
RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI MISURE PER CARATTERIZZARE L'ANTE OPERAM ACUSTICO PRIMA DEL RADDOPPIO DELLA LINEA FERROVIARIA BO-VR

COMUNE DI SAN FELICE - ANNO 2005 -

PREMESSA

In previsione dei lavori per il raddoppio della linea ferroviaria di RFI nel tratto Bologna-Verona, Arpa ha effettuato una campagna di misure di ante operam per valutare il rumore ferroviario e, più in generale, il rumore ambientale, nell'abitato di San Felice, al fine di poter successivamente disporre di una serie di dati a cui riferire l'esito dei rilievi realizzati nell'ambito del monitoraggio ambientale, durante le fasi di corso d'opera e post operam.

INQUADRAMENTO DELLA ZONA MONITORATA

L'abitato di San Felice è interessato dal passaggio della linea ferroviaria Bologna-Verona.

La linea attualmente è composta da un unico binario: i treni passeggeri, soprattutto Regionali e Interregionali, fermano tutti in corrispondenza della stazione ubicata all'interno del paese, mentre i treni merci transitano (solo nel periodo notturno) per San Felice senza fermarsi.

Occorre precisare che, nel periodo in cui sono state effettuate le misure, il traffico ferroviario passeggeri (in particolare treni veloci, come EuroStar, EuroCity e EuroNotte), ma soprattutto quello merci, era significativamente ridotto, se non addirittura soppresso (per esempio nel caso di treni merci diurni) rispetto allo standard abituale per ragioni di sicurezza, ritenute necessarie in seguito all'incidente ferroviario avvenuto nei pressi di Crevalcore nel mese di Gennaio 2005.

Per la scelta dei ricettori, in corrispondenza dei quali eseguire il monitoraggio, ci si è basati sulle indicazioni espresse da Italferr nel PMA e sul risultato del sopralluogo realizzato in collaborazione con tecnici comunali nell'Aprile 2005.

I criteri di scelta sono stati i seguenti:

- particolare attenzione ai ricettori sensibili (scuole, ospedali, case di cura e di degenza);
- vicinanza degli edifici alla linea ferroviaria: sono state scelte abitazioni sia sul primo che sul secondo fronte rispetto alla ferrovia;
- assenza di altre sorgenti nelle vicinanze, come ad esempio strade ad intenso traffico, che possano mascherare il rumore dei treni e rendere quindi problematica la quantificazione del solo rumore ferroviario;
- punti di misura sia nei pressi della stazione che a distanze maggiori dalla stessa, per ottenere una descrizione completa dell'impatto acustico dell'infrastruttura ferroviaria nel suo complesso sull'abitato di San Felice;
- punti di misura sia a Nord che a Sud della stazione, per lo stesso motivo di cui sopra;

- possibilità, dal punto di vista tecnico-logistico e di sicurezza, di installare la strumentazione presso i ricettori;
- disponibilità dei cittadini ad ospitare la strumentazione presso le loro abitazioni.

Il tratto di ferrovia monitorata, dal punto più a Sud a quello più a Nord, è di circa 1150 metri.

Durante il periodo di misura, è stato installato un tachimetro, a circa 660 metri a Nord della stazione ferroviaria, vicino al punto di misura RUF 33, che ha rilevato il passaggio, l'orario, la direzione, la lunghezza e la velocità dei treni.

In corrispondenza del punto di monitoraggio del rumore stradale dovuto al traffico indotto dai lavori (RUV 32), è stata inoltre collocata una stazione meteo che, per tutto il periodo di misura, ha rilevato temperatura, umidità, precipitazioni, velocità e direzione del vento, con un campionamento ad intervalli di 5 minuti.

La strada in questione è Via Garibaldi ed è considerata strada di tipo E o F, come dichiarato dall'Ufficio Tecnico del comune (ai sensi del DPR 142/04).

Di seguito è riportata una Planimetria dove sono indicati i punti di misura, la collocazione del tachimetro e della stazione meteo.

Il punto di misura RUF 29, situato sul secondo fronte abitato rispetto alla infrastruttura ferroviaria, è stato soppresso in seguito all'analisi dei risultati della misura, dai quali si osservava che il rumore ferroviario non era assolutamente riconoscibile, causa la lontananza dalla sorgente e la presenza di una strada piuttosto trafficata in prossimità del punto di misura.

M 1: 10000



LEGENDA

-  Ferrovia
-  Fascia A (100 m)
-  Fascia B (150 m)
-  Ricettori (edifici)
-  Punti di misura

Figura 1 - Veduta aerea della zona monitorata e collocazione dei punti di misura

RIFERIMENTI NORMATIVI

- Legge 447 del 11/10/95 Legge Quadro in materia di inquinamento acustico
- DPCM 14/11/97 Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore
- DM 16/03/98 Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico
- DPR 459 del 18/11/98 Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario
- LR 15/2001 Disposizioni in materia di inquinamento acustico
- DPR 142 del 30/03/04 Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare
- Direttiva 2002/49/CE Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale
- Raccomandazione della Commissione del 6 agosto 2003 concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità
- Dlg. 194 del 19/08/2005 Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale

METODOLOGIA DI MISURA

In base a quanto già stabilito dal Progetto di Monitoraggio Ambientale di Italferr, le misure si distinguono in:

1. **RUF:** misure di 24 ore atte a valutare il rumore da traffico ferroviario;
2. **RUS:** misure spot di breve durata, da riportare ai RUF, per avere una più completa caratterizzazione spaziale del rumore generato;
3. **RUL:** misure di 24 ore finalizzate a stimare il rumore dovuto al fronte di avanzamento lavori;
4. **RUC:** misure di 24 ore per rilevare il rumore da cantiere;
5. **RUV:** punti di monitoraggio di una settimana per il rumore da traffico stradale indotto dai lavori per il raddoppio.

In linea di massima è stata seguita la metodologia proposta da Italferr, sia come parametri da rilevare, che come caratterizzazione e durata delle misure. Alcuni punti di misura sono validi per il monitoraggio per più di un aspetto del rumore prodotto dai lavori del raddoppio ferroviario, per questo verranno indicati come RUF/RUL oppure RUF/RUC.

Il riferimento normativo per la tecnica di misura è rappresentato dal DM 16/03/98 - Allegato C, in cui si prevede che la misura per il rumore da traffico ferroviario abbia una durata minima di 24 ore e sia effettuata con il microfono posto a 4 metri di altezza dal suolo e a 1 metro dalla facciata più esposta dell'edificio oggetto d'indagine.

Per quanto riguarda il rumore ferroviario (RUF), il monitoraggio è stato eseguito registrando ogni 125 ms il parametro $L_{AF}(t)$, necessario per riconoscere i passaggi dei singoli transiti ferroviari, da cui si ottiene il valore di L_{AE} per ogni evento treno, al fine di calcolare il valore $L_{Aeq,TR}$ per i periodi diurno e notturno, da confrontarsi con i limiti stabiliti dal DPR n. 459 del 18/11/98.

Tale DPR stabilisce che per le infrastrutture esistenti, con velocità non superiore a 200 km/h, valgono i limiti di seguito riportati:

- 50 dBA diurno e 40 dBA notturno per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo (per le scuole vale solo il limite diurno);
- 70 dBA diurno e 60 dBA notturno per gli altri ricettori all'interno della fascia A (più vicina all'infrastruttura e di larghezza 100 m);
- 65 dBA diurno e 55 dBA notturno per gli altri ricettori all'interno della fascia B (più lontano dalla infrastruttura e di larghezza 150 m).

