

La voce dei treni

il rumore ambientale
da sorgente ferroviaria

Referente progetto: Ing. Francesca Sacchetti

Tutor: Dott.ssa Luisa Vaccaro

Studenti Liceo Statale "Aristotele" di Roma

Area per la valutazione, la prevenzione e il controllo dell'inquinamento ambientale derivante da agenti fisici

ISPRA

Alternanza

SCUOLA

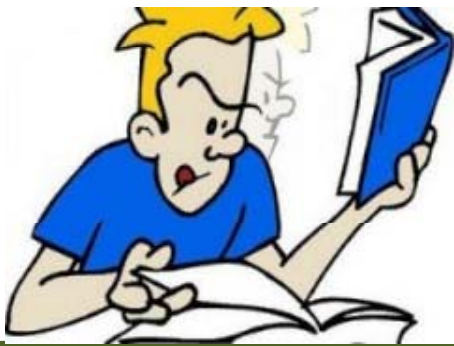
LAVORO

Il progetto la Voce dei Treni

In ambito urbano la sorgente ferroviaria non è sicuramente la sorgente di rumore più impattante. Ma nelle nostre città ci sono molte abitazioni costruite in prossimità di assi ferroviari, per i quali il *rumore ferroviario* è fortemente disturbante.



La *sorgente ferroviaria* ci consente di impostare un percorso fattibile di formazione: dalla normativa → al monitoraggio → alla modellistica.



Obiettivo del progetto: fare acquisire allo studente competenze e capacità teorico-pratiche di base sull'acustica ambientale, attraverso l'utilizzo di strumentazione di misura e di analisi e modellizzazione acustica professionale e l'attività in campo, simulando l'attività del Tecnico competente in acustica

Articolazione del corso

Lezione 1:

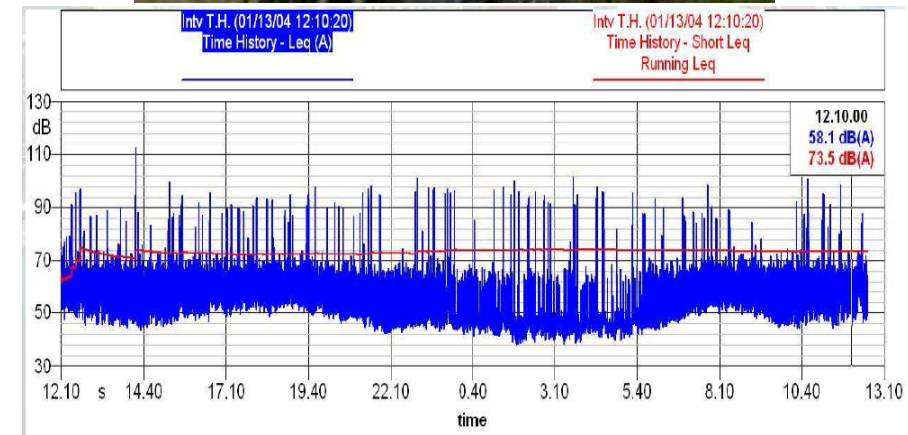
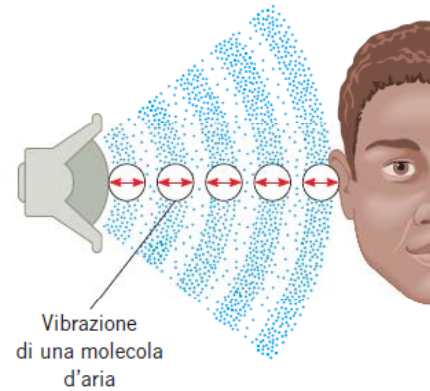
Aspetti teorici e Normativa di riferimento
(tempo: 6h)

Lezione 2:

Misure fonometriche di rumore ferroviario
(tempo: 6h)

Lezione 3:

Analisi delle misure attraverso software dedicati ed interpretazione dei dati ottenuti
(tempo: 6h)



Articolazione del corso

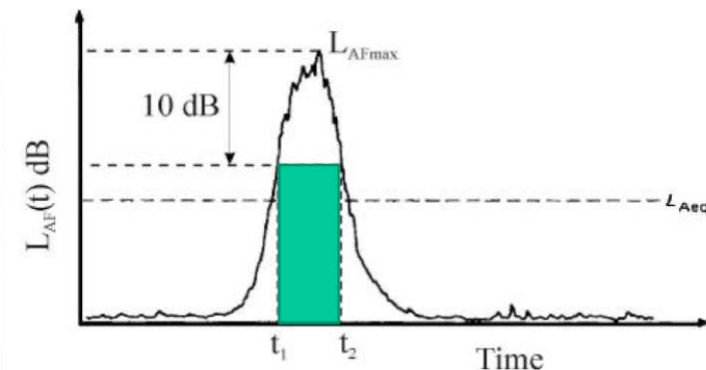
Lezione 4:

