

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA AV/AC VERONA - PADOVA  
SUB TRATTA VERONA – VICENZA  
1° SUB LOTTO VERONA – MONTEBELLO VICENTINO**

RELAZIONE

RUMORE: MONITORAGGIO ACUSTICO - MISURE DI CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE

RELAZIONI: RELAZIONE MISURE FONOMETRICHE

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.		SCALA:
<b>ATI bonifica</b> IL PROGETTISTA IL REDATTORE Franco Perry Boccetto iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Verona n. 8664 - C.A. settore Civile e Ambientale Data: Maggio 2015	Consorzio IRICAV DUE Il Direttore 			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I N O D	0 0	D	I 2	R G	A R 0 0 0 2	0 0 1	A

ATI bonifica	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data
Ing. F. P. Boccetto	Aprile 2015	

Progettazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE DEFINITIVA	N. Cognome G.I. Bastia	Maggio 2015	N. Cognome F. Sordi	Maggio 2015	N. Cognome L. Akemi	Maggio 2015	Ing. Bastia



File: DI2RGAR0002001A_02A.doc	CUP.: J41E91000000000 CIG: 3320049F17	n. Elab.:
-------------------------------	--	-----------

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. METODOLOGIA DI MISURA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA .....	3
2.1. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	5
2.2. MODALITÀ DI ACQUISIZIONE DEI DATI.....	7
3. ELABORAZIONE DEI DATI .....	8
3.1. DATI MICROCLIMATICI .....	11
3.2. RILEVAMENTO VIDEO DEI TRANSITI FERROVIARI .....	12
3.2.1. DETERMINAZIONE DELLA VELOCITÀ .....	14
4. SINTESI DEI DATI .....	15

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>				
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>				
	Titolo: RELAZIONE MISURE FONOMETRICHE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO AR0002 001	REV. A	Pag. 3 di 16

## 1. PREMESSA

Il presente documento illustra la metodologia ed i riferimenti normativi seguiti per la realizzazione di quanto allegato nei vari report di misura.

I rilievi acustici sono, nel caso di specie, finalizzati all'individuazione delle emissioni acustiche dei convogli in transito sulle linee A.V./A.C. da utilizzare delle simulazioni acustiche che saranno effettuate nell'ambito del progetto definitivo della linea A.V./A.C. Verona – Padova, tratto Verona Porta Vescovo – Montebello Vicentino.

I rilievi sono stati eseguiti in conformità alle direttive del Decreto del Ministero dell'Ambiente del 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

Limitatamente al punto di riferimento PR, vengono forniti, oltre al livello equivalente, anche i contributi spettrali di ogni convoglio ferroviario transitato.

Il responsabile dell'attività di misura è l'Ing. Tiziana Bastianello iscritta al n. 270 dell'Albo dei Tecnici Competenti in Acustica della Regione Lazio.

## 2. METODOLOGIA DI MISURA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

La metodica di misura si fonda sul rilievo contemporaneo del rumore ferroviario in due punti si misura.

Il primo punto di misura è denominato PR ed è localizzato, in prossimità della linea ferroviaria e precisamente alla distanza di 7,5 m dall'asse del binario esterno ed ad una altezza di 1,20 m circa sul piano del ferro.

Il secondo punto di misura è denominato PS ed è posizionato a 25 m di distanza dal binario esterno e a 3,5 m di altezza sul piano del ferro.

Considerata la finalità dell'indagine (caratterizzazione della sorgente di rumore ferroviaria AV), di primaria importanza è stata la scelta del sito di misura.

Questo doveva infatti essere caratterizzato da un tratto di linea a raso ovvero in rilevato basso e da un territorio libero da ostacoli e da altre sorgenti di rumore che potevano inficiare il dato rilevato.

Per l'indagine è stato quindi selezionato il tratto di linea in corrispondenza del km 32+500 circa ricadente nel comune di Somaglia (Lodi).

In questo tratto la linea ferroviaria si mantiene in rilevato basso (altezza pari a 1 m circa).

Il territorio, perfettamente pianeggiante, è caratterizzato da una destinazione agricola. Al momento dell'indagine la copertura del terreno era costituita da vegetazione bassa erbacea.

Come si rileva dallo stralcio planimetrico in figura 1, sul lato opposto si nota la presenza dell'autostrada A1, che, per la quasi totalità della tratta Milano – Bologna, corre in affiancamento alla Linea AV.