Le misure di tipo RUS, misure assistite di breve durata, hanno avuto una durata media di due ore, sufficienti per rilevare il passaggio di otto treni. Alcuni punti di misura di tipo RUS, previsti da Italferr, sono stati da Arpa sostituiti con misure di tipo RUF (misura di durata pari a 24 ore), in quanto, essendo il numero dei treni in transito relativamente basso, è stato ritenuto più significativo, ove possibile, rilevare il livello di rumore generato da tutti i passaggi di una intera giornata, da confrontare con i passaggi misurati nel punto di misura P_R , in corrispondenza della stessa sezione dell'infrastruttura, ma più vicino alla linea ferroviaria (come descritto nell'Allegato C del DM 16/03/98).

Le misure di tipo RUL e RUC hanno avuto anch'esse durata di 24 ore, con microfono a 1 metro dalla parete più esposta e a 4 metri di altezza dal suolo. Per queste misure è previsto che si valutino i L_{Aeq} orari, i livelli statistici cumulativi orari e il numero delle eccedenze, cioè dei superamenti della soglia di 70 dBA per una durata di almeno 15 secondi.

La misura di tipo RUV, eseguite secondo la metodologia stabilita dall'Allegato C del DM 16/03/98, ha avuto durata di una settimana, in cui il parametro Leq è stato rilevato in continuo, al fine di calcolare i Leq orari e i valori di Leq medio diurno e notturno, da confrontare con i limiti stabiliti dal DPR n. 142 del 30/03/04. Sono state, inoltre, rilevate le eccedenze, così come sopra descritte.

Per quanto riguarda la strada oggetto di indagine, essa non è ancora stata classificata formalmente dall'Ufficio Tecnico del comune; viene comunque considerata, secondo dichiarazione del comune, come strada urbana di quartiere (tipo E) o locale (tipo F): in entrambi i casi la fascia di pertinenza è definita pari a 30 metri, nei quali valgono i limiti della zonizzazione acustica vigente. In questo caso, trattandosi di una casa di riposo per anziani, quindi di un ricettore sensibile, con permanenza anche

notturna, per esso valgono i limiti della classe I, cioè 50 dB(A) nel periodo diurno e 40 dB(A) nel periodo notturno.

In molti casi non è stato possibile posizionare il microfono a 1 metro dalla facciata, ma più distante e comunque all'interno dell'area di pertinenza. Si è ritenuto, comunque, opportuno confrontare i risultati delle misure con i limiti di immissione assoluti relativi al rumore ferroviario, in quanto la definizione di ricettore, fornita dal DPR 459 del 18/11/98, considera le aree di pertinenza come facenti parte del ricettore stesso. Per dare un'idea comunque di quanto sarebbe stato il livello ad un metro dalla facciata, è stata effettuata una stima considerando solo l'attenuazione per divergenza geometrica (a causa della maggiore distanza dall'infrastruttura ferroviaria) ed è stato riportato il risultato nelle schede tecniche relative ai singoli punti di misura.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

MISURA DI LIVELLI ACUSTICI

Strumentazione 01dB:

- 2 Fonometri/analizzatori 01dB SOLO MASTER, conformi alla classe I delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994; gli analizzatori in frequenza in tempo reale, in ottave e in 1/3 di ottava con filtri da 12.5 Hz a 20 KHz, sono conformi alla classe 0 della norma EN 61260. Gamma di misura effettiva: 18 - 137 dB.

Certificati di calibrazione n. 00824 e 00839 del 28/09/04

- 2 Microfoni prepolarizzati in campo libero tipo MCE212 in classe I conformi alla norma EN61094, con sensibilità di 50 mV/Pa
- Calibratore acustico tipo Cal21 a norma IEC 942 in classe I.

Certificato di calibrazione n. 00827 del 28/09/04

- 2 Kit microfonici per esterno tipo BAP21 completi di copertura antipioggia, schermo controvento e punte antivolatili, completi per l'alloggiamento del microfono e del preamplificatore
- 2 Box per esterni, in materiale plastico, comprensivi di batterie dry-fit e aggancio per palo
- 2 Pali estendibili + prolunga per portare il microfono a 4 metri di altezza
- Sistema di alimentazione a 220 Volt
- Software dBTrait32 (ver. 4.7) per l'importazione, visualizzazione e gestione dei dati misurati su PC.

Strumentazione Brüel & Kjær:

- Un Fonometro/analizzatore 2260 INVESTIGATOR della Brüel & Kjær, equipaggiato dai moduli software BZ7206 e BZ7203; il fonometro è conforme alla classe I delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994; l'analizzatore in frequenza real-time, in ottave con filtri da 16 Hz a 16 KHz e in 1/3 di ottava con filtri da 6,3 Hz a 20KHz, è conforme alla classe 0 della

norma EN 61260. Gamma di misura effettiva: 20 – 150 dB.

Certificato di calibrazione n. 05-0763-F del 24/10/05

- Microfono prepolarizzato in campo libero 4189 da ½ pollice con sensibilità di 50 mV/Pa
- Calibratore acustico tipo 4231 a norma IEC 942 in classe I.

Certificato di calibrazione n. 05-0763-C del 24/10/05

- Kit microfonico per esterno UA 1404 completo di copertura antipioggia, schermo controvento e punte antivolatili, completo per l'alloggiamento del microfono e del preamplificatore
- Software 7820 Evaluator (ver. 4.4) per l'importazione, visualizzazione e gestione dei dati su PC
- Furgone mobile per l'alloggiamento delle apparecchiature, con fornitura dell'energia elettrica da parte della Casa di Riposo "Augusto Modena".

MISURA DEI DATI METEOROLOGICI

- Stazione meteo Vantage Pro Weather della Ditta Davis Instruments, dotata di sensori per temperatura, umidità, velocità e direzione del vento, pioggia caduta, completa di sistema di trasmissione dati via radio al data-logger Envoy, che permette di memorizzare e scaricare i dati meteo misurati
- Software WeatherLink per acquisire, visualizzare ed elaborare i dati su PC

MISURA DEI TRANSITI FERROVIARI

- Tachimetro Racetime 2 della Ditta MicroGate S.r.l., costituita da due fotocellule da collocare lungo la linea ferroviaria, completa di sistema di trasmissione dati via radio al ricevitore Racetime, che permette di memorizzare e scaricare i dati relativi ai passaggi rilevati
- Software Trainspeed per acquisire, visualizzare ed elaborare i dati su PC

LA SITUAZIONE METEOROLOGICA

Il DM 16/03/98 prevede che le misure di rumore debbano essere eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche e con velocità del vento non superiore a 5 m/s.

I dati meteorologici sono stati acquisiti mediante l'impiego di una stazione meteorologica portatile, fissata sul mezzo mobile, posto nel cortile antistante la Casa di Riposo "Augusto Modena", in corrispondenza del punto di misura RUV 32.

Il periodo di monitoraggio (dal 13 Aprile al 4 Maggio 2005) è stato caratterizzato da generali condizioni di tempo instabile, con assenza di precipitazioni nei giorni di misura, da una grande escursione termica e del valore percentuale di umidità, soprattutto nel periodo diurno, e da valori di intensità del vento costantemente inferiori a 5 m/s.

Nei singoli periodi di misura le condizioni meteorologiche hanno rispettato quanto previsto dal DM 16/03/98.

TRAFFICO FERROVIARIO

Il traffico ferroviario rilevato non risulta completo per tutti i periodi di misura, a causa di problemi tecnici riscontrati nell'uso del tachimetro, dovuti anche alle condizioni meteo di elevata umidità nelle ore notturne e del primo mattino.

