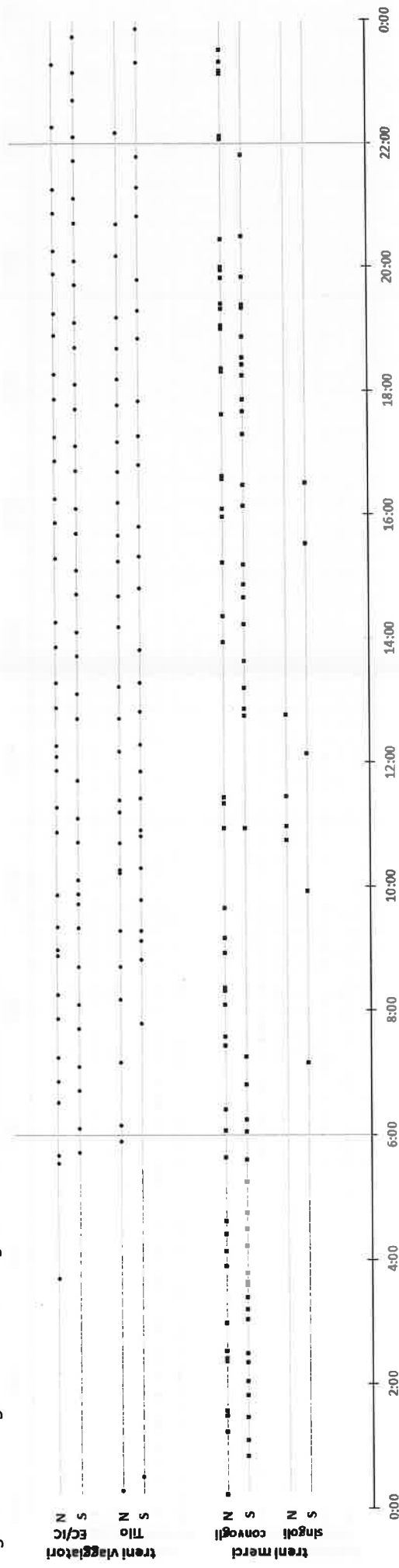


Figura 15 Dettaglio dei transiti registrati sabato 24 ottobre 2020



Rilevi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

Allegato 2

Figura 16 Dettaglio dei transiti registrati domenica 25 ottobre 2020

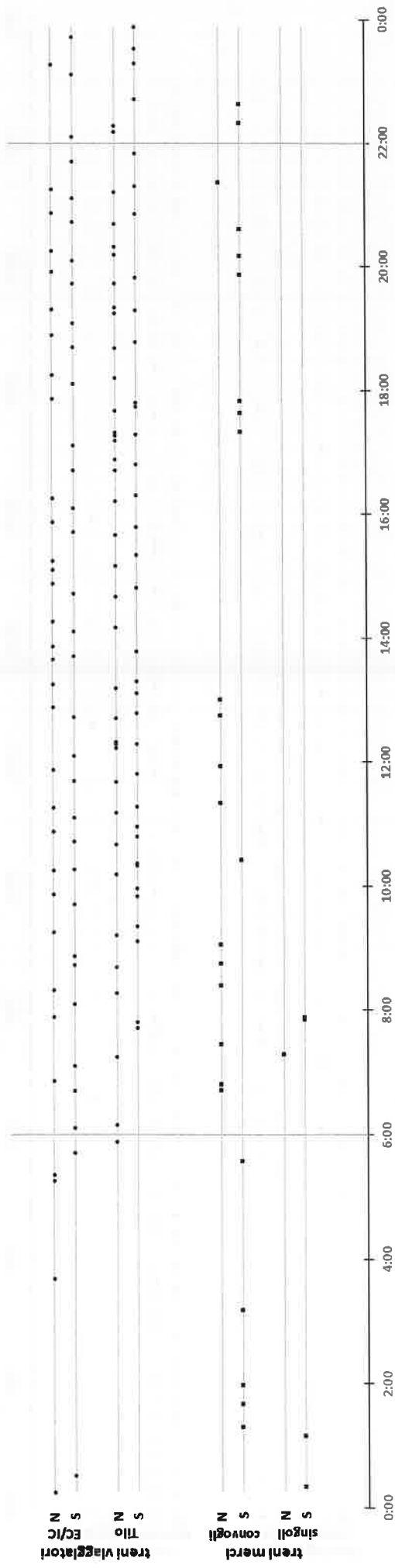
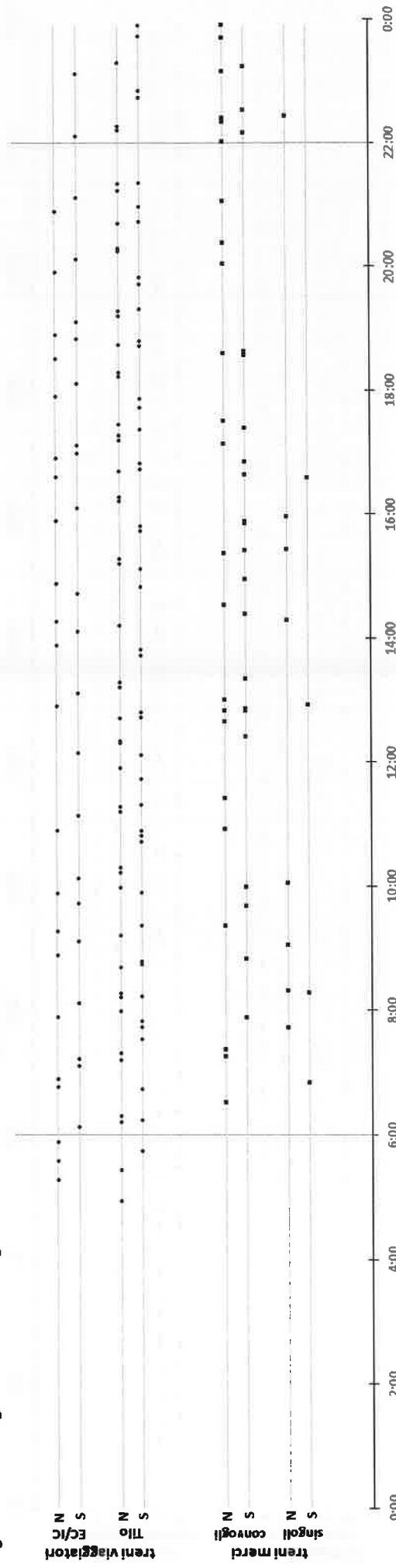