Analisi delle misure attraverso software dedicati ed interpretazione dei dati ottenuti (tempo: 3h)

Utilizzo di software di simulazione per il calcolo del rumore ferroviario (tempo: 3h)

Lezione 5:

Utilizzo di software di simulazione per il calcolo del rumore ferroviario (tempo: 6h)

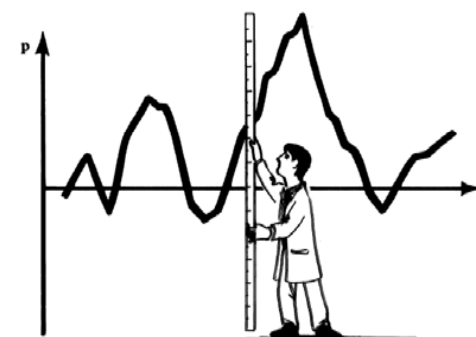
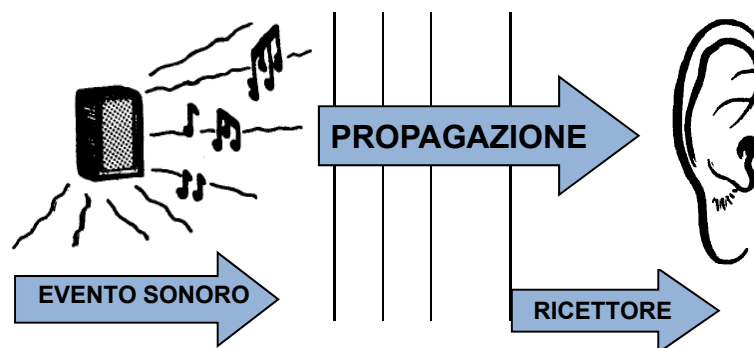


$$L_{Aeq,TR} = 10 \log \left[\frac{1}{T_R} \sum_{k=1}^n 10^{0,1(L_{Aeq,TR})_k} \right]$$



Aspetti teorici

- *Cos'è il suono*
- *Differenza tra suono e rumore*
- *Come si rappresenta il suono*
- *Come si propaga il suono:*
 - ✓ *in campo libero*
 - ✓ *con presenza di ostacoli*
- *Il livello di pressione sonora*
 - ✓ *La scala dei decibel*
- *Come si analizza il livello sonoro*
- *Come si misura il livello sonoro*
 - ✓ *Il fonometro*

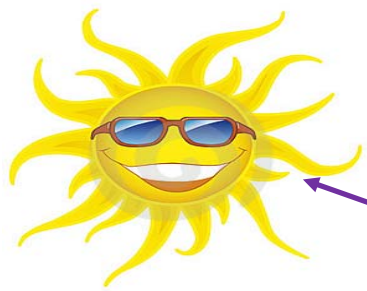


Normativa di riferimento

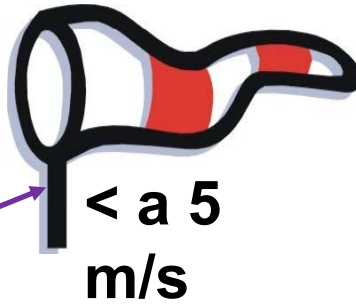
- *Legge 26 ottobre 1995, n. 447 –
“Legge quadro sull’inquinamento acustico”*
- *Decreto del Ministero dell’Ambiente 16 marzo 1998 –
“Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico”*
- *Decreto del Presidente della Repubblica 18 novembre 1998, n. 459
“Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell’inquinamento
acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell’articolo 11 della
legge 26 ottobre 1995, n. 447”.*

DM 16 marzo 1998: Metodologia di misura del rumore ferroviario (Allegati "B" e "C")