Sono riportati di seguito, a titolo esemplificativo, i risultati delle misure per 24 ore di misura.

Data	ora	T passaggio	Tipo treno	Motrice	V (Km/h)	Direzione	L treno (m)
13/04/2005	11.41	0:09,445	Reg	D	26	Sud	49
13/04/2005	11.47	0:04,383	Reg	E	55	Nord	124
13/04/2005	12.21	0:04,084	IR	E	59	Nord	170
13/04/2005	12.38	0:03,463	IR	E	70	Sud	190
13/04/2005	13.38	0:08,202	IR	E	30	Sud	183
13/04/2005	13.42	0:03,497	Reg	E	69	Nord	147
13/04/2005	14.22	0:03,799	IR	E	64	Nord	164
13/04/2005	14.36	0:03,789	Reg	E	64	Sud	152
13/04/2005	15.04	0:04,295	Reg	D	56	Nord	46
13/04/2005	15.16	0:08,946	Reg	E	27	Sud	128
13/04/2005	15.22	0:04,715	Reg	D	51	Nord	46
13/04/2005	15.34	0:03,161	IR	E	77	Sud	186
13/04/2005	16.19	0:05,197	Reg	E	47	Sud	52
13/04/2005	16.22	0:08,676	IR	E	28	Nord	156
13/04/2005	17.23	0:02,725	Reg	E	89	Nord	57
13/04/2005	17.37	0:04,710	IR	E	51	Sud	189
13/04/2005	18.07	0:03,843	Reg	E	63	Nord	51
13/04/2005	18.37	0:08,087	Reg	E	30	Sud	51
13/04/2005	18.45	0:03,394	Reg	E	71	Nord	166
13/04/2005	19.27	0:03,917	Reg	E	62	Nord	212
13/04/2005	19.39	0:03,775	IR	E	64	Sud	182
13/04/2005	20.25	0:03,737	IR	E	65	Nord	163
13/04/2005	20.38	0:03,499	Reg	E	69	Sud	50
13/04/2005	21.07	0:03,364	Reg	E	72	Nord	52
13/04/2005	21.37	0:07,860	IR	E	31	Sud	184
13/04/2005	21.47	0:04,742	IR	E	51	Nord	165
13/04/2005	22.21	0:03,768	Reg	E	64	Sud	51
13/04/2005	23.28	0:01,838	EN	E	132	Nord	227
13/04/2005	23.37	0:02,622	MERCI	E	92	Nord	446
14/04/2005	0.23	0:04,444	Reg	D	54	Nord	92
14/04/2005	0.38	0:02,596	MERCI	E	93	Nord	512
14/04/2005	0.50	0:03,195	MERCI	E	76	Nord	182
14/04/2005	5.38	0:07,855	Reg	D	31	Sud	128
14/04/2005	6.20	0:05,024	Reg	E	48	Nord	58
14/04/2005	6.29	0:18,517	Reg	E	13	Sud	126
14/04/2005	6.49	0:27,031	IR	E	9	Nord	58
14/04/2005	6.58	0:03,816	EN	E	63	Sud	165
14/04/2005	7.10	0:24,719	Reg	D	10	Sud	63
14/04/2005	7.30	0:05,229	Reg	E	46	Sud	262
14/04/2005	7.40	0:02,933	Reg	E	83	Nord	53
14/04/2005	8.14	0:07,303	IR	E	33	Sud	174
14/04/2005	8.20	0:04,228	IR	E	57	Nord	165
14/04/2005	8.30	0:05,224	Reg	E	46	Sud	49
14/04/2005	8.46	0:04,388	Reg	D	55	Nord	46

Tabella 1 - Passaggi e caratteristiche dei treni diurni e notturni di un giorno tipo

Durante il periodo diurno (6-22) sono presenti solo treni passeggeri (37), principalmente di tipo Regionale e InterRegionale, di cui l'84% è a trazione elettrica (E) e il 14% ha motrice diesel (D). Tutti si fermano in stazione a San Felice.

Per quanto riguarda il periodo notturno, i treni merci variano da uno a tre nei vari giorni di misura, mentre è sempre presente un treno EuroNotte. Sia i merci che l'EN transitano attraverso l'abitato senza fermarsi in stazione, quindi producono un livello di pressione sonora decisamente più elevato rispetto agli altri treni, a causa della loro lunghezza, velocità e, nel caso dei treni merci, anche del maggiore peso del veicolo.

I treni passeggeri notturni sono generalmente tre, ma durante alcune notti risulta passarne uno in più, perché un treno del periodo precedente transita in ritardo.

RISULTATI DELLE MISURE

I risultati delle misure sono riportati in dettaglio nelle schede tecniche allegate alla presente relazione.

Le schede sono così articolate:

- Descrizione del punto di misura, comprendente i dati anagrafici, le principali sorgenti di rumore, la fascia ferroviaria e zona acustica di appartenenza
- Tipo di rilevamento, secondo PMA, con indicazione dell'ora di inizio
- Inquadramento fotografico del punto di misura e del ricettore considerato
- Descrizione delle condizioni meteorologiche, riportante informazioni su temperatura e umidità (distinte tra minimo e massimo, diurno e notturno), velocità e direzione del vento (direzioni più ricorrenti con indicata la percentuale di tempo di presenza sul totale del tempo di misura), eventuale presenza di precipitazioni
- Sintesi dei risultati della misura, con riportati:
 - o L_{AE} SEL complessivo di tutti i transiti dei treni sul periodo di riferimento
 - o $L_{Aeq,TR}$ livello equivalente di pressione sonora dovuto al rumore ferroviario sul periodo di riferimento
 - o L_{Amb} livello equivalente di pressione sonora dovuto a tutte le sorgenti sonore sul periodo di riferimento
 - o L_{Res} livello equivalente di pressione sonora escluso il contributo del rumore ferroviario sul periodo di riferimento
 - o numero dei treni rilevati sul periodo di riferimento
- Annotazioni, riportano note in casi particolari, come ad esempio i RUS, per specificare a quale punto P_R ci si riferisce, o altro
- Livello di pressione sonora al ricettore dovuti all'infrastruttura ferroviaria, riporta i livelli stimati ad un metro dalla facciata più esposta del ricettore oggetto di indagine, considerando solo la divergenza geometrica e tenendo conto che il punto di misura solitamente si trova più vicino alla sorgente rispetto a tale facciata
- Planimetria dell'area monitorata, con indicati il punto di misura e il ricettore considerato
- Andamento temporale del parametro $L_{AF}(t)$ durante l'intero periodo di misura, con indicati i due periodi diurno e notturno e i picchi attribuiti ai

transiti dei treni

- Tabella riportante i passaggi dei treni rilevati, con indicati l'orario, durata del transito, Leq e SEL per ogni treno, sia per il periodo diurno che notturno

Per i punti di tipo RUL e RUC sono stati, inoltre, riportati:

- Tabella contenenti i livelli orari di Leq e parametri statistici (L_{99} , L_{90} , L_{50} , L_{10} , L_1)
- Presenza di eccedenze, cioè superamenti del livello di soglia di 70 dB(A) per una durata minima di 15 secondi, così come richiesto dal PMA

Per il punto di misura RUV 32 sono riportati la time history del LAeq, gli andamenti dei LAeq orari nei vari giorni della settimana ed il livello equivalente medio giornaliero e settimanale (diurno e notturno).