Figura 17 Dettaglio dei transiti registrati lunedì 26 ottobre 2020



Rilevi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

Allegato 2

Figura 18 Dettaglio dei transiti registrati martedì 27 ottobre 2020

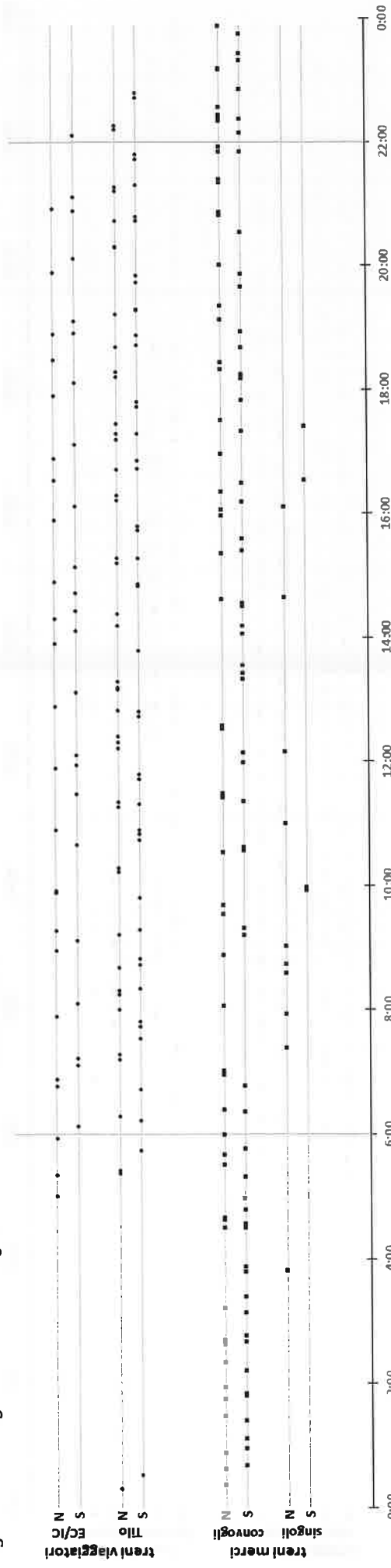
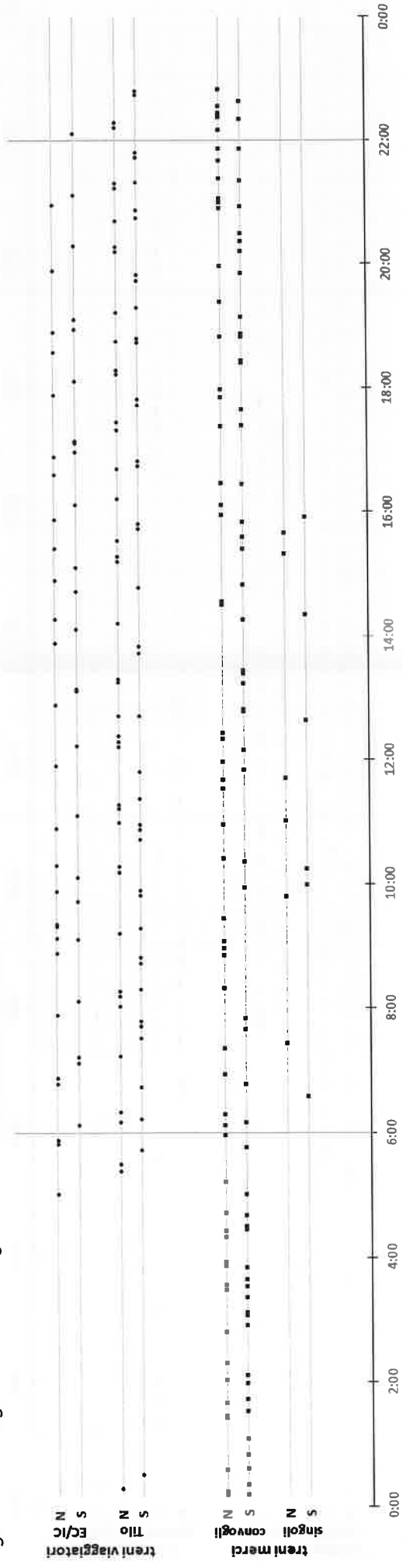


Figura 19 Dettaglio dei transiti registrati mercoledì 28 ottobre 2020



Rilievi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

Allegato 2

Figura 20 Dettaglio dei transiti registrati giovedì 29 ottobre 2020

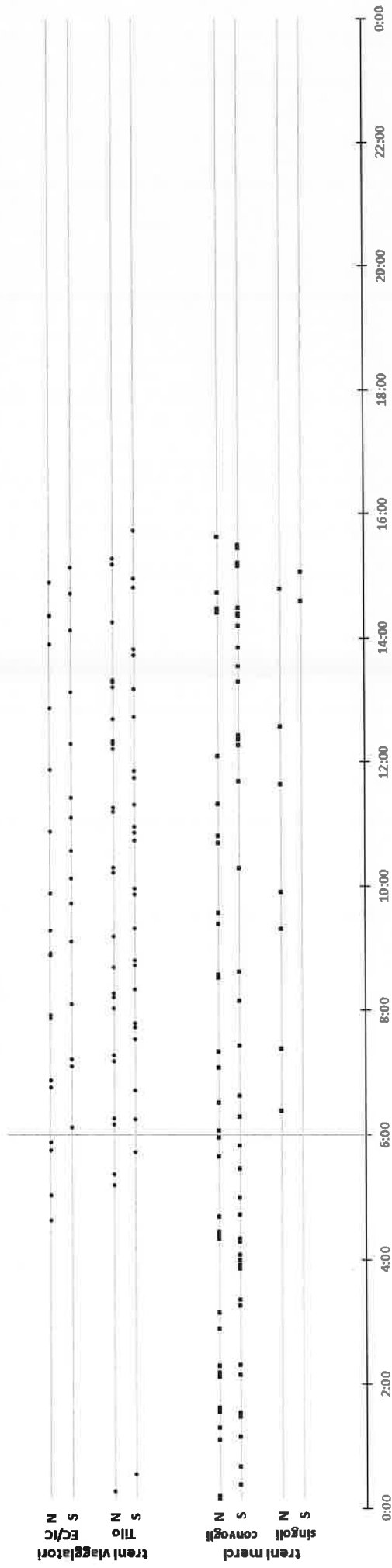
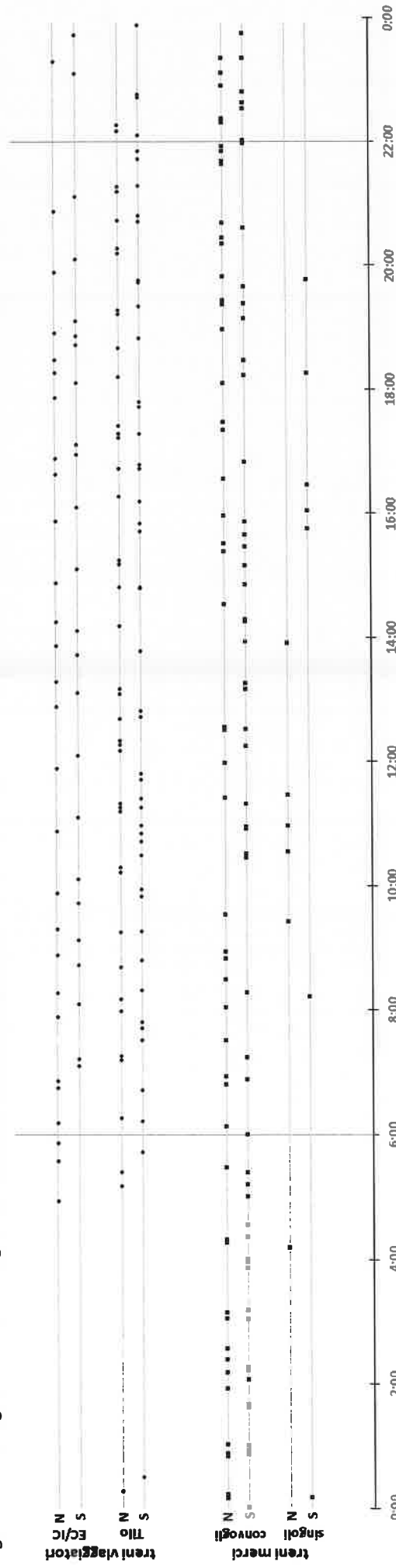