Condizioni di misura



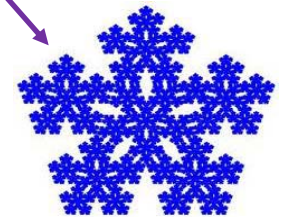
SI



1 metro



NO

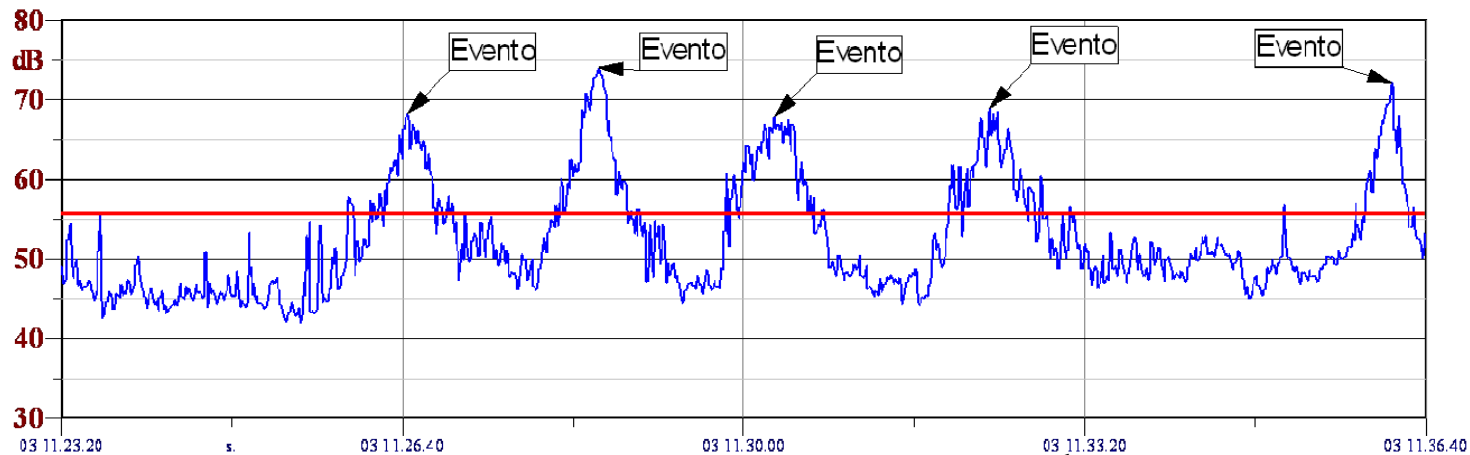


Il rumore prodotto da **traffico ferroviario** presenta una accentuata discontinuità in quanto è caratterizzato dagli eventi sonori prodotti dai transiti dei singoli convogli.

Tali eventi sono di durata variabile e dipendono dalla velocità e dalla lunghezza dei convogli.

Per ciascuno evento si ricava il valore del SEL e tutti questi eventi contribuiscono alla determinazione del descrittore acustico, $L_{Aeq,TR}$

$L_{Aeq,TR}$: livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" nel periodo di riferimento



dove:

TR è il periodo di riferimento diurno (06-22) o notturno (22-06)

n è il numero di transiti avvenuti nel periodo TR

$k = 10 \log (1/TR) = 47.6 \text{ dB(A)}$ nel diurno

$k = 10 \log (1/TR) = 44.6 \text{ dB(A)}$ nel notturno

$$L_{Aeq,TR} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{AE})_i} \right) - k$$

Il DPR 459/1998

definisce:

Infrastruttura ferroviaria: l'insieme di materiale rotabile, binari, stazioni, scali, parchi, piazzali e sottostazioni elettriche.

suddivide le infrastrutture ferroviarie in:

- infrastruttura esistente: quella effettivamente in esercizio alla data di entrata in vigore del presente decreto
- infrastruttura di nuova realizzazione: quella non effettivamente in esercizio alla data di entrata in vigore del presente decreto

stabilisce:

fasce di pertinenza: fasce territoriali a partire dalla mezzzeria dei binari esterni e per ciascun lato della larghezza di:

- 250 m per le infrastrutture esistenti e per le infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h, suddivisa in due parti: la prima, più vicina all'infrastruttura, della larghezza di m 100 (fascia A); la seconda, più distante dall'infrastruttura, della larghezza di m 150 (fascia B)
- 250 m per le infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto superiore a 200 km/h

Il **DPR 459/1998** stabilisce per tipologia di infrastruttura e fascia di pertinenza i valori limite

Tipo ricettore	Nuove Infrastrutture con $v >$ di 200 Km/h		Infrastrutture esistenti e di nuova realizzazione con $v \leq$ di 200 Km/h			
	Fascia unica 250 m		Fascia A (100) m		Fascia B (150) m	
	giorno	notte	giorno	notte	giorno	notte
Ricettori sensibili*	50	40	50	40	50	40
Altri Ricettori	65	55	70	60	65	55

* per le scuole vale solo il limite diurno.