Si è scelto di riportare nelle schede tutti i valori misurati e calcolati non approssimati a 0,5, per fornire un maggior dettaglio dei risultati ottenuti.

Nella seguente Tabella, invece, sono riportati sinteticamente i risultati dei livelli di pressione sonora (diurno e notturno) dovuti al rumore ferroviario, confrontati con i relativi limiti assoluti di immissione, e i livelli di pressione sonora dovuti alle restanti sorgenti (L_{Res} diurno e notturno) confrontati con i limiti assoluti di immissione per la zona acustica di appartenenza (valori tutti approssimati a 0,5, come richiesto dal DM 16/03/98).

P.to di misura	$L_{Aeq,TR}$ diurno	Limite treni diurno	$L_{Aeq,TR}$ notturno	Limite treni notturno	L_{Res} diurno	Limite di zona diurno	L_{Res} notturno	Limite di zona notturno
RUF/RUL 26	51.5	70	57	60	48.5	65	47.5	55
RUF/RUC 26 bis	44	70	46.5	60	53	65	42	55
RUF 27	50	70	54.5	60	52	65	42.5	55
RUF/RUS 28	33.5	65	38	55	50	55	42.5	45
RUF Felicioni	48.5	70	54.5	60	55.5	65	45	55
RUF 30	51.5	70	60	60	55	65	53	55
RUF/RUL 32	56	50	60.5	40	51	50	46.5	40
RUF 33_1	56	70	56	60	60	65	53	55
RUS 34	46	65	46	55	n.v.	60	n.v.	50
RUF 33_2	56	70	59.5	60	61	65	52.5	55
RUS Chiesa	47.5	70	51	60	n.v.	60	n.v.	50
RUS Municipio	45	65	46	55	n.v.	60	n.v.	50
RUF 35	47.5	65	50.5	55	50.5	60	41.5	50
RUF/RUL 36	64.5	70	63	60	50	65	43.5	55
RUF/RUS 36 bis	53	70	51	60	52.5	65	44	55

Tabella 2 - Sintesi dei risultati delle misure

La sigla *n.v.* indica i livelli che non è stato possibile valutare.

Sono indicati in rosso i valori che superano i relativi limiti.

Osservazioni ai risultati delle misure

Si osserva che, pur essendo i treni in numero decisamente inferiore di notte rispetto al giorno, la presenza nel periodo notturno di alcuni treni merci e dell'EN (veicoli lunghi, transitanti ad alta velocità attraverso l'abitato di San Felice) genera livelli di pressione sonora notturni paragonabili, se non a volte superiori, a quelli diurni.

Il superamento dei limiti di immissione per il rumore da traffico ferroviario si ha solo per il RUF 32, ricettore sensibile, in quanto area ospedaliera, sia nel periodo diurno che notturno, e per il RUF 36 solo nel periodo notturno.

Per quanto riguarda il rumore dovuto alle altre sorgenti sonore, si osservano livelli per lo più ampiamente al di sotto dei limiti di zona.

Livelli più elevati si rilevano in quei punti (RUF 30, RUF Felicioni, RUF 33) che si trovano nei pressi di una strada.

Fanno eccezione i punti RUF 27 e RUF 28, che presentano un livello di fondo diurno stranamente elevato, nonostante non si trovino vicino a strade o ad altre sorgenti di rumore particolari. Tali livelli sono probabilmente dovuti al passaggio di alcuni aerei tra le 10 e le 11 del giorno 29 Aprile 2005.

Inoltre nel punto RUF 28 si rileva l'attivazione di una sorgente sonora non identificata, tra le ore 16.20 e le 17.50 del giorno 28 Aprile 2005, che si distingue chiaramente rispetto al normale rumore di fondo tipico del resto del periodo di misura.

Eliminando dalla misura i contributi di tali eventi anomali si ottiene un livello equivalente di pressione sonora sul periodo diurno pari a 52 dB(A) per il punto RUF 27 e 50 dB(A) per il punto RUF 28, tornando così in linea con i valori rilevati in altri analoghi punti di misura.

I risultati delle misure del punto RUF 32, elaborati secondo l'allegato C del DM 16/03/98 (vedi relativa scheda), sono i seguenti:

	L_{Aeq} (dBA)	Strada urbana di quartiere o locale - tipo E/F - Fascia di pertinenza acustica 30 m Limiti di Classe I
Diurno	60.5	50
Notturmo	54.5	40

Tabella 3 - L_{Aeq} medi settimanali, confrontati con i limiti vigenti secondo il DPR 142/04 e la zonizzazione acustica vigente

Trattandosi di un ricettore sensibile, casa di riposo per anziani all'interno dell'area ospedaliera, i limiti di immissione, diurno e notturno, sono quelli della zona acustica di appartenenza (classe I). Essi risultano ampiamente superati nel punto di misura.

SIMULAZIONE DEL RUMORE FERROVIARIO

Poiché il traffico ferroviario nel periodo delle misure era ridotto rispetto a quello normale, causa l'incidente accaduto nel mese di Gennaio 2005, si è proceduto a simulare il livello di rumore che avrebbe prodotto un traffico ferroviario a regime, utilizzando il programma previsionale IMMI della Wölfel.

Si tratta di un software per la mappatura del rumore, che, sulla base della caratterizzazione acustica delle sorgenti sonore e considerando i possibili fenomeni fisici che intervengono sul percorso di propagazione, consente il calcolo previsionale del livello di pressione sonora in un qualsiasi punto dello spazio circostante. Questo software fornisce algoritmi per il calcolo del rumore generato da diversi tipi di sorgenti sonore (stradale, ferroviaria, industriale ecc.), basandosi su banche dati sperimentalmente acquisite e su linee guida riconosciute.

I livelli di rumore misurati ed i dati meteorologici e di traffico ferroviario acquisiti sono stati utilizzati per tarare alcuni parametri del modello previsionale, in modo da descrivere opportunamente la situazione rilevata; ciò al fine di simulare la "situazione a regime" che non è stato possibile monitorare per le ragioni predette.

Per riprodurre il contesto in modo adeguato, è stata utilizzata una ortofoto di San Felice come carta planimetrica di fondo su cui sono stati messi in evidenza la linea e la stazione ferroviaria, i principali edifici/abitazioni e i punti di misura.

La sorgente di rumore ferroviario è stata modellizzata in due modi diversi:

1. attraverso lo standard SRM II olandese, raccomandato per il rumore ferroviario dalla Direttiva 2002/49/CE e ripreso dalla Raccomandazione 2003/613/CE della Commissione delle Comunità Europee;
2. attraverso lo standard ISO 9613-2 per le sorgenti lineari, al fine di poter utilizzare una banca dati per l'emissione dei treni derivata da misure fatte su veicoli italiani, ricavata sperimentalmente da parte di RFI.

Simulazione con lo standard SRM II

Il metodo olandese SRM II ha un proprio database di emissione, che è differenziato secondo dieci diversi tipi di treni (distinti a seconda del tipo di trazione e di freni). Nel caso in esame sono state considerate la categoria 1 (treni passeggeri con freni a ceppi), la categoria 4 (treni merci con freni a ceppi), la categoria 5 (treni diesel con freni a ceppi) e la categoria 9a (treni ad alta velocità).

Ogni tipologia è caratterizzata da 2 o 4 spettri sonori, non modificabili, in bande di ottava da 63 Hz a 8 kHz: per le categoria da 1 a 8, uno spettro rappresenta l'emissione del tratto lineare di sorgente ferroviaria posta a 0 metri di altezza al suolo, uno quella a 0.5 metri dal suolo; per le categorie 9a e 9b gli spettri sono quattro e rappresentano l'emissione a 0.5, 2, 4 e 5 metri di altezza dal suolo.