Figura 21 Dettaglio dei transiti registrati martedì 17 novembre 2020

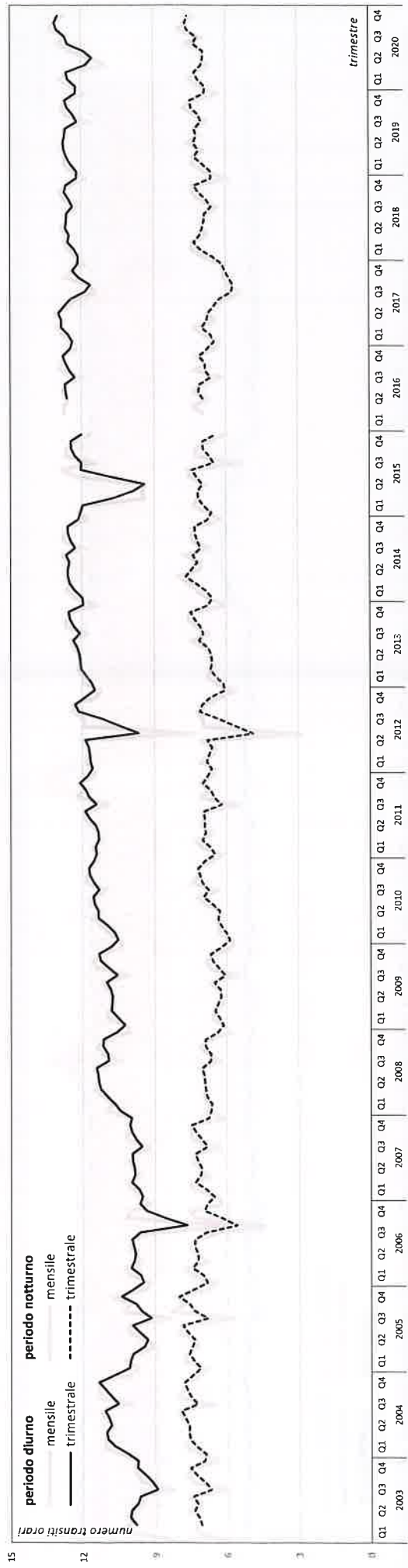


Rilievi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

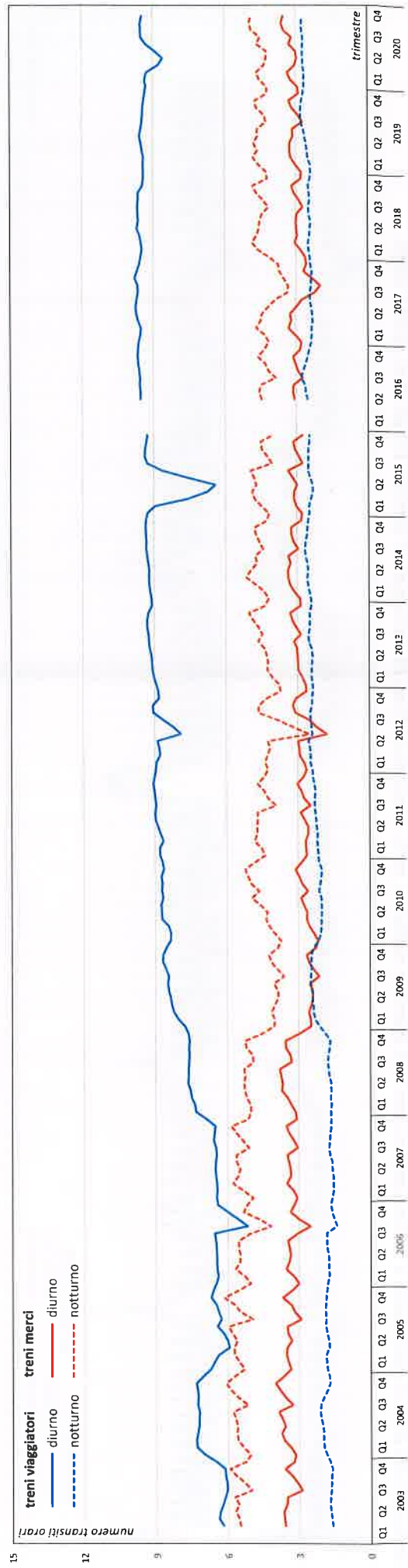
Rilievi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

Allegato 3

Dettaglio dei transiti mensili e trimestrali nei periodi diurno e notturno nella postazione fissa di conteggio di Steinen tra gli anni 2003 e 2020.