Al di fuori delle fasce di pertinenza:

- valgono i limiti previsti dalla tabella C del DPCM 14/11/1997 – “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore.”;
- in assenza di Zonizzazione Comunale, valgono i limiti previsti dall'articolo 6, comma 1 del D.P.C.M. 1/3/1991

La campagna di misura

Punto 2 – punto di misura “con barriera”

Punto 1 – punto di misura “senza barriera”



Dettaglio “infrastruttura ferroviaria”



Dettaglio “barriera antirumore”

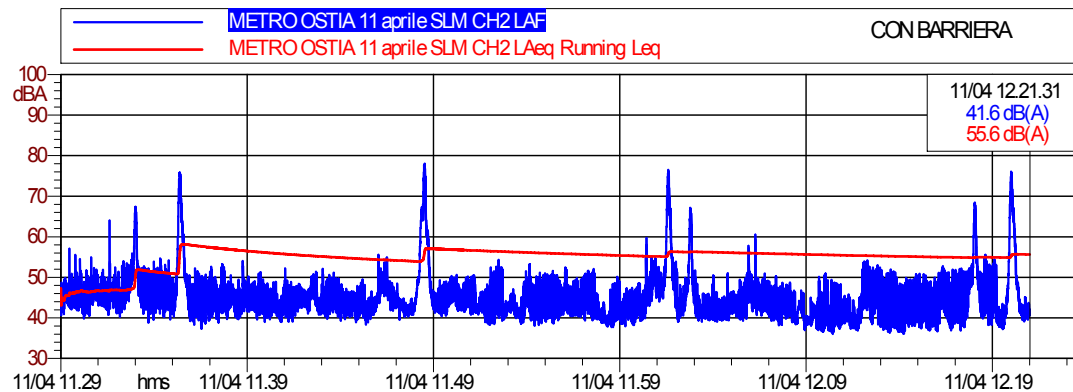
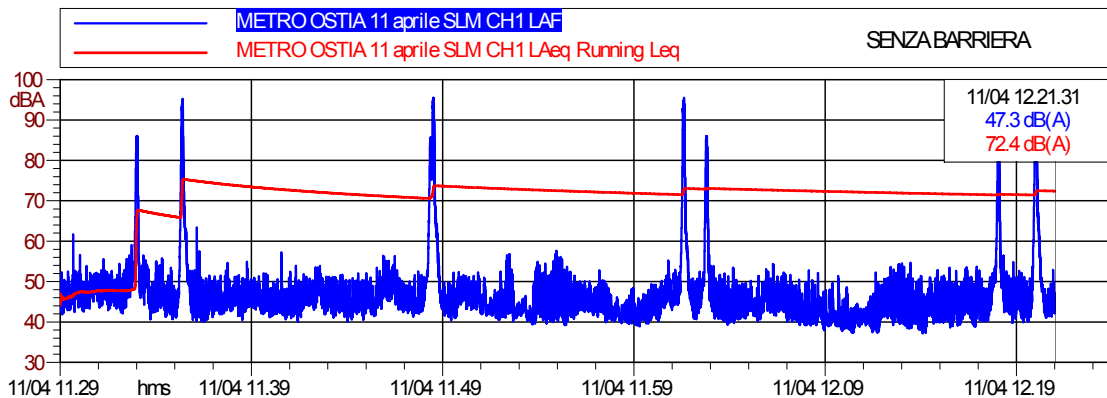