La distanza tra le due infrastrutture è, in questo tratto, pari a circa 50 m ed il rumore proveniente dal transito dei veicoli stradali risulta mitigato dalla presenza di una duna in terra (vedi figura 2).

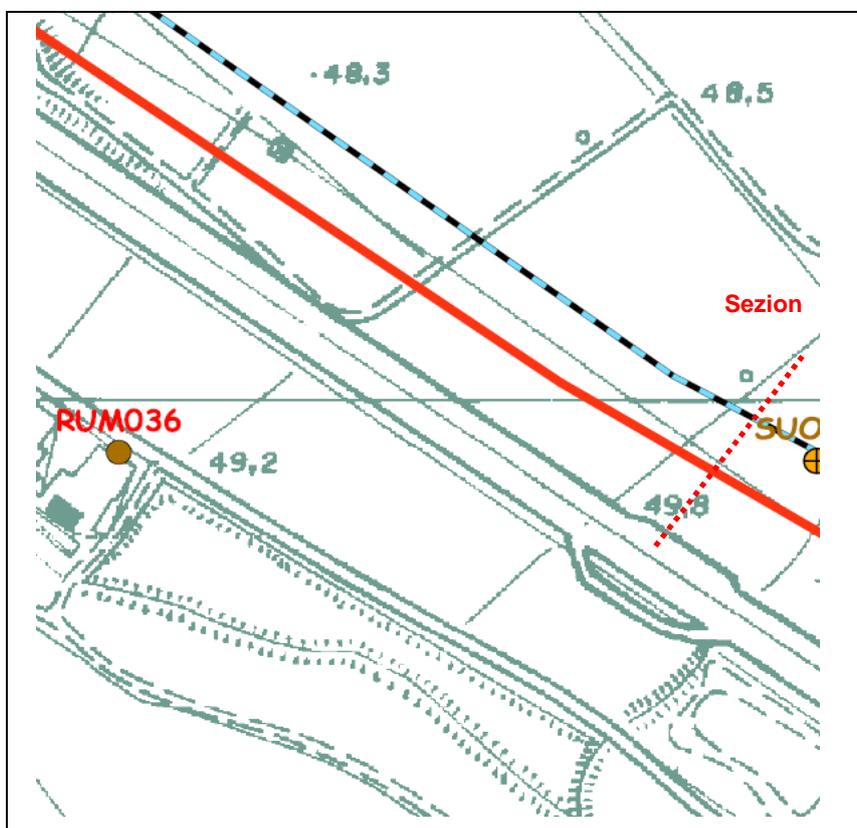


Figura 1 Stralcio planimetrico con indicazione della sezione di indagine



Figura 2 Corpo ferroviario nel tratto di indagine e presenza della Duna in terra sul lato Autostrada

## 2.1. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'esecuzione e l'elaborazione dei rilievi di caratterizzazione è stato utilizzato un sistema di rilevamento integrato così costituito:

**n. 2 Fonometri LXT della Larson & Davis:** Fonometro integratore di precisione in classe 1 IEC60651 / IEC60804 / IEC61672 con linearità dinamica superiore ai 102 dB. Campo di misura da 29 a 140 dB(A) RMS e fino a 143 dB picco. Lo strumento rileva e memorizza contemporaneamente il livello sonoro con le costanti di tempo normalizzate Fast, Slow, Impulse. Oltre alla misura del valore efficace della pressione acustica, è possibile valutare il livello sonoro ponderato A, C e Z. Ha la possibilità di misurare contemporaneamente:

- Sei percentili selezionabili dall'utente
- Spettro in tempo reale di 1/1 ottave (8 Hz – 16 kHz)
- Spettro in tempo reale di 1/3 ottave (6,3 Hz – 20 kHz).
- Time History dei valori fonometrici rms e di picco oltre alle analisi spettrali

La strumentazione utilizzata è stata equipaggiata con sistemi di protezioni specifici per monitoraggi in esterni prolungati nel tempo, con valigetta stagna, antiurto (Pelican) e completa di batterie e con sistema di protezione per preamplificatore con deumidificatore e cuffia antivento conica per il microfono.

Gli strumenti di misura sono conformi alle specifiche indicate dal D.M. 16 marzo 1998 e sono dotati di certificato di taratura emesso da centro SIT qualificato, come riportato nella scheda di misura.