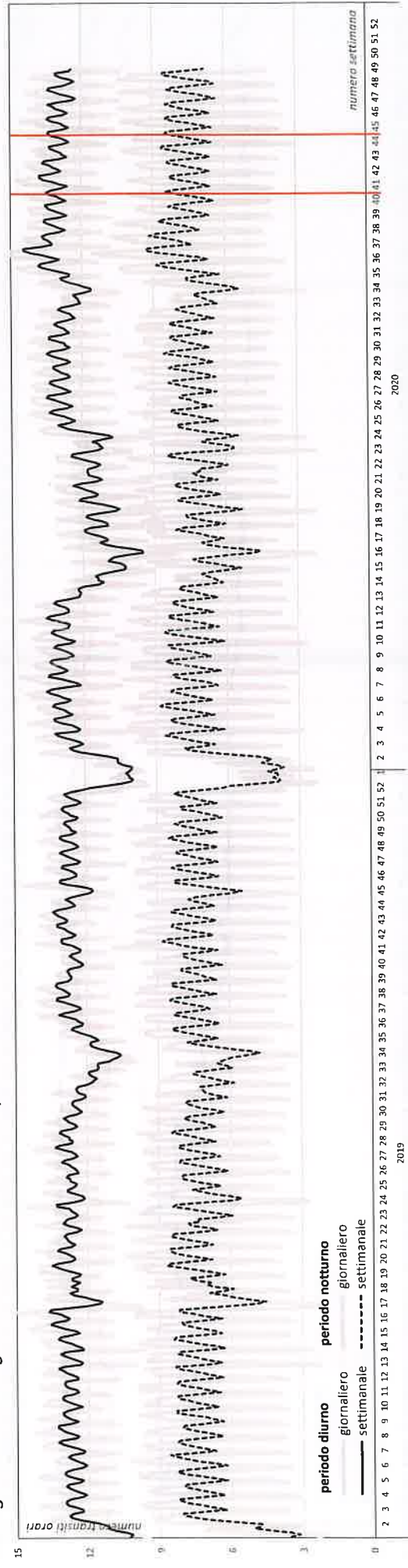
Dettaglio dei transiti mensili e trimestrali di treni viaggiatori e merci nei periodi diurno e notturno nella postazione fissa di conteggio di Steinen tra gli anni 2003 e 2020.



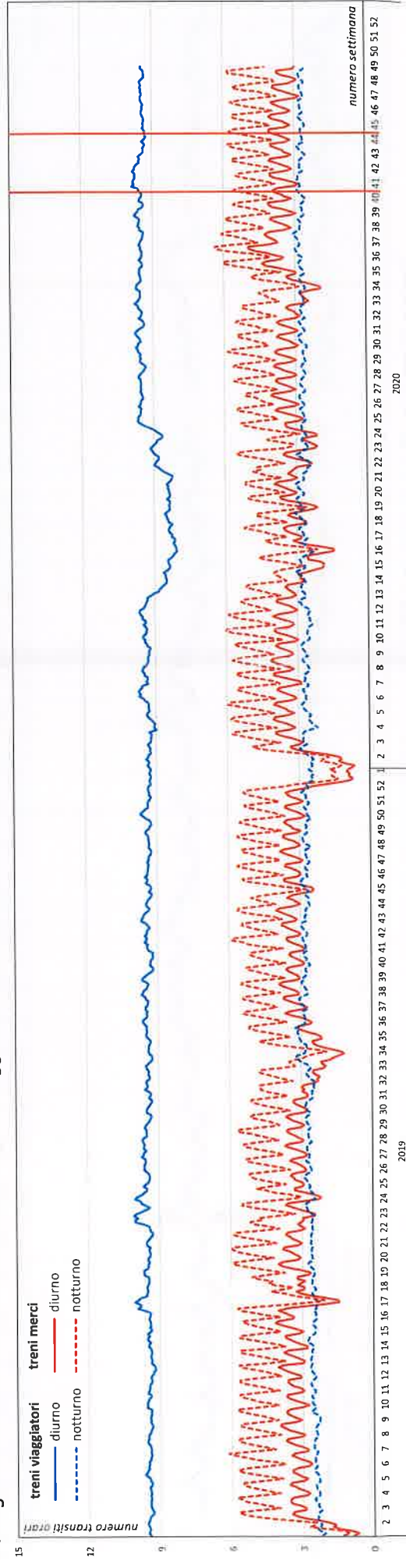
Rilievi e analisi di immissioni foniche e vibrazioni generate dal traffico ferroviario nel comune di Riviera.

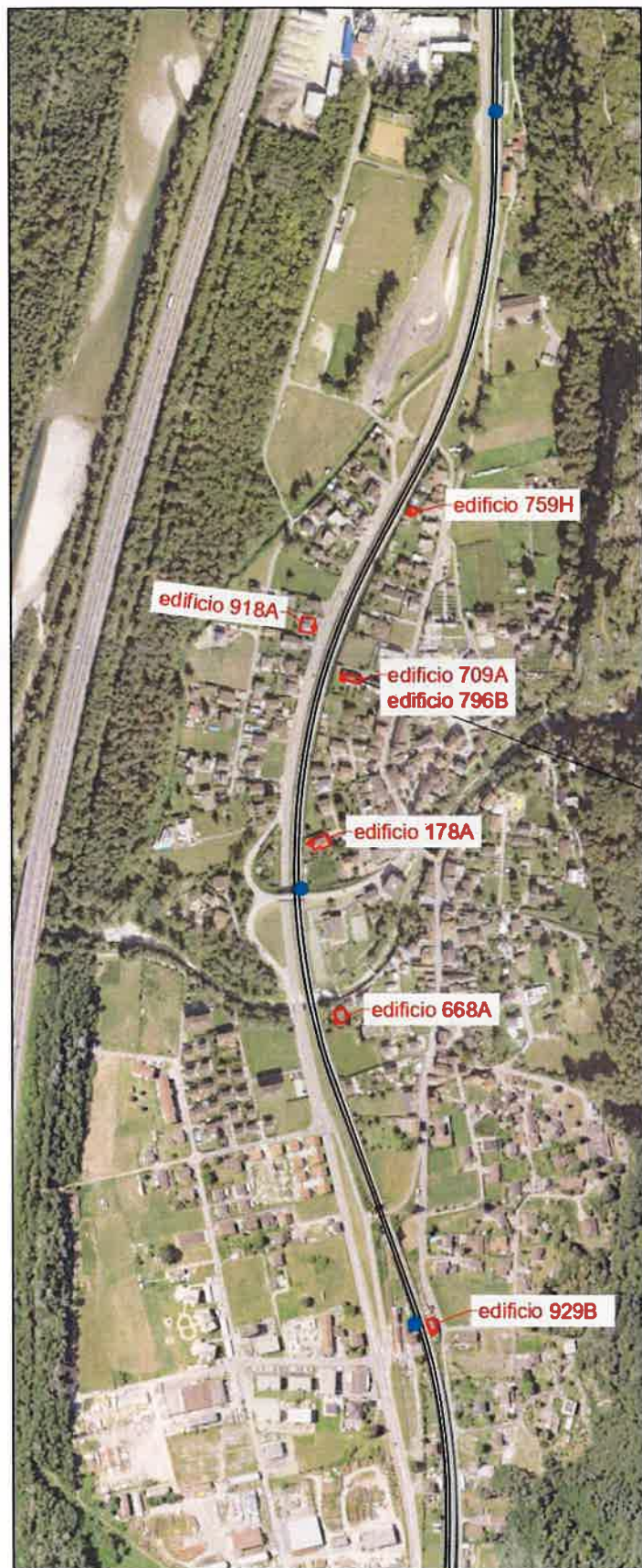
Allegato 3

Dettaglio dei transiti giornalieri e settimanali nei periodi diurno e notturno nella postazione fissa di conteggio di Steinen tra gli anni 2019 e 2020.