Analisi delle misure

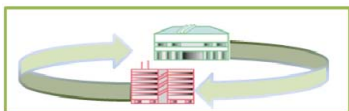
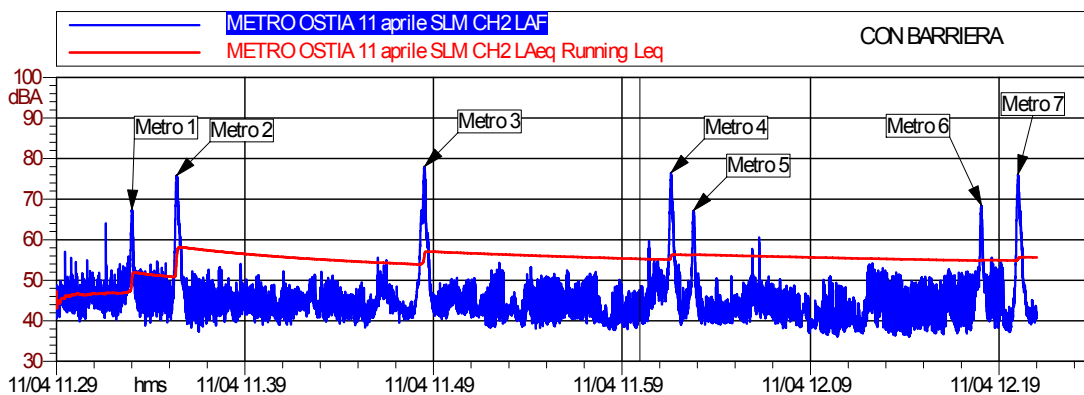
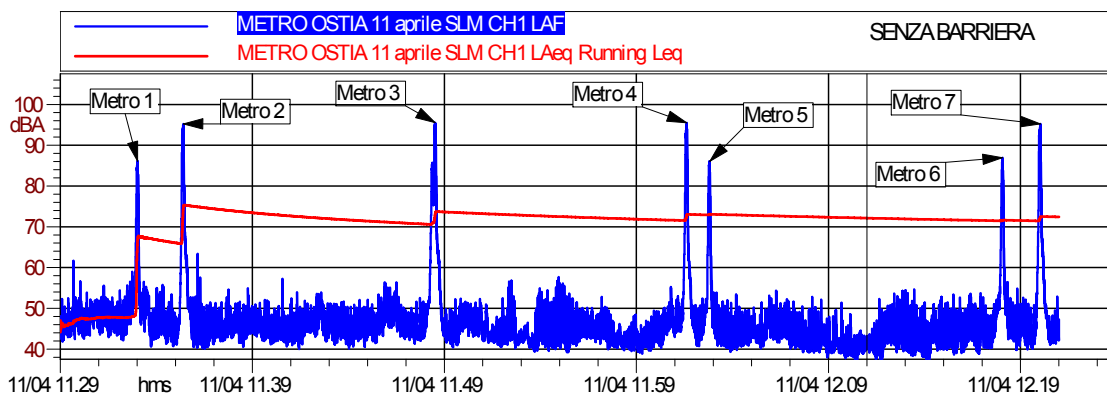
Punto 1 – punto di misura “senza barriera”

Punto 2 – punto di misura “con barriera”

Time History del livello Ambientale



Riconoscimento degli eventi (passaggi metro)