I dati registrati dagli strumenti sono stati scaricati su PC portatili al termine dell'indagine acustica.

**n. 1 Telecamera JVC EVERIO 310** full HD, munita di sensore CMOS retroilluminato da 2,5M per prestazioni eccellenti in presenza di poca luce, zoom ottico 40x, stabilizzatore di immagini avanzato e controllo automatico intelligente. Funzioni Wi-Fi wireless rafforzate e registrazione iFrame. Video con immagini ultra rallentate.

**n. 1 Stazione meteo DAVIS VANTAGE PRO**, composta da: ISS (Integrated Sensor Suite), che racchiude in un unico blocco l'insieme dei sensori esterni che registrano i valori di umidità relativa, temperatura, velocità e direzione del vento e pioggia, consolle con display, che contiene i sensori da interno che registrano i valori di umidità, temperatura e pressione atmosferica.

La catena di misura fonometrica è stata calibrata prima e dopo ogni sessione di misura con un calibratore di classe 1 Quest modello Q10 in modo da verificare che la taratura non differisca più di 0.5 dB.



Figura 3 Strumentazione per il rilevamento del rumore



Figura 4 Rilievi video



Figura 5 Stazione meteo DAVIS VANTAGE PRO

## 2.2. MODALITÀ DI ACQUISIZIONE DEI DATI

I due fonometri sono stati programmati per l'acquisizione, come di seguito descritto:

### **Punto PR**

Time History SLM 200 msec

Pesatura originale: Lineare

Spettro 1/3 ottava

Prima banda: 6.3 Hz

Ultima banda: 20 kHz

**Punto PS**

Time History SLM 200 msec

Pesatura originale: Lineare

**3. ELABORAZIONE DEI DATI**

I rilievi sono stati effettuati in continuo dalle ore 9:00 alle ore 16:00 del 19/11/2014 e dalle ore 7:00 alle ore 14:00 del 20/11/2014.

I dati memorizzati dagli strumenti descritti, sono stati quindi post-elaborati con il software NWW in versione 2.7.4 dedicato a strumentazione Larson & Davis e prodotto dalla Spectra s.r.l.

Mediante l'ausilio di detto software, in post elaborazione, si è risaliti all'evento rumore generato da ciascun transito ferroviario a cui è stato attribuita la pesatura secondo la curva di ponderazione A.

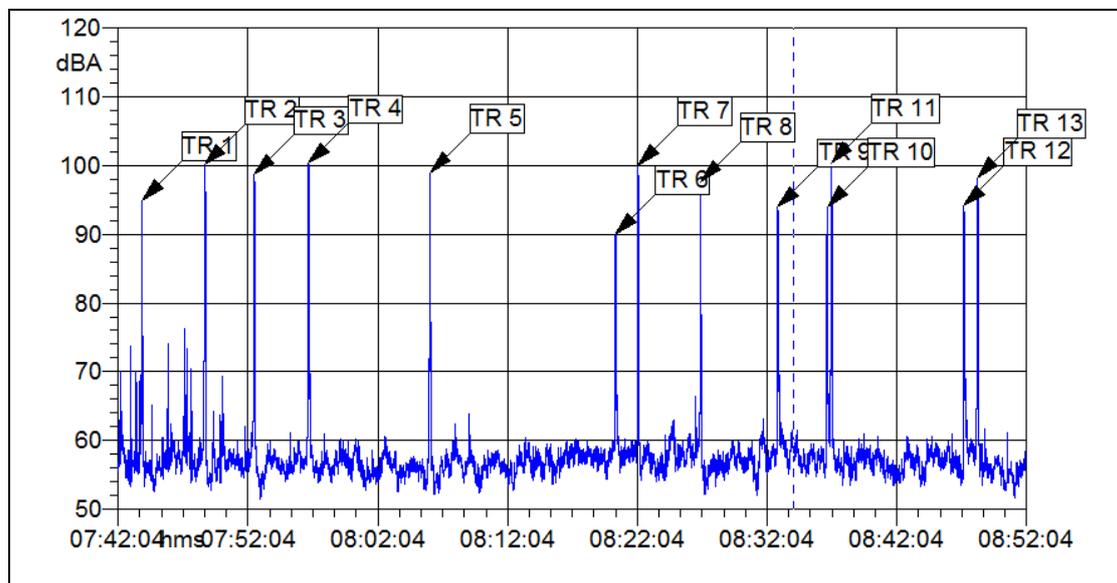


Figura 6 Time History nel periodo con individuazione dei transiti

Di ciascun evento sono stati calcolati i seguenti parametri:

- il livello equivalente Leq - 10
- il livello di esposizione SEL - 10
- il livello massimo del transito Lmax

La seguente figura illustra, a titolo di esempio, gli eventi registrati nel PR durante la giornata del 19/11/2014.