Dettaglio dei transiti mensili e trimestrali di treni viaggiatori e merci nei periodi diurno e notturno nella postazione fissa di conteggio di Steinen tra gli anni 2019 e 2020.





PM.1

No. mappale **929B**
 Indirizzo **Via Torón d'Örz 56
 6703 Osogna, Riviera**
 Distanza binari **7.5 m**
 Anno costruzione **prima del 1930**
 Numero di piani **2 + interrato**



Note

Posizionamento strumenti

Pav. Piano Strum. Verif.

VVRTB e DIN 4150-2	OIF	VSS 640312
microfono e geofono	microfono	geofono
camera piano primo	camera piano primo facciata a sud	salotto piano terra
Parquet		Parquet



PM.2

No. mappale **918A**
 Indirizzo **Via Stradone 19
 6703 Osogna, Riviera**



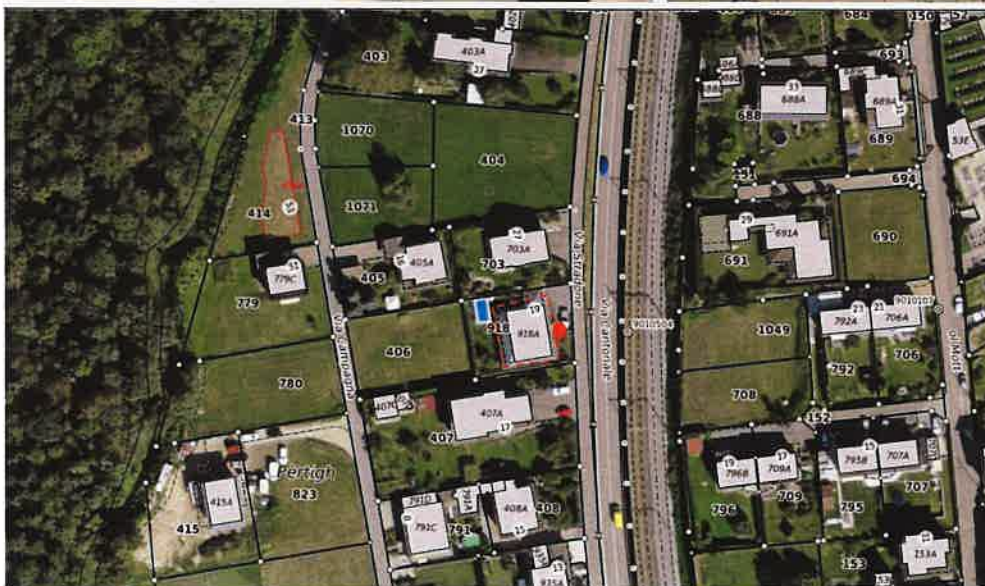
Distanza binari **27 m**
 Anno costruzione **primi anni 2000**
 Numero di piani **1**

Note

Posizionamento strumenti

Pav. Piano Strum. Verif.

VVRTB e OIF	DIN 4150-2	VSS 640312
microfoni	geofono	geofono
studio piano terra facciata ad est	salotto piano terra	ingresso piano terra
	Piastrelle	Piastrelle



PM.3

No. mappale **668A**
 Indirizzo **Vicolo Nala 13**
6703 Osogna, Riviera



Distanza binari **23 m**

Anno costruzione **1970**

Numero di piani **2**

Note

Posizionamento strumenti

Pav. Piano Strum. Verif.