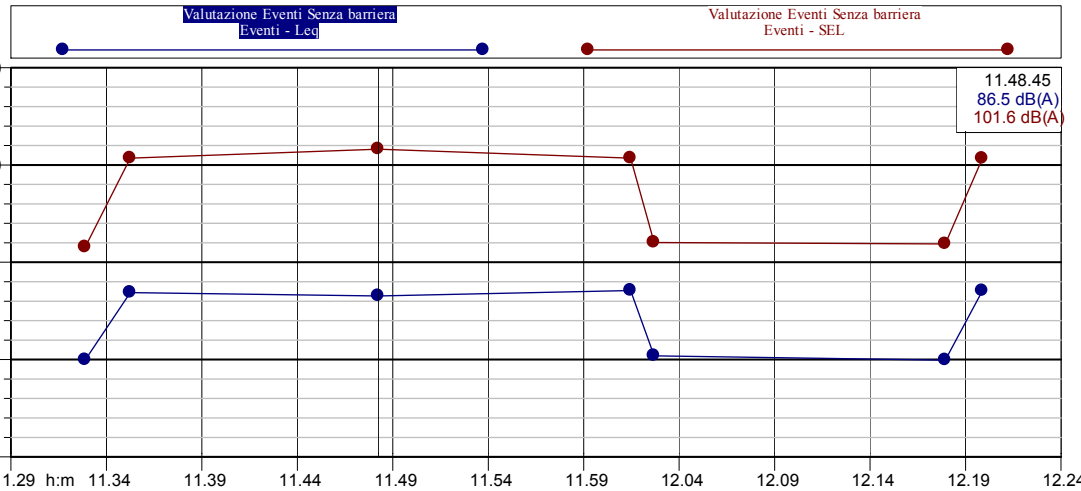
Alternanza **SCUOLA** **LAVORO**



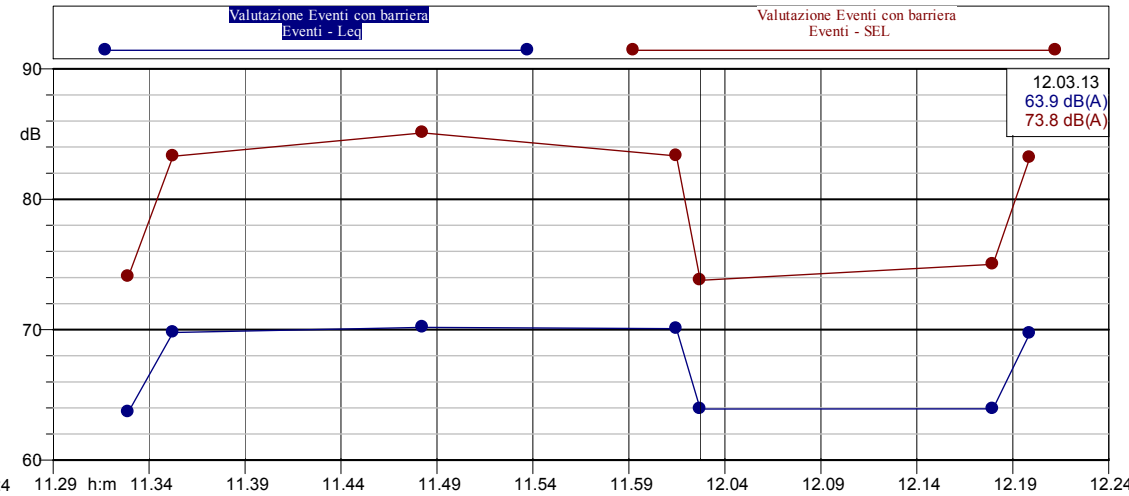
Punto 1 – punto di misura “senza barriera”

Punto 2 – punto di misura “con barriera”

Considerando nel TR (06-22) solo i 7 eventi (passaggi metro) monitorati



LAeq,TR: 58.0 dB	LAeqTot: 72.4 dB	NEventi: 7
LAeq,TR(6-22): 59.7 dB	Leq(6-22): 72.4 dB	NEvDay: 7
LAeq,TR(22-6): 0.0 dB	Leq(22-6): 0.0 dB	NEvNight: 0
LAeqEvent: 85.7 dB	SELeventi: 107.4 dB	LDN: 70.4 dB
LAeqNoEvent: 46.3 dB	: N/A dB	Durata Misura: 3120.8 sec.