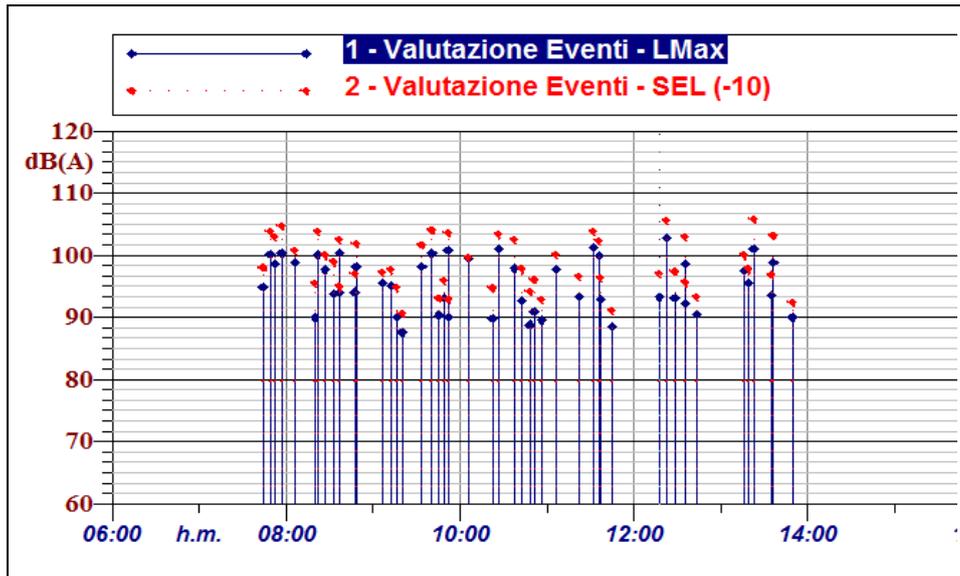


Figura 7: Descrittori acustici che caratterizzano l'emissione dei singoli transiti

Si ciascun evento è stato poi studiato l'andamento nel tempo e la composizione spettrale.

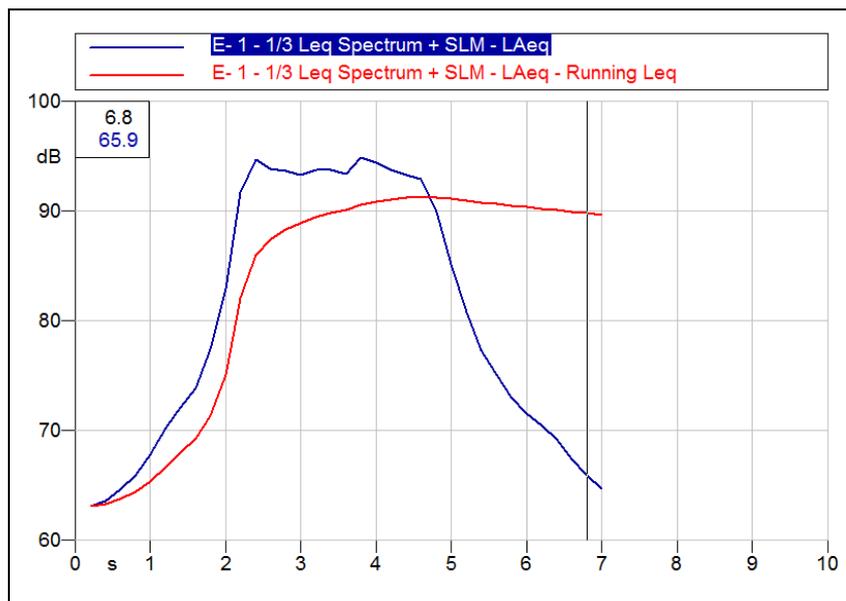


Figura 8: Time History relativa ad un evento rumoroso indotto da un transito ferroviario