VVRTB e DIN 4150-2

OIF

VSS 640312

microfono e geofono

microfono

geofono

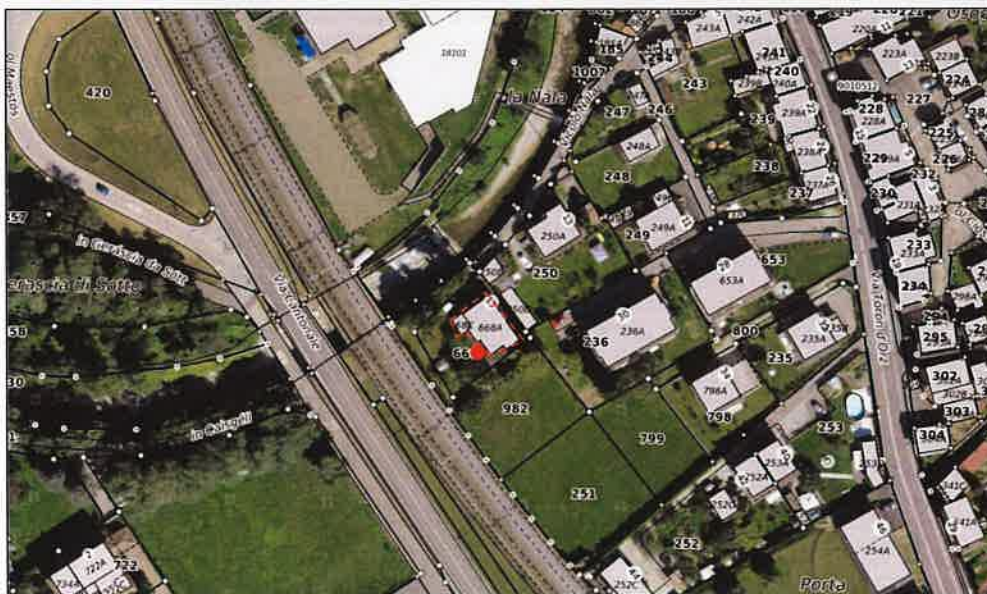
salotto piano primo

salotto piano primo
 facciata ad ovest

salotto piano terra

Parquet

Piastrelle



PM.4

No. mappale **709A**
 Indirizzo **Via ol Mött 17**
6703 Osogna, Riviera



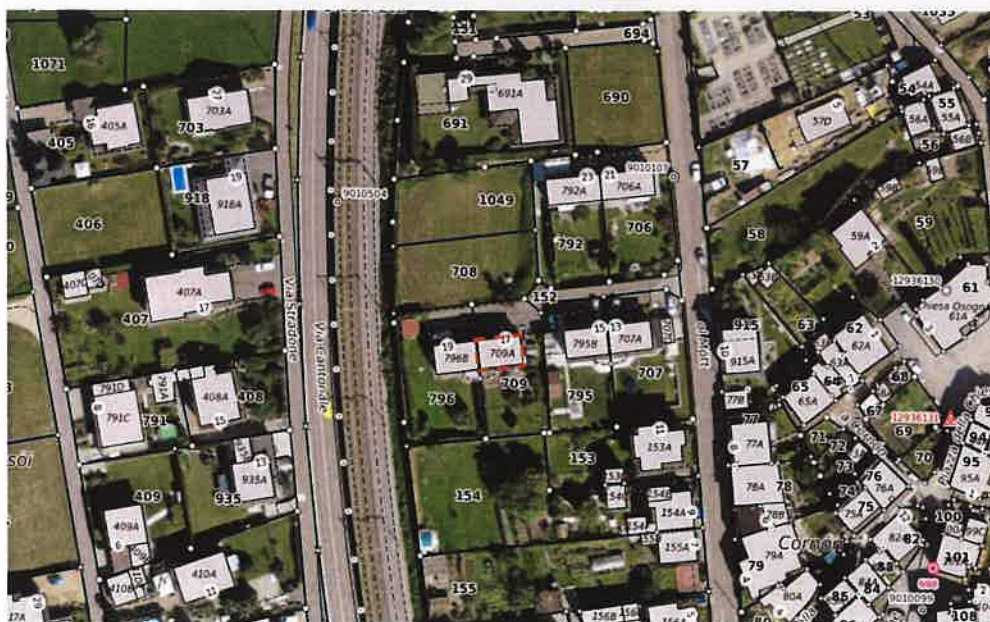
Distanza binari **34 m**
 Anno costruzione **primi anni 90**
 Numero di piani **2+interrato**

Note **Non è stato possibile effettuare la misura fonica**

Posizionamento strumenti

VVRTB e DIN 4150-2 **VSS 640312**
 geofono **geofono**
 cucina piano terra **cantina piano interrato**
 Piastrelle **soletta grezza**

Pav. Piano Strum. Verif.



PM.5

No. mappale
Indirizzo

796B
Via ol Mött 19
6703 Osogna, Riviera



Distanza binari

27 m

Anno costruzione

primi anni 90

Numero di piani

2+interrato

Note

Posizionamento strumenti

Pav. Piano Strum. Verif.

VVRTB e DIN 4150-2

OIF

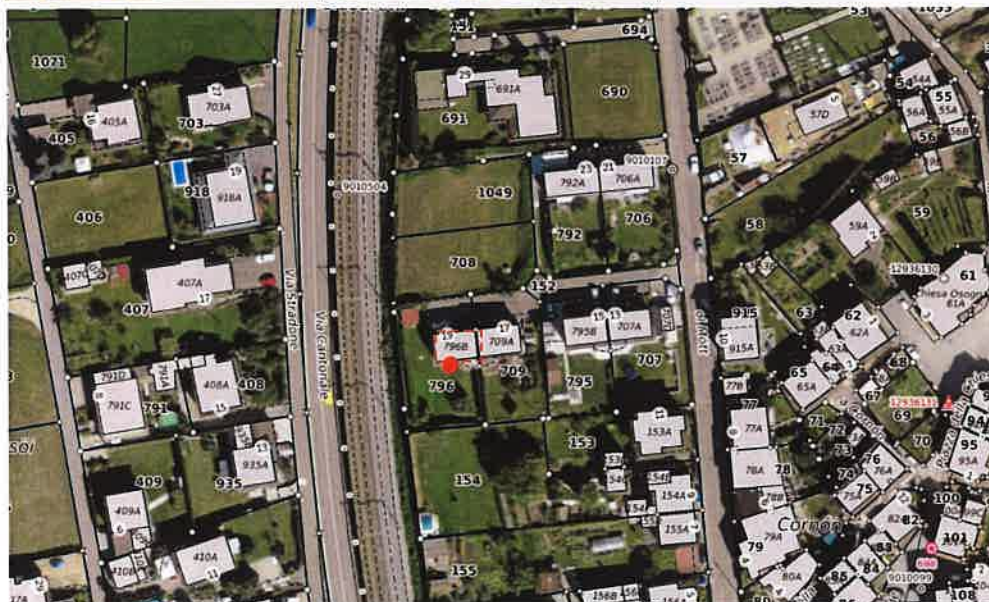
microfono e geofono

microfono

studio piano primo

studio piano primo
facciata a sud

Parquet



PM.6

No. mappale **759H**
 Indirizzo **Via ol Tombon 3**
6703 Osogna, Riviera



Distanza binari **11 m**
 Anno costruzione **2000**
 Numero di piani **2**

Note

Posizionamento strumenti

VVRTB e DIN 4150-2	OIF	VSS 640312
microfono e geofono	microfono	geofono
camera piano primo	camera piano primo facciata a sud	salotto piano terra
Parquet		Parquet

Pav. Piano Strum. Verif.



Allegato 5

PM.7

No. mappale
Indirizzo

178A
In Gerascia da Sora 3
6703 Osogna, Riviera



Distanza binari

16.5 m

Anno costruzione

primi anni 2000

Numero di piani

2 + interrato

Note

Posizionamento strumenti

Pav. Piano Strum. Verif.