L'entità dell'emissione diurna e notturna è determinata dalla quantità oraria di unità (comprensiva di motrici e carrozze/vagoni) e dalla velocità media delle stesse, distinte tra frenanti e non frenanti, per ogni categoria di treno.

Il modello tiene poi conto dell'infrastruttura presente: nel nostro caso si tratta di traversine di cemento su ballast.

Secondo quanto rilevato dal tachimetro e dalle informazioni forniteci da RFI, i dati in ingresso utilizzati sono riportati nella seguente tabella 4. A causa di malfunzionamenti del tachimetro, non è stato possibile avere informazioni complete per tutti i giorni di misura; la simulazione è stata quindi eseguita per 13 dei 15 punti di misura.

Data		13_14/04/05		14_15/04/05		18_19/04/05		26_27/04/05		27_28/04/05		28_29/04/05	
GIORNO	Dir	Qc/h	Vc(km/h)	Qc/h	Vc(km/h)	Qc/h	Vc(km/h)	Qc/h	Vc(km/h)	Qc/h	Vc(km/h)	Qc/h	Vc(km/h)
cat 1	Nord	5.6	57	4.9	63	5.3	65	5.3	65	5.3	60	5.2	58
cat 1	Sud	4.9	50	5.6	51	6.2	50	6.0	58	6.1	57	6.0	53
cat 5	Nord	0.5	43	0.4	55	0.4	52	0.4	54	0.4	51	0.4	52
cat 5	Sud	0.1	29	0.3	19	0.3	48	0.4	55	0.4	46	0.3	52
NOTTE													
cat 1	Nord	0.0	0	0.8	30	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
cat 1	Sud	0.3	64	0.3	30	0.3	66	0.3	58	0.3	67	0.3	60
cat 4	Nord	6.6	98	6	107	1.8	106	2.6	102	5.5	89	1.8	117
cat 5	Nord	0.5	54	0.3	51	0.3	53	0.3	51	0.3	42	0.3	56
cat 5	Sud	0.6	31	0.6	31	0.3	58	0.3	59	0.3	59	0.3	51

Tabella 4 - Dati di ingresso per il traffico ferroviario per lo standard SRM II

Legenda:

Qc/h = numero medio orario di unità

Vc (km/h) = velocità media delle unità

Dir: verso Nord e verso Sud (nel tratto proveniente da Bologna fino alla stazione, i treni frenanti sono quelli in direzione Nord e non frenanti quelli in direzione Sud; nel tratto dalla stazione in direzione Verona è il contrario).

Si osserva che il traffico ferroviario diurno è quasi esclusivamente caratterizzato da treni passeggeri a trazione elettrica, con una variazione massima tra i vari giorni del 20%, sia relativamente alla quantità media oraria che alla velocità media. Nel periodo notturno il traffico è dovuto prevalentemente ai treni merci, che risultano invece piuttosto variabili come lunghezza (anche oltre il 100%).

Il tratto di linea ferroviaria che attraversa il centro abitato di San Felice è stato suddiviso in quattro parti: al tratto che da Nord arriva fino a 300 metri prima della stazione sono stati associati i dati di traffico rilevati dal tachimetro; nei 300 metri più prossimi alla stazione da Nord le velocità delle varie categorie di treni (tranne la velocità dei treni merci, che non si fermano in stazione) sono state considerate ridotte a 30 Km/h; i due tratti a Sud della stazione sono stati considerati simmetricamente nello stesso modo di quelli a Nord per quanto riguarda le velocità, considerando invertiti i dati per i treni frenanti e non frenanti, per il motivo sopra descritto.

I calcoli, effettuati in frequenza, richiedono, per considerare l'effetto del suolo, l'espressione del parametro G che varia da 0 (terreno totalmente riflettente) a 1 (terreno totalmente assorbente). Si è ritenuto di considerare un G intermedio, pari a 0.5, per i punti di misura RUF 26, 26bis, 33, 27, 28 e RUS Chiesa e Municipio (cfr. Figura 1), in quanto sarebbe risultato oltremodo complesso stabilire quale valore attribuire in varie configurazioni composite (asfalto, cortile con ghiaia, giardino, siepe, ecc.).

Per i punti di misura RUF 36, 36bis, 35, 32_1, 30 e Felicioni è stato considerato, invece, un G pari a 0, in quanto la parte di suolo che separa tali punti dalla sorgente ferroviaria è essenzialmente costituita da asfalto o terreno duro. Si specifica che il punto RUF 32 qui considerato non è lo stesso riportato nella Figura 1; si tratta di un'altra misura effettuata per lo stesso ricettore, ma in una posizione più vicina alla linea ferroviaria, per il cui periodo di misura si conoscono i dati di traffico ferroviario, al contrario del punto considerato ai fini del monitoraggio, per il quale mancavano tali dati e che, per la sua maggiore vicinanza all'edificio, è risultato, invece, più adatto ai fini della valutazione dei livelli di rumore al ricettore.

L'incidenza dell'assorbimento atmosferico (determinato da temperatura ed umidità) è ovviamente modesta, considerate le distanze in gioco: sono stati, quindi, assunti valori medi di temperatura e umidità pari a 15°C e 70% per tutte le simulazioni.

Per quanto riguarda gli effetti meteo sulla propagazione, considerate le distanze ridotte tra sorgente e ricettori nel contesto territoriale oggetto di studio, gli stessi non sono stati presi in conto.

I risultati confrontati con le misure sono riportati nella seguente Tabella 5 (sfondo giallo=periodo diurno; sfondo azzurro=periodo notturno), dove le differenze tra calcolato e misurato (DIF) sono evidenziate in arancione se superiori a 2 dBA, in blu se inferiori a -2 dBA.

Data di misura	Periodo	G	Punto di misura	L _{eq, TR} misurato dB(A)	L _{eq, TR} simulato dB(A)	DIF
13-14/04/05	Diurno	0.5	RUF/RUL 26	51.3	50.4	-0.9
	Notturmo	0.5	RUF/RUL 26	57	60	3
13-14/04/05	Diurno	0	RUF 32_1	61	59.9	-1.1
	Notturmo	0	RUF 32_1	67.7	63.2	-4.5
14-15/04/05	Diurno	0	RUF 30	51.6	53.7	2.1
	Notturmo	0	RUF 30	59.9	59.7	-0.2
14-15/04/05	Diurno	0	RUF Felicioni	48.3	49.3	1
	Notturmo	0	RUF Felicioni	54.7	55.2	0.5
18-19/04/05	Diurno	0	RUF 36 bis	53.1	53.8	0.7
	Notturmo	0	RUF 36 bis	50.9	52	1.1
18-19/04/05	Diurno	0	RUF 36	64.6	63.2	-1.4
	Notturmo	0	RUF 36	63.1	61.4	-1.7
26-27/04/05	Diurno	0	RUF 35	47.6	48.4	0.8
	Notturmo	0	RUF 35	50.3	46.7	-3.6
26-27/04/05	Diurno	0.5	RUF 26 bis	44.2	44.7	0.5
	Notturmo	0.5	RUF 26 bis	46.5	52.4	5.9
27-28/04/05	Diurno	0.5	RUS Chiesa	47.6	45.5	-2.1
	Notturmo	0.5	RUS Chiesa	51.2	45.7	-5.5
27-28/04/05	Diurno	0.5	RUS Mun	45.1	44.5	-0.6
	Notturmo	0.5	RUS Mun	46	44.8	-1.2
27-28/04/05	Diurno	0.5	RUF 33 2	56.1	57.8	1.7
	Notturmo	0.5	RUF 33 2	59.7	58	-1.7
28-29/04/05	Diurno	0.5	RUF 28	33.6	35.2	1.6
	Notturmo	0.5	RUF 28	37.8	41.2	3.4
28-29/04/05	Diurno	0.5	RUF 27	50.2	48.9	-1.3
	Notturmo	0.5	RUF 27	54.4	56.3	1.9

Tabella 5 - Confronto valori misurati e calcolati

Si osserva dal confronto che i calcoli approssimano i valori misurati a meno di 2 dBA nel 85% dei casi per il periodo diurno e nel 54% dei casi per il periodo notturno; tendenzialmente si osserva una lieve sovrastima dei valori calcolati rispetto a quelli misurati nel periodo diurno e una leggera sottostima nel periodo notturno.

Le differenze sono più marcate nel periodo notturno a causa di una maggiore incertezza relativamente ai dati di ingresso sui treni merci, per i problemi riscontrati con il tachimetro già descritti in precedenza.

È, inoltre, opportuno ricordare che la banca dati utilizzata per caratterizzare l'emissione dei vari tipi di treni è fornita dallo standard elaborato in Olanda e potrebbe non descrivere adeguatamente l'emissione dei treni italiani.

Simulazione con lo standard ISO 9613-2 per sorgenti lineari

Attraverso questo metodo la sorgente di rumore ferroviario viene simulata suddividendo la ferrovia in tratti lineari, omogenei per traffico ferroviario, a cui viene attribuito un'emissione spettrale ricavata dagli spettri sonori acquisiti sperimentalmente da RFI per le varie tipologie di treno (IR/Reg, EN, Diesel e Merci), espressi in densità lineare di potenza sonora, normalizzata alla velocità di 100 km/h.

La lunghezza dei tratti è quella media misurata nel periodo di misura, per tipologia di treno, e i valori di emissione attribuiti dipendono dalla velocità media rilevata (per i tratti a partire da 320 metri a Nord della stazione fino al confine Nord del paese), oppure pari a 30 km/h (per il tratto più vicino alla stazione, compreso tra 320 metri a Nord fino a 320 metri a Sud della stessa), e dal numero di treni per ogni tipologia, secondo la formula:

$$W_{i,j} = W_{i,j \text{ RFI}} + 25 \cdot \text{LOG}(V_j/100) + 10 \cdot \text{LOG}(N_j)$$

Dove

$W_{i,j}$ = densità di potenza lineare alla frequenza i-esima per la categoria di treni j-esima

$W_{i,j \text{ RFI}}$ = densità di potenza lineare normalizzata a 100 km/h fornita da RFI per la categoria di treni j-esima

V_j = velocità media misurata (oppure 30 Km/h) per la categoria di treni j-esima

N_j = numero di treni per la categoria di treni j-esima

Tutto ciò distinto sul periodo diurno e notturno.

I dati di traffico rilevati nei vari giorni di misura, e utilizzati nei calcoli come descritto sopra, sono di seguito riportati:

Data	Periodo	Tipo di treno	Lungh media (m)	N treni	Vel media (Km/h)
13-14/04/05	Diurno	Reg+IR Elet	133	31	54
		Reg+IR Dies	49	5	40
		EN	165	1	63
	Notturmo	Reg not elet	51	1	64
		Reg not dies	110	2	43
		Merci	342	4	98
14-15/04/05	Diurno	Reg+IR Elet	138	30	57
		Reg+IR Dies	50	5	41
		EN	165	1	63
	Notturmo	Reg not elet	101	2	30
		Reg not dies	87	2	41
		Merci	413	3	107
18-19/04/05	Diurno	Reg+IR Elet	143	31	58
		Reg+IR Dies	53	5	50
		EN	260	1	35
	Notturmo	Reg not elet	51	1	66
		Reg not dies	46	2	56
		Merci	182	2	106
26-27/04/05	Diurno	Reg+IR Elet	141	31	62
		Reg+IR Dies	55	5	54
		EN	228	1	33
	Notturmo	Reg not elet	51	1	58
		Reg not dies	42.5	2	55
		Merci	265	2	102
27-28/04/05	Diurno	Reg+IR Elet	143	31	60
		Reg+IR Dies	54	5	49
		EN	228	1	33
	Notturmo	Reg not elet	51	1	67
		Reg not dies	43	2	50
		Merci	380	3	89
28-29/04/05	Diurno	Reg+IR Elet	139	31	56
		Reg+IR Dies	53	5	52
		EN	241	1	32
	Notturmo	Reg not elet	51	1	60
		Reg not dies	45.5	2	54
		Merci	181	2	117

Tabella 6 - Dati di ingresso per il traffico ferroviario per lo standard ISO 9613-2

Per quanto riguarda la composizione e l'entità del traffico nei vari giorni, valgono le stesse osservazioni effettuate nella simulazione con il modello olandese SRM II.

Il calcolo è eseguito in frequenza anche in questo caso e sono di nuovo valide le considerazioni riguardo l'effetto del terreno, l'assorbimento atmosferico e le condizioni meteo locali.

I risultati della previsione (effettuati con G pari a 0.5 o a 0 secondo il punto di misura, analogamente a quanto valutato per il metodo SRM II; T=15°C e H=70%), confrontati con i risultati delle misure, sono riportati nella seguente tabella 7.

Data di misura	Periodo	G	Punto di misura	L _{eq, TR} misurato dB(A)	L _{eq, TR} simulato dB(A)	DIF
13-14/04/05	Diurno	0.5	RUF/RUL 26	51.3	45.3	-6
	Notturmo	0.5	RUF/RUL 26	57	59.7	2.7
13-14/04/05	Diurno	0	RUF 32 _1	61	59.8	-1.2
	Notturmo	0	RUF 32 _1	67.7	68.8	1.1
14-15/04/05	Diurno	0	RUF 30	51.6	51.6	0
	Notturmo	0	RUF 30	59.9	65.1	5.2
14-15/04/05	Diurno	0	RUF Felicioni	48.3	48.3	0
	Notturmo	0	RUF Felicioni	54.7	61.6	6.9
18-19/04/05	Diurno	0	RUF 36 bis	53.1	53	0
	Notturmo	0	RUF 36 bis	50.9	56.8	5.9
18-19/04/05	Diurno	0	RUF 36	64.6	61.9	-2.7
	Notturmo	0	RUF 36	63.1	65.6	2.5
26-27/04/05	Diurno	0	RUF 35	47.6	48	0.4
	Notturmo	0	RUF 35	50.3	55.1	4.8
26-27/04/05	Diurno	0.5	RUF 26 bis	44.2	44.2	0
	Notturmo	0.5	RUF 26 bis	46.5	56.3	9.8
27-28/04/05	Diurno	0.5	RUS Chiesa	47.6	48	0.4
	Notturmo	0.5	RUS Chiesa	51.2	54.3	3.1
27-28/04/05	Diurno	0.5	RUS Mun	45.1	43.7	-1.4
	Notturmo	0.5	RUS Mun	46	50.5	4.5
27-28/04/05	Diurno	0.5	RUF 33 2	56.1	55.8	-0.3
	Notturmo	0.5	RUF 33 2	59.7	62.2	2.5
28-29/04/05	Diurno	0.5	RUF 28	33.6	36.2	2.6
	Notturmo	0.5	RUF 28	37.8	45.7	7.9
28-29/04/05	Diurno	0.5	RUF 27	50.2	46.4	-3.8
	Notturmo	0.5	RUF 27	54.4	56.6	2.2

Tabella 7 - Confronto valori misurati e calcolati

Si osserva dal confronto che i calcoli approssimano i valori misurati a meno di 2 dBA in quasi il 70% dei casi per il periodo diurno, mentre i valori notturni sono praticamente tutti sovrastimati, e in alcuni casi anche in modo consistente.