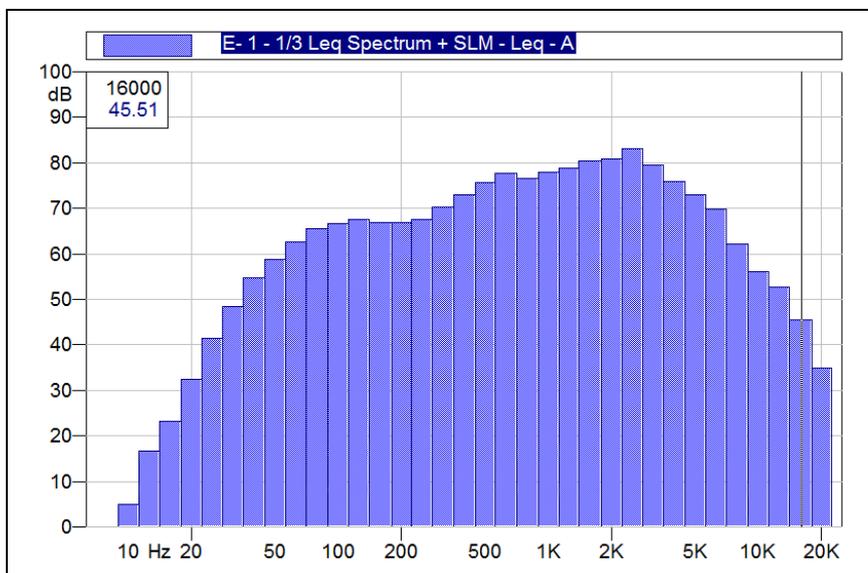


Figura 9: Analisi spettrale di un evento rumoroso indotto da un transito ferroviario

Tutti i dati vengono salvati in apposite schede di monitoraggio e in tabelle di sintesi.

D Transito	Data Passaggio	Ora	Trazione	Tipo Convoglio	Categoria	Vagoni [n]	Lungh. [m]	Velocità [km/h]	Bin.	Dir.	Note	Durata [s]	Sintesi [dB(A)]					SEL - Frequenze		
													L <sub>eq</sub>	L <sub>AE</sub>	L <sub>max</sub>	16,0	31,5	63,0	125,0	250,0
1	19/11/2014	9.09.25	Elettrica	Italo	AV	11	200	202	2	NORD		2,8	95,8	100,3	98,2	88,2	98,9	101,1	95,8	90,4
2	19/11/2014	9.17.51	Elettrica	Freccia Rossa	AV	13	328	223	1	SUD		5,0	89,4	96,3	92,4	93,1	100,0	99,9	92,8	88,9
3	19/11/2014	9.21.33	Elettrica	Freccia Rossa	AV	13	328	170	1	SUD		5,4	88,4	95,7	90,8	92,4	98,1	99,0	92,2	87,5
4	19/11/2014	9.24.42	Elettrica	Italo	AV	11	200	176	1	SUD		3,4	85,7	91,0	88,0	87,5	95,7	95,8	89,0	83,5
5	19/11/2014	9.37.46	Elettrica	Freccia Rossa	AV	13	328	172	2	NORD		4,6	95,2	101,8	97,8	96,2	102,5	103,1	98,5	92,6
6	19/11/2014	9.41.04	Elettrica	Freccia Rossa	AV	13	328	162	1	SUD		5,0	89,0	96,0	91,9	92,7	99,3	99,8	92,2	88,1
7	19/11/2014	9.41.51	Elettrica	Freccia Rossa	AV	13	328	165	2	NORD		4,2	97,9	104,1	101,9	96,2	102,5	103,3	98,7	98,0
8	19/11/2014	9.43.55	Elettrica	Italo	AV	11	200	155	1	SUD		3,0	89,3	94,1	91,3	86,4	95,6	95,8	90,4	84,6