VVRTB e DIN 4150-2

OIF

VSS 640312

microfono e geofono

microfono

geofono

camera piano primo

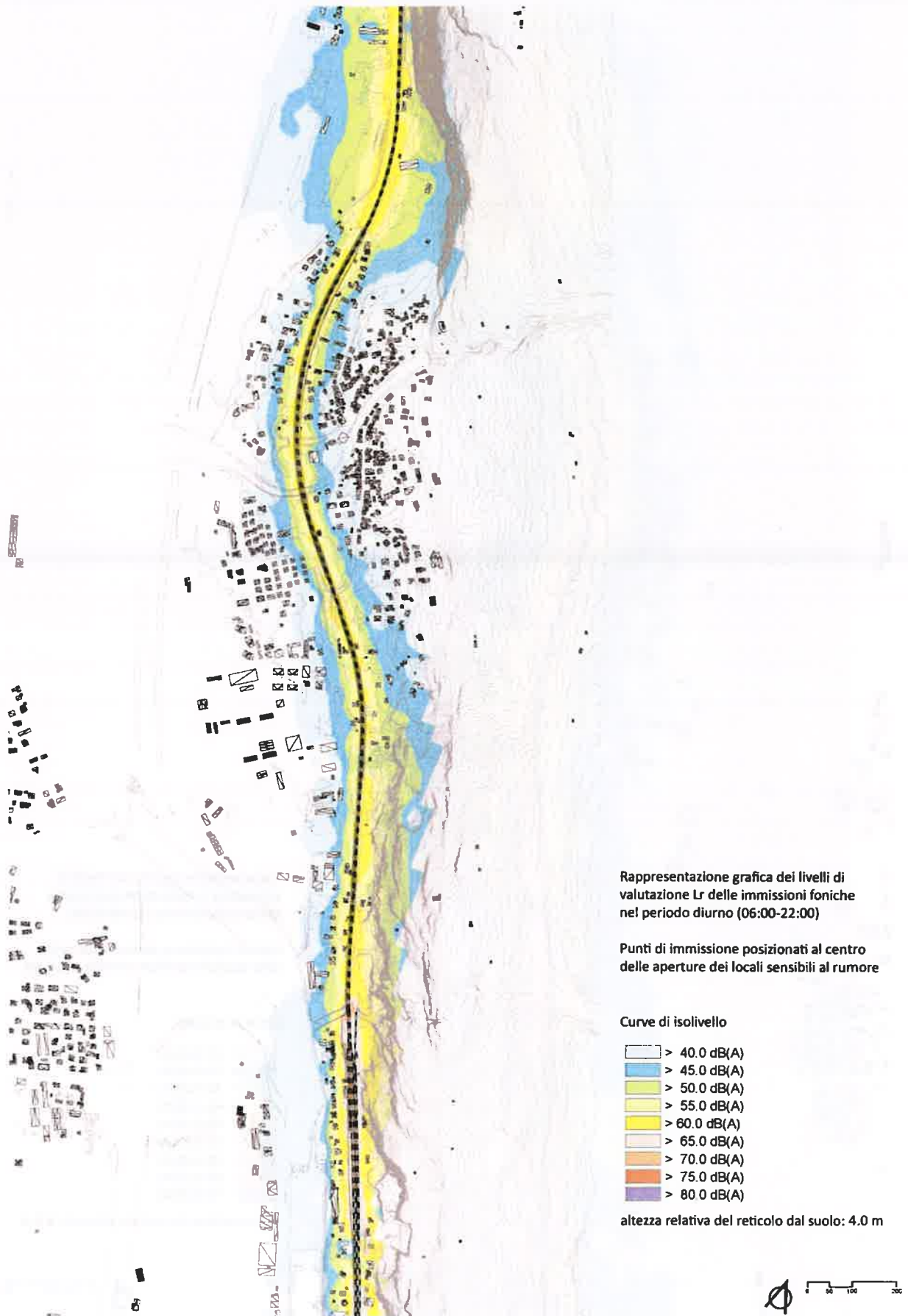
camera piano primo
facciata a ovest

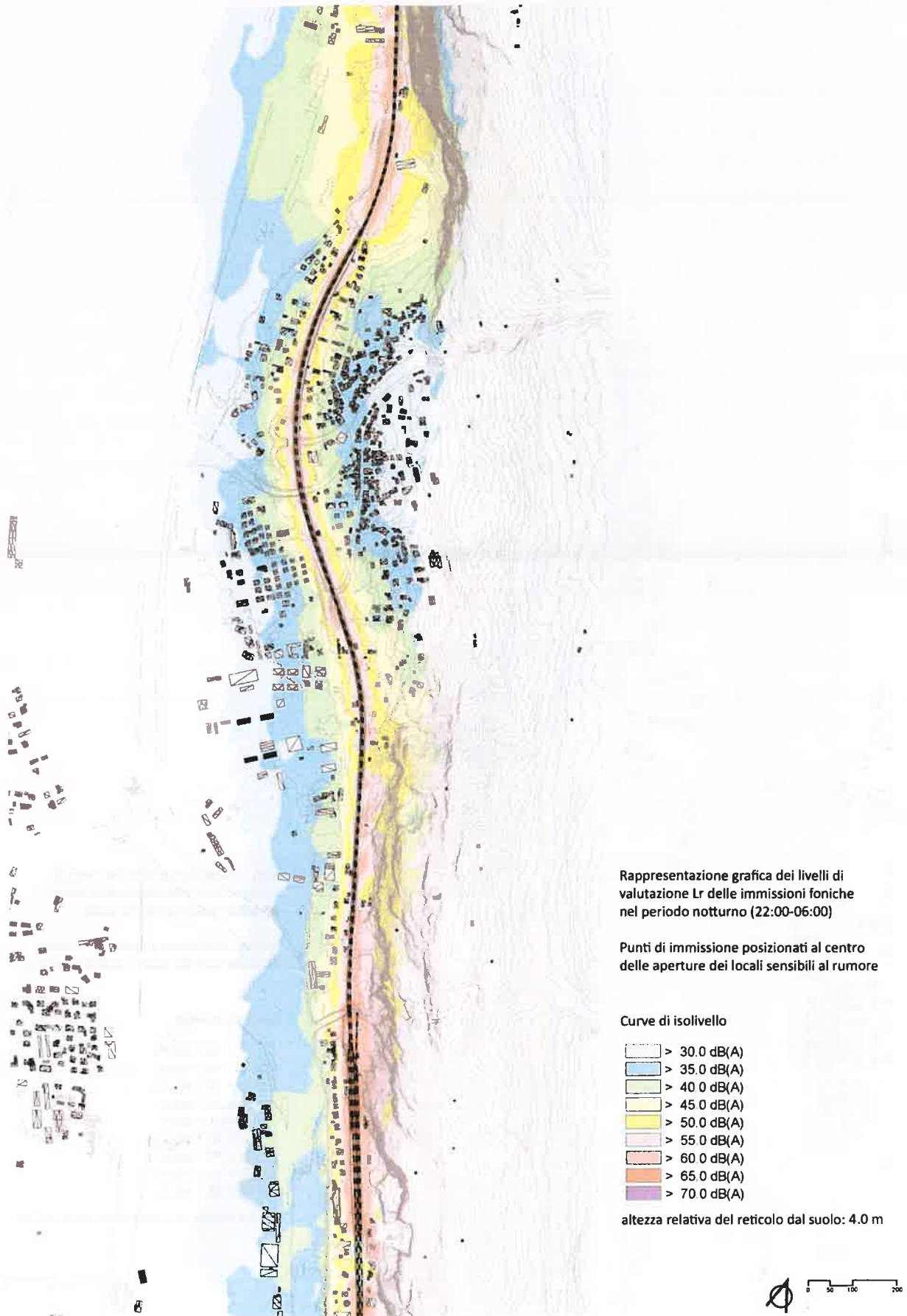
studio piano terra

cotto

linoleum







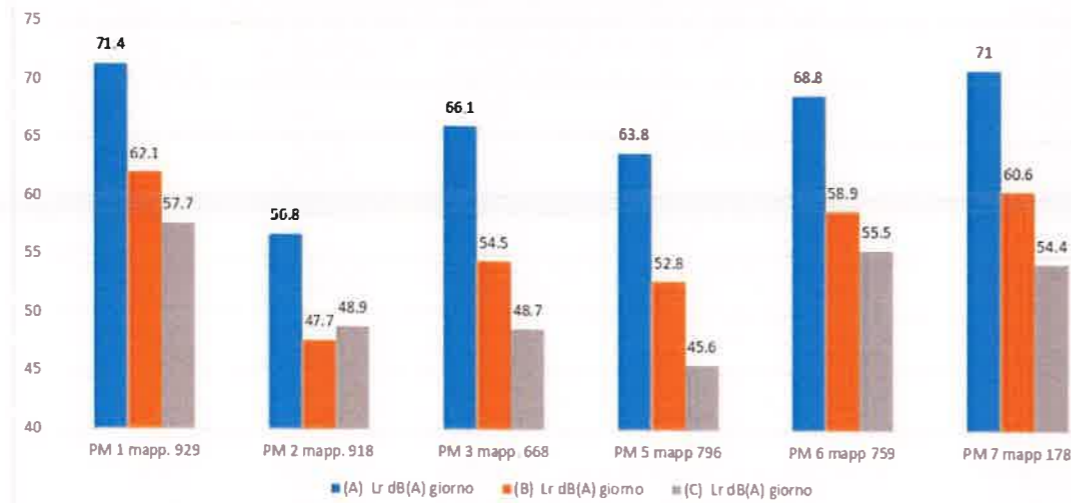
Sintesi risultati fonici

Livelli di valutazione Lr in dB(A) ottenuti dal modello Cadna calibrato BFP presso i punti di misura considerati nella relazione

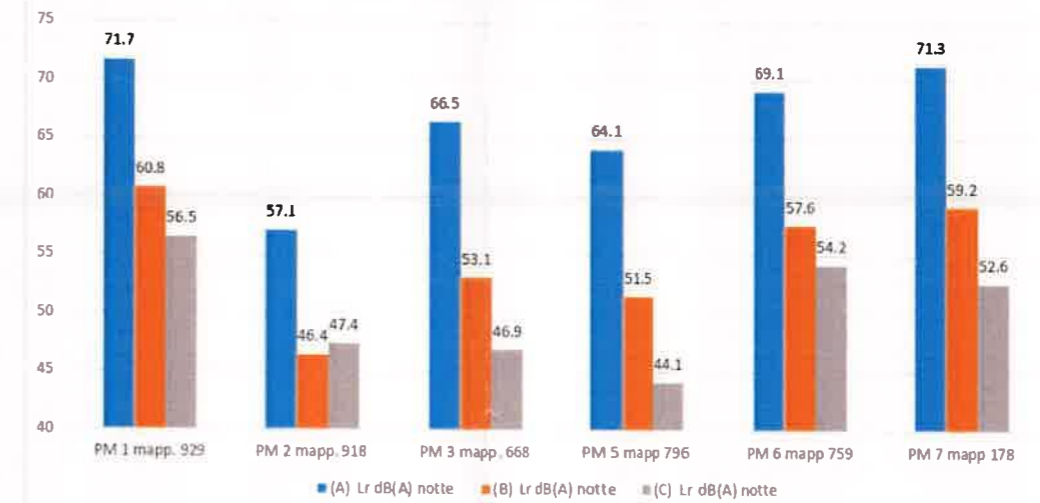
	con emissioni da E-Plan 2015 FFS (A)	con emissioni determinate da BFP (B)	calcolate da misurazioni foniche al centro dell'apertura (C)
	(A) Lr dB(A) giorno	(B) Lr dB(A) giorno	(C) Lr dB(A) giorno
PM 1 mapp. 929	71.4	62.1	57.7
PM 2 mapp. 918	56.8	47.7	48.9
PM 3 mapp. 668	66.1	54.5	48.7
PM 5 mapp. 796	63.8	52.8	45.6
PM 6 mapp. 759	68.8	58.9	55.5
PM 7 mapp. 178	71	60.6	54.4

	con emissioni da E-Plan 2015 FFS (A)	con emissioni determinate da BFP (B)	calcolate da misurazioni foniche al centro dell'apertura (C)
	(A) Lr dB(A) notte	(B) Lr dB(A) notte	(C) Lr dB(A) notte
PM 1 mapp. 929	71.7	60.8	56.5
PM 2 mapp. 918	57.1	46.4	47.4
PM 3 mapp. 668	66.5	53.1	46.9
PM 5 mapp. 796	64.1	51.5	44.1
PM 6 mapp. 759	69.1	57.6	54.2
PM 7 mapp. 178	71.3	59.2	52.6

Livelli di valutazione Lr in dB(A) - GIORNO



Livelli di valutazione Lr in dB(A) - NOTTE



Differenza tra livelli di valutazione Lr da misure foniche BFP e livelli di valutazione Lr ottenuti con modello Cadna calibrato BFP con emissioni determinate da BFP