Nel periodo diurno si osserva, mediamente una sottostima dei valori calcolati rispetto a quelli misurati di circa 1 dB (vedi Paragrafo successivo).

Le differenze sono, invece, più marcate nel periodo notturno a causa di una maggiore incertezza relativamente ai dati di ingresso sui treni merci, per i problemi riscontrati con il tachimetro già descritti in precedenza.

È, inoltre, opportuno ricordare che la banca dati utilizzata per caratterizzare l'emissione dei vari tipi di treni è stata valutata sperimentalmente da RFI ed è anch'essa affetta da incertezza, come dichiarato dal gestore stesso, soprattutto per quanto riguarda i treni merci.

Confronto tra i risultati dei due metodi

Di seguito è riportata la media e la deviazione standard delle differenze tra valori misurati e calcolati con i due metodi.

Punto di misura	Dif SRM diurno	Dif SRM notturno	Dif ISO diurno	Dif ISO notturno
RUF/RUL 26	-0.9	3	-6	2.7
RUF 32_1	-1.1	-4.5	-1.2	1.1
RUF 30	2.1	-0.2	0	5.2
RUF Felicioni	1	0.5	0	6.9
RUF 36 bis	0.7	1.1	0	5.9
RUF 36	-1.4	-1.7	-2.7	2.5
RUF 35	0.8	-3.6	0.4	4.8
RUF 26 bis	0.5	5.9	0	9.8
RUS Chiesa	-2.1	-5.5	0.4	3.1
RUS Mun	-0.6	-1.2	-1.4	4.5
RUF 33 2	1.7	-1.7	-0.3	2.5
RUF 28	1.6	3.4	2.6	7.9
RUF 27	-1.3	1.9	-3.8	2.2
media	0.1	-0.2	-0.9	4.5
dev st	1.4	3.3	2.2	2.5

Tabella 8 – Media e deviazione standard della differenza tra misurato e calcolato con i due metodi

Di seguito si riporta anche una rappresentazione grafica delle medie delle differenze per i calcoli effettuati con i due metodi, con associata la corrispondente deviazione standard.

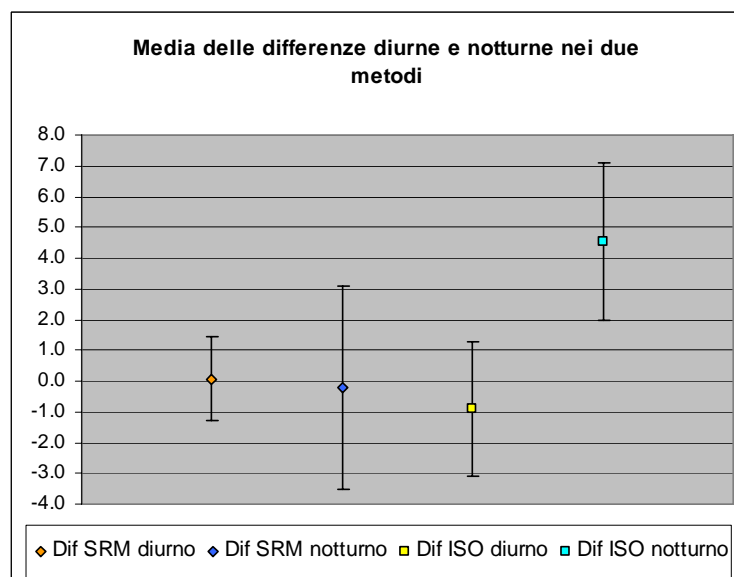


Grafico 1 – Rappresentazione grafica della media e della deviazione standard delle differenze diurne e notturne tra misurato e calcolato con i due metodi

Si osserva che il metodo olandese non solo meglio approssima i valori misurati sia nel periodo diurno che nel periodo notturno, ma anche la dispersione dei dati risulta più contenuta nel periodo diurno.

Sui valori notturni la deviazione standard è superiore con il metodo SRM II, ma il dato risulta talmente sovrastimato dal metodo ISO 9613-2, che si ritiene comunque opportuno utilizzare il metodo olandese.

SIMULAZIONE CON LO STANDARD SRM II DELLA SITUAZIONE DI TRAFFICO FERROVIARIO A REGIME

Utilizzando il metodo SRM II, si è proceduto, quindi, alla simulazione della situazione con il traffico ferroviario a regime, che risulta, secondo la documentazione fornitaci da RFI, uguale a quello rilevato al momento delle misure, per quanto concerne i treni passeggeri Regionali e Interregionali diurni e notturni (a trazione elettrica e diesel), mentre risulta maggiorato di 6 treni passeggeri ad alta velocità (EuroStar ed EuroCity) nel periodo diurno (di cui tre diretti verso Nord e tre verso Sud) e di due treni passeggeri ad alta velocità EN in direzione Nord nel periodo notturno.

Per quanto riguarda i treni merci, il numero di treni è diverso nei vari giorni della settimana: è stato, quindi, considerato il numero medio di treni passanti, che risultano essere presenti non solo nel periodo notturno, ma anche in quello diurno, a differenza che nel periodo di esecuzione delle misure, nel quale erano presenti solo nel periodo notturno. La quantità di questo tipo di treni sul periodo notturno risulta leggermente incrementato sia in direzione Nord che in direzione Sud rispetto al momento delle misure.

Sia i treni merci che i treni ad alta velocità ES, EC e EN non fermano in stazione; sono, quindi, caratterizzati da una velocità sostenuta anche nel tratto di passaggio attraverso l'abitato.

Per quanto riguarda i treni passeggeri Regionali e Interregionali, sono state considerate le quantità orarie e velocità rilevate dal tachimetro nel periodo di misura, mediate tra i vari giorni di cui si conoscono i dati (vedi Tabella 9).

Per i treni merci è stata considerata la lunghezza e la velocità media dei convogli rilevati dal tachimetro nei vari giorni di misura (rispettivamente 313 m e 102 km/h) e la quantità media diurna e notturna ricavata dai tabulati dei passaggi dei treni, fornito da RFI, relativi al periodo precedente a Gennaio 2005, come di seguito riportata.

MERCI	vs Nord	vs Sud
N medio treni diurni	2.3	1.7
N medio treni notturni	3.3	0.8

Per i treni ad alta velocità ES, EC e EN è stata considerata la lunghezza e velocità rilevata dal tachimetro in una misura del 15 Febbraio 2006 per uno singolo convoglio (rispettivamente 284 m di lunghezza e 134 km/h di velocità), non avendo la possibilità di avere altri dati realistici per il tratto di ferrovia in esame.

I parametri in ingresso al modello di calcolo, utilizzati per la simulazione della situazione a regime, sono riportati nella seguente Tabella 9.

Situazione a regime (categoria di treni)		Numero medio orario di unità	Vel media (km/h)
GIORNO			
	Dir		
cat 1	Nord	5.3	61
cat 1	Sud	5.8	53
cat 4	Nord	1.7	102
cat 4	Sud	1.3	102
cat 5	Nord	0.4	51
cat 5	Sud	0.3	42
cat 9a	Nord	2.1	134
cat 9a	Sud	2.1	134
NOTTE			
cat 1	Nord	-	-
cat 1	Sud	0.3	57
cat 4	Nord	5.0	102
cat 4	Sud	1.2	102
cat 5	Nord	0.3	51
cat 5	Sud	0.4	48
cat 9a	Nord	4.1	134
cat 9a	Sud	-	-

Tabella 9 - Dati di ingresso

Anche nella presente simulazione è stata mantenuta la suddivisione della linea ferroviaria in quattro tratti, due a Nord e due a Sud della stazione, in modo da poter adeguatamente rappresentare il numero di treni frenanti e non frenanti, a seconda della direzione dei convogli stessi (un treno diretto a Nord viene considerato frenante nei tratti a Sud della stazione, non frenante nei due tratti a Nord della stazione e viceversa), e la riduzione di velocità (considerata di 30 km/h) nei due tratti più prossimi alla stazione.

Il calcolo è eseguito in frequenza e per quanto riguarda l'effetto del terreno, l'assorbimento atmosferico e le condizioni meteo locali sono mantenute le stesse condizioni dei calcoli precedenti.

I risultati delle simulazioni, confrontati con i valori misurati e con i valori stimati nella situazione presente al momento delle misure, sono riportati nella seguente tabella 10.

Data di misura	Periodo	G	Punto di misura	$L_{eq,TR}$ misurato dB(A)	$L_{eq,TR}$ simulato per misura dB(A)	$L_{eq,TR}$ simulato a regime dB(A)	Limite dB(A)	DIF mis/simulato a regime	DIF sim_misura/ simulato a regime
13-14/04/05	Diurno	0.5	RUF/RUL 26	51.3	50.4	58.2	70	6.9	7.8
	Notturno	0.5	RUF/RUL 26	57	60	60.3	60	3.3	0.3
13-14/04/05	Diurno	0	RUF 32_1	61	59.9	65.7	50	4.7	5.8
	Notturno	0	RUF 32_1	67.7	63.2	65.5	40	-2.2	2.3
14-15/04/05	Diurno	0	RUF 30	51.6	53.7	61	70	9.4	7.3
	Notturno	0	RUF 30	59.9	59.7	61.6	60	1.7	1.9
14-15/04/05	Diurno	0	RUF Felicioni	48.3	49.3	56.5	70	8.2	7.2
	Notturno	0	RUF Felicioni	54.7	55.2	57.1	60	2.4	1.9
18-19/04/05	Diurno	0	RUF 36 bis	53.1	53.8	58.6	70	5.5	4.8
	Notturno	0	RUF 36 bis	50.9	52	58.4	60	7.5	6.4
18-19/04/05	Diurno	0	RUF 36	64.6	63.2	68	70	3.4	4.8
	Notturno	0	RUF 36	63.1	61.4	67.9	60	4.8	6.5
26-27/04/05	Diurno	0	RUF 35	47.6	48.4	52.2	65	4.6	3.8
	Notturno	0	RUF 35	50.3	46.7	52	55	1.7	5.3
26-27/04/05	Diurno	0.5	RUF 26 bis	44.2	44.7	53.9	70	9.7	9.2
	Notturno	0.5	RUF 26 bis	46.5	52.4	56.3	60	9.8	3.9
27-28/04/05	Diurno	0.5	RUS Chiesa	47.6	45.5	50.3	70	2.7	4.8
	Notturno	0.5	RUS Chiesa	51.2	45.7	50.2	60	-1	4.5
27-28/04/05	Diurno	0.5	RUS Mun	45.1	44.5	49.3	65	4.2	4.8
	Notturno	0.5	RUS Mun	46	44.8	49.3	55	3.3	4.5
27-28/04/05	Diurno	0.5	RUF 33_2	56.1	57.8	62.3	70	6.2	4.5
	Notturno	0.5	RUF 33_2	59.7	58	62.2	60	2.5	4.2
28-29/04/05	Diurno	0.5	RUF 28	33.6	35.2	43.9	65	10.3	8.7
	Notturno	0.5	RUF 28	37.8	41.2	45.7	55	7.9	4.5
28-29/04/05	Diurno	0.5	RUF 27	50.2	48.9	57.8	70	7.6	8.9
	Notturno	0.5	RUF 27	54.4	56.3	60.3	60	5.9	4
21-22/04/05	Diurno	0.5	RUF 33_1	56	-	62.3	70	6.3	-
	Notturno	0.5	RUF 33_1	56	-	62.2	60	6.2	-
21-22/04/05	Diurno	0	RUF 34	46	-	51.1	65	5.1	-
	Notturno	0	RUF 34	46	-	50.9	55	4.9	-
03-04/05/05	Diurno	0.5	RUF 32	56	-	60.6	50	4.6	-
	Notturno	0.5	RUF 32	59.5	-	60.5	40	0	-
media DIF diurno								6.2	6.3
media DIF notturno								3.7	3.9

Tabella 10 - Risultato della simulazione della situazione a regime confrontato con misure e simulazione della situazione del periodo di misura

NOTE:

1. Sono state eseguite due misure nel punto RUF 33, in due giorni diversi, utilizzate come P_R per il RUS 34 in un caso e per i RUS Chiesa e Municipio nell'altro
2. Sono state eseguite due misure per il ricettore RUF 32, in due giornate diverse e in due punti diversi (nello stesso giardino: il RUF 32_1 si trova a circa 10 m dalla ferrovia, mentre il RUF 32 si trova a 28 m - vedi relativa Scheda Tecnica -)
3. Per il RUS 34 è stato considerato $G=0$ perché in questo caso il terreno è caratterizzato prevalentemente da asfalto; per il RUF 32 è stato considerato $G=0.5$ perché il terreno che lo separa dalla ferrovia era costituito da prato erboso

Osservazioni ai risultati delle simulazioni

Si osserva che il valore medio delle differenze tra i valori simulati nella situazione a regime e i valori misurati è confrontabile con il valore medio delle differenze tra i valori simulati nella situazione a regime e i valori simulati nella situazione presente al momento delle misure.

L'incremento dovuto al maggior traffico ferroviario a regime rispetto al momento delle misure risulta circa 6 dB(A) nel periodo diurno e circa 4 dB(A) nel periodo notturno.

I valori di $L_{eq, TR}$ stimati nella situazione a regime sono comunque soggetti ad un'incertezza pari alla deviazione standard, valutata attraverso il confronto tra livelli misurati e livelli stimati con il modello SRM II e riportata in Tabella 8, e cioè pari a 1.4 dB(A) nel periodo diurno e 3.3 dB(A) nel periodo notturno.

Sono stati, quindi, evidenziati in grassetto i valori che superano o sono al limite del superamento del limite di legge per il rumore da traffico ferroviario nei vari punti considerati.

Oltre al punto RUF 32 (periodo diurno e notturno) e il punto RUF 36 (periodo notturno), in cui le misure avevano già evidenziato una situazione critica, si osserva un possibile superamento dei limiti nel periodo notturno per i punti RUF/RUL 26, RUF 30, RUF 33, RUF 27.

Per i punti RUF 30 e RUF 33 (misura 2) già le misure avevano, infatti, evidenziato un valore prossimo al limite per il periodo notturno.

Per quanto riguarda i livelli diurni si osserva che solo il punto RUF 32 è coinvolto dal superamento del limite, ma che anche il punto RUF 36 evidenzia un livello stimato a regime piuttosto elevato (68 dBA).