Figura 10 Estratto di una tabella relativa all'elaborazione nel punto PR

ID Transito	Data Passaggio	Ora	Trazione	Tipo Convoglio	Categoria	Vagoni [n]	Lungh. [m]	Velocità [km/h]	Bin.	Dir.	Note	Durata [s]	Sintesi [dB(A)]		
													L <sub>eq</sub>	L <sub>AE</sub>	L <sub>max</sub>
1	19/11/2014	9.09.26	Elettrica	Italo	AV	11	200	202	2	NORD		3,2	90,9	95,9	93,4
2	19/11/2014	9.17.51	Elettrica	Freccia Rossa	AV	13	328	223	1	SUD		5,6	87,8	95,3	89,5
3	19/11/2014	9.21.34	Elettrica	Freccia Rossa	AV	13	328	170	1	SUD		6,0	86,9	94,7	88,5
4	19/11/2014	9.24.43	Elettrica	Italo	AV	11	200	176	1	SUD		3,8	84,1	89,9	86,2
5	19/11/2014	9.37.47	Elettrica	Freccia Rossa	AV	13	328	172	2	NORD		5,0	90,5	97,5	92,3
6	19/11/2014	9.41.04	Elettrica	Freccia Rossa	AV	13	328	162	1	SUD		5,8	87,1	94,7	89,0
7	19/11/2014	9.41.52	Elettrica	Freccia Rossa	AV	13	328	165	2	NORD		4,6	93,5	100,1	97,1
8	19/11/2014	9.43.56	Elettrica	Italo	AV	11	200	155	1	SUD		3,4	87,9	93,2	90,0

Figura 11 Estratto di una tabella relativa all'elaborazione nel punto PS

Le stringhe di dati per i punti PR e PS consentono, ad elaborazioni ultimate, di produrre una sintesi dei parametri acustici elaborati che è stata riportata all'interno di un report in cui vi sono tutti i dati per la qualificazione del punto di misura, alcune fotografie di inquadramento ambientale ed una sintesi dei principali parametri microclimatici rilevati.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>				
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>				
	Titolo: RELAZIONE MISURE FONOMETRICHE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO AR0002 001	REV. A	Pag. 11 di 16

### 3.1. DATI MICROCLIMATICI

Seguendo le raccomandazioni del Decreto sulle Tecniche di misura, per la validazione dei dati rilevati è previsto il controllo del microclima. A tal proposito i rilievi fonometrici descritti al paragrafo precedente sono stati accompagnati con dei rilievi contemporanei dei seguenti parametri:

- velocità e direzione del vento
- umidità relativa
- temperatura dell'aria
- piovosità

Tutti questi dati vengono rilevati da un set di sensori che trasmettono in continuo ad una unità centrale che provvede ad elaborarli e memorizzarli in apposito data logger. Di seguito è una breve descrizione di tale sistema.

La stazione meteo DAVIS VANTAGE PRO si compone di due elementi fondamentali:

1. l'ISS (Integrated Sensor Suite), che racchiude in un unico blocco l'insieme dei sensori esterni che registrano i valori di umidità relativa, temperatura, velocità e direzione del vento e pioggia;
2. la consolle con display, che contiene i sensori da interno che registrano i valori di umidità, temperatura e pressione atmosferica.

La consolle, installata all'interno del laboratorio mobile, è caratterizzata da un ampio display a cristalli liquidi retro illuminato da 9 x 15cm che permette di visualizzare contemporaneamente 10 parametri meteorologici oltre alla data, l'ora, la fase lunare, la previsione elaborata ogni ora e una zona riservata per i grafici. I dati di sintesi estrapolati sono:

- direzione prevalente del vento:
- velocità minima e massima del vento
- temperatura minima e massima
- umidità relativa minima e massima



Figura 8 Sensori per il rilievo dei dati meteo

Nello specifico, le condizioni meteo si sono mantenute buone per l'intero periodo di rilievo.

In particolare si segnala assenza di pioggia, temperatura variabile tra un minimo di 5,6 °C registrati alla ora 8:00 del 20/11/14 e 11,9 °C misurati alle ore 15 del 19/11/14.

Il vento si è mantenuto mediamente pari a 0,6 m/s con un massimo di 2,2 m/s. La sua direzione è sempre stata W e WNW.

Considerato il periodo l'umidità è sempre stata piuttosto alta variando tra 75% e 89%.

### 3.2. RILEVAMENTO VIDEO DEI TRANSITI FERROVIARI

La postazione PR è monitorata in continuo da una telecamera digitale per l'intera durata dei rilievi acustici.