	giorno, dB(A)
PM 1 mapp. 929	-4.4
PM 2 mapp. 918	1.2
PM 3 mapp. 668	-5.8
PM 5 mapp. 796	-7.2
PM 6 mapp. 759	-3.4
PM 7 mapp. 178	-6.2

(I livelli di valutazione Lr ottenuti da misure foniche sono mediamente 4-5 dB più bassi del valore calcolato con modello Cadna calibrato BFP. Le escursioni tra i valori sono di una certa importanza -> limiti del modello di calcolo?)

	notte, dB(A)
PM 1 mapp. 929	-4.3
PM 2 mapp. 918	1
PM 3 mapp. 668	-6.2
PM 5 mapp. 796	-7.4
PM 6 mapp. 759	-3.4
PM 7 mapp. 178	-6.6

Differenze tra livelli di valutazione Lr da modello Cadna calibrato e emissioni determinate nel 2020 da BFP e livelli di valutazione Lr determinate con emissioni da Eplan 2015 FFS implementate nel modello di calcolo BFP

	Giorno (dB(A))	Notte (dB(A))
PM 1 mapp. 929	-9.3	-10.9
PM 2 mapp. 918	-9.1	-10.7
PM 3 mapp. 668	-11.6	-13.4
PM 5 mapp. 796	-11	-12.6
PM 6 mapp. 759	-9.9	-11.5
PM 7 mapp. 178	-10.4	-12.1
variazione valori	(2.3 dB)	(2.7 dB)

(I livelli di valutazione Lr ottenuti da BFP dal modello di calcolo calibrato nel 2020 sono di ca. 10 dB inferiori ai livelli di valutazione Lr calcolati con le Emissioni 2015 FFS)

Ricapitolazione dei livelli di emissione fonica Lre lungo la linea FFS nel quartiere di Osogna

	Lre dB(A) giorno	Lre dB(A) notte	
Emissione secondo Eplan 2015 FFS	84	84.3	(base per calcolo progetto di risanamento)
Emissioni monitorate nel 2015 dall'ufficio federale de trasporti (UFT)	78.3	76	
Emissioni da rilievi 2020 BFP	74.2	72.9	
Emissioni ZEB 2025	non conosciute		