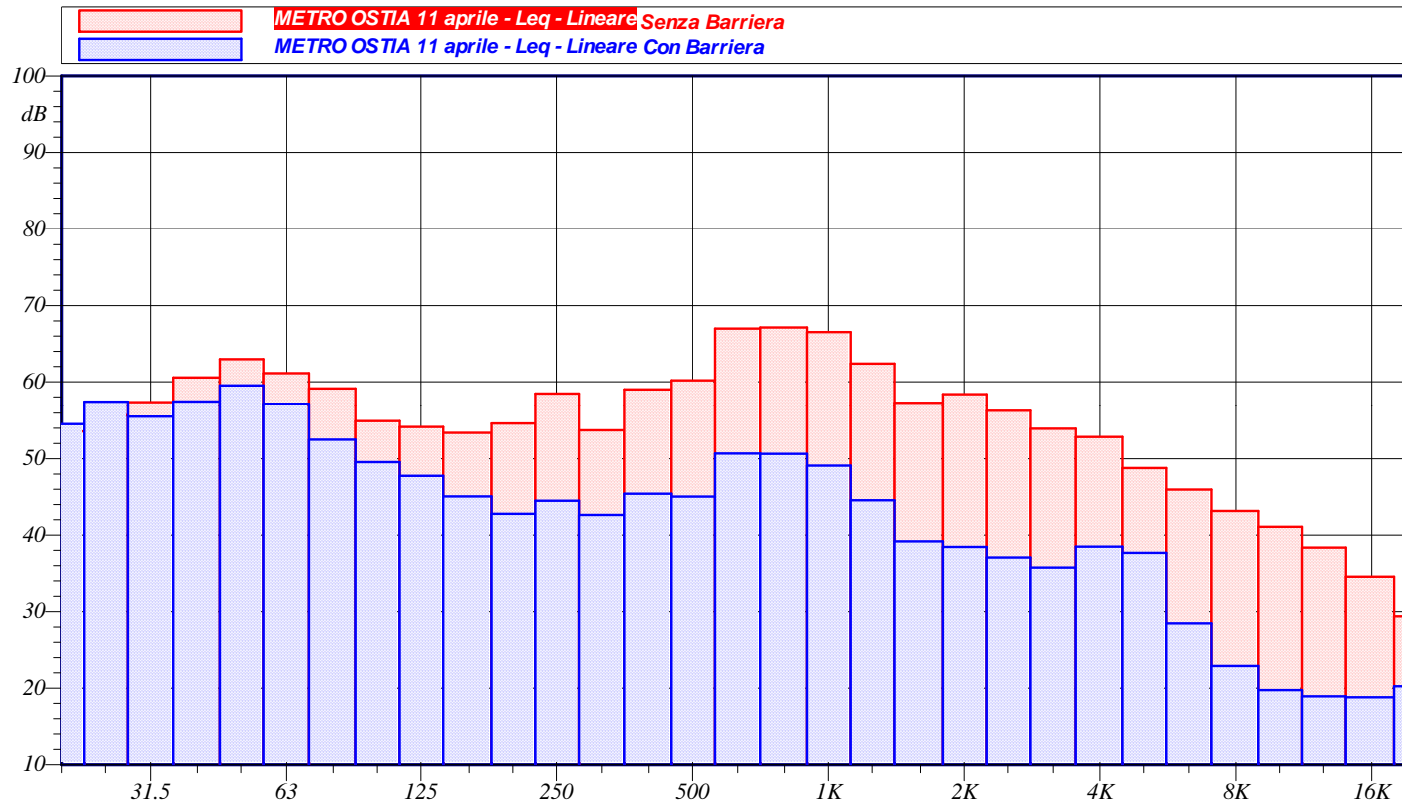
LAeq,TR: 40.8 dB	LAeqTot: 55.6 dB	NEventi: 7
LAeq,TR(6-22): 42.6 dB	Leq(6-22): 55.6 dB	NEvDay: 7
LAeq,TR(22-6): 0.0 dB	Leq(22-6): 0.0 dB	NEvNight: 0
LAeqEvent: 69.0 dB	SELeventi: 90.6 dB	LDN: 53.6 dB
LAeqNoEvent: 45.4 dB	: N/A dB	Durata Misura: 3120.8 sec.

Considerando un numero di eventi (passaggi metro) nel TR (06-22) pari a 112 (7 x 16)

LAeqTR = 71.8 NEvDay: 112

LAeqTR = 54.6 NEvDay: 112

Gli spettri lineari nei punti di misura “senza barriera” e “con barriera”



La modellizzazione acustica

Il **modello di simulazione** acustico permette di stimare i livelli di pressione sonora prodotti da una determinata sorgente di rumore.

Il **livello di pressione sonora** dipende dalle caratteristiche della sorgente e dalle caratteristiche del mezzo in cui il rumore si propaga.

L'equazione fondamentale di propagazione del rumore è nel caso generale:

$$L_p = L_w + D_I - A_d - A_a - A_g - A_b - A_n - A_v \dots$$

- L_p : livello sonoro nella posizione del ricettore
- L_w : livello di potenza sonora della sorgente
- A_d : attenuazione per divergenza geometrica
- A_a : attenuazione per assorbimento atmosferico
- A_g : attenuazione per effetto del suolo
- A_b : attenuazione per diffrazione da parte di ostacoli (barriere)
- A_n : attenuazione per effetto di variazioni dei gradienti verticali di temperatura e di velocità del vento e della turbolenza atmosferica
- A_v : attenuazione per attraversamento di vegetazione

Per stimare i livelli di pressione sonora L_p , nel **modello di simulazione** devono essere introdotti i parametri di:

- *caratterizzazione della sorgente*
- *caratterizzazione del mezzo di propagazione*

La caratterizzazione acustica delle sorgenti lineari (strade/ferrovie)

La caratterizzazione acustica delle infrastrutture lineari (strade/ferrovie) prevede l'individuazione di tratti omogenei per valori di flusso di traffico, modalità di transito e tipologia di infrastruttura (a raso, in rilevato, in trincea,).

Per ogni *tratto stradale* si individuano il flusso di traffico (veicoli/ora), nei periodi di riferimento temporali previsti (giorno/notte oppure giorno/sera/notte), per categorie di veicoli (leggeri/pesanti), la velocità media e la tipologia di tracciato e manto stradale.

Per ogni *tratto ferroviario* si individuano il numero di convogli in transito, nei periodi di riferimento temporali previsti (giorno/notte oppure giorno/sera/notte), la composizione dei convogli (numero di carrozze), la velocità di transito, le caratteristiche di rugosità della superficie di rotolamento, la presenza di singolarità, la tipologia di massicciata, ecc...

La caratterizzazione acustica dell'ambiente di propagazione

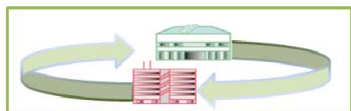
Per la caratterizzazione acustica dell'ambiente di propagazione devono essere descritti i parametri relativi all'attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico, alla divergenza geometrica, all'effetto del suolo e alla presenza di schermature naturali e/o artificiali (ad esempio barriere antirumore).

Gli algoritmi di calcolo

Per la modellizzazione delle sorgenti lineari sono individuati diversi algoritmi di calcolo.

Per la mappatura acustica delle infrastrutture principali e degli agglomerati urbani, la direttiva Europea (2002/49/CE) indica dei “*modelli ad interim*”, da utilizzare per gli adempimenti previsti dalla direttiva nel 2007, 2012 e 2017.

Per gli adempimenti previsti dal 2022 in tutti gli Stati Membri dovrà essere utilizzato il modello comune europeo detto CNOSSOS-EU



Alternanza **SCUOLA** **LAVORO**



L'uso corretto di un modello di simulazione acustica prevede che il modello sia “calibrato/tarato”.
La “*procedura di calibrazione/taratura*” del modello consiste nel confronto dinamico tra i valori misurati e i valori calcolati in alcuni punti di controllo ed è finalizzato a minimizzare gli scarti tra i valori (Appendice E norma UNI 11143-1).

La **taratura del modello** rappresenta la fase preliminare di ogni attività di simulazione acustica.
Tale fase consente di trovare l'impostazione corretta delle informazioni di input da fornire al modello di calcolo affinché la risposta sia il più vicino possibile alle misure effettuate in campo, cioè affinché il modello sia in grado di approssimare al meglio la situazione reale.

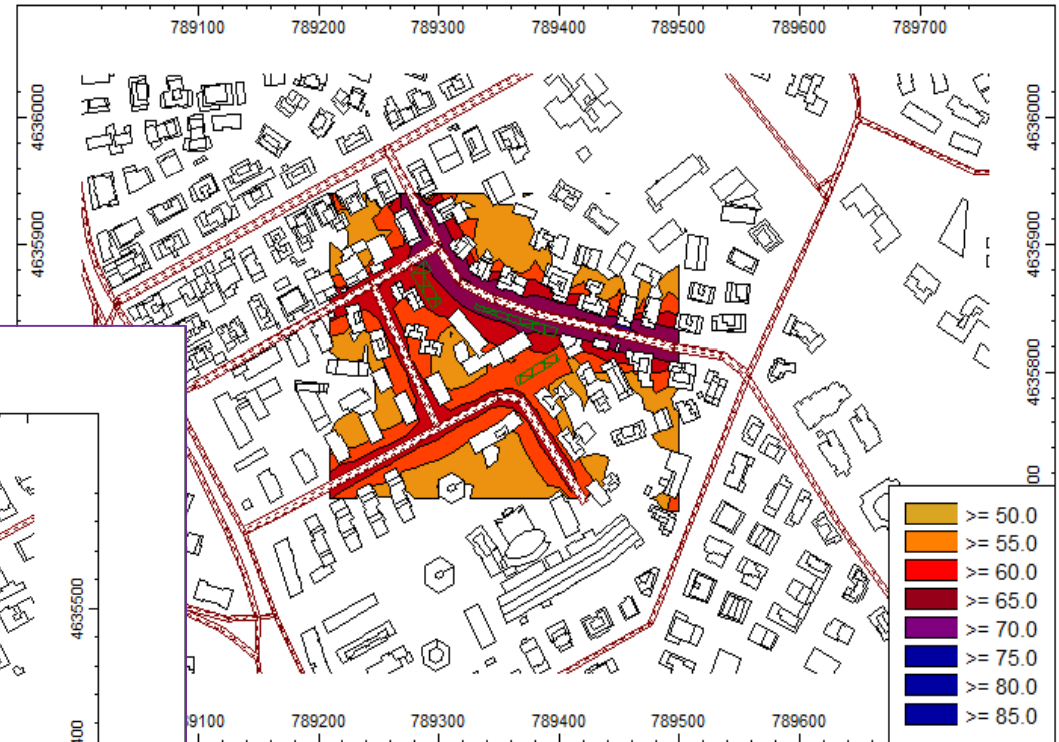