Mediante la post elaborazione della ripresa video è stato possibile determinare:

- L'orario di transito del treno
- Il binario di transito
- La direzione di transito
- La tipologia di convoglio ferroviario

- La composizione del convoglio
- La velocità di transito del convoglio



Figura 10 Inizio transito Freccia Rossa acquisito sul video



Figura 11 Transito Freccia Rossa acquisito sul video



Figura 12 Fine transito Freccia Rossa acquisito sul video

L'analisi video è stata anche di ausilio nella suddivisione tra convogli tipo Freccia Rossa e Italo.

### 3.2.1. DETERMINAZIONE DELLA VELOCITÀ

La determinazione della velocità di transito è stata ricavata mediante l'elaborazione dei video acquisiti. Nello specifico tale stata effettuata grazie all'analisi dei tempi di transito sulla sezione di misura, così come documentati dalla ripresa video.

L'analisi delle riprese in laboratorio ha permesso infatti, mediante visione molto rallentata del filmato, una accurata valutazione degli istanti precisi la motrice del convoglio transitava nella sezione ortogonale alla telecamera e di quello in cui usciva dalla medesima.

Di conseguenza, nota la lunghezza del treno e il tempo effettivo di transito nella sezione è stata calcolata la velocità in km/h del convoglio mediante la seguente relazione matematica:

$$V = \frac{L}{t} \cdot 3,6$$

dove

L = lunghezza del convoglio in m

t = intervallo di transito nella sezione di misura

L'analisi del dato ha portato a riconoscerne una estrema variabilità. Infatti per il Freccia Rossa è stata rilevata una velocità minima di 152 km/h e una velocità massima di 261 km/h; mentre per Italo la velocità minima di 103 km/h e quella massima è pari a 224 km/h.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>				
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>				
	Titolo: RELAZIONE MISURE FONOMETRICHE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO AR0002 001	REV. A	Pag. 15 di 16

#### 4. SINTESI DEI DATI

Per le finalità dell'indagine è stato quindi necessario pervenire ad un dato univoco di emissione per ciascuna tipologia di convoglio in transito sulla Linea AV/AC Milano – Bologna.

A tale scopo è stato innanzitutto necessario normalizzare i dati relativi ai parametri acustici (SEL(-10) e Leq(-10)) che caratterizzano l'emissione di ciascun transito:

La normalizzazione è stata effettuata per ciascuna postazione di misura sia in relazione allo spazio per tenere conto della distanza dai due binari di percorrenza sia in relazione alla velocità di percorrenza che è stata fissata pari a 250 km/h. A valle di tale attività è stato quindi calcolato il valore medio.

La normalizzazione dei valori è stata effettuata seguendo la metodologia di seguito descritta.

$$L_{i \text{ NORMALIZZATO}} = L_i + K_{DIST} \cdot \log \frac{D_{BIN2}}{D_{BIN1}} + K_{VEL} \cdot \log \frac{250}{V_i}$$

Dove

$L_{i \text{ NORMALIZZATO}}$  è il livello acustico considerato (Single Event Level o Leq) relativo al transito *i*-esimo normalizzato

$L_i$  è il livello acustico considerato (Single Event Level o Leq) relativo al transito *i*-esimo

$K_{DIST}$  coefficiente dipendente dalla lunghezza del treno. Per i convogli passeggeri lunga percorrenza con quelli in esame è pari a 15

$D_{BIN1}$  Distanza del binario più vicino alla postazione di misura rispettivamente pari a 7,5 m e 25 m

$D_{BIN2}$  Distanza del binario più distante dalla postazione di misura rispettivamente pari a 11,5 m e 29 m

$K_{VEL}$  coefficiente che in base alla regressione dei dati rilevati è stato calcolato pari a 20

Dal Leq dei singoli eventi normalizzati si è quindi pervenuti al valore medio caratteristico dell'emissione della categoria di convogli considerata.

Nelle seguenti tabelle si riportano quindi in sintesi i dati rilevati nei due punti di misura, con l'indicazione del numero di transiti sui quali è stato valutato il dato.

### PR 01 - distanza dal binario esterno 7,50 m, Altezza sul p.f 1,20 m

	SEL(-10)	Leq(-10)	Treni
RFI - Freccia Rossa	103,0	96,4	69
NTV - Italo	101,7	96,3	30

### PS 01 - distanza dal binario esterno 25 m, Altezza sul p.f 3,50 m

	SEL(-10)	Leq(-10)	Treni
RFI - Freccia Rossa	99,6	92,6	69
NTV - Italo	98,4	92,5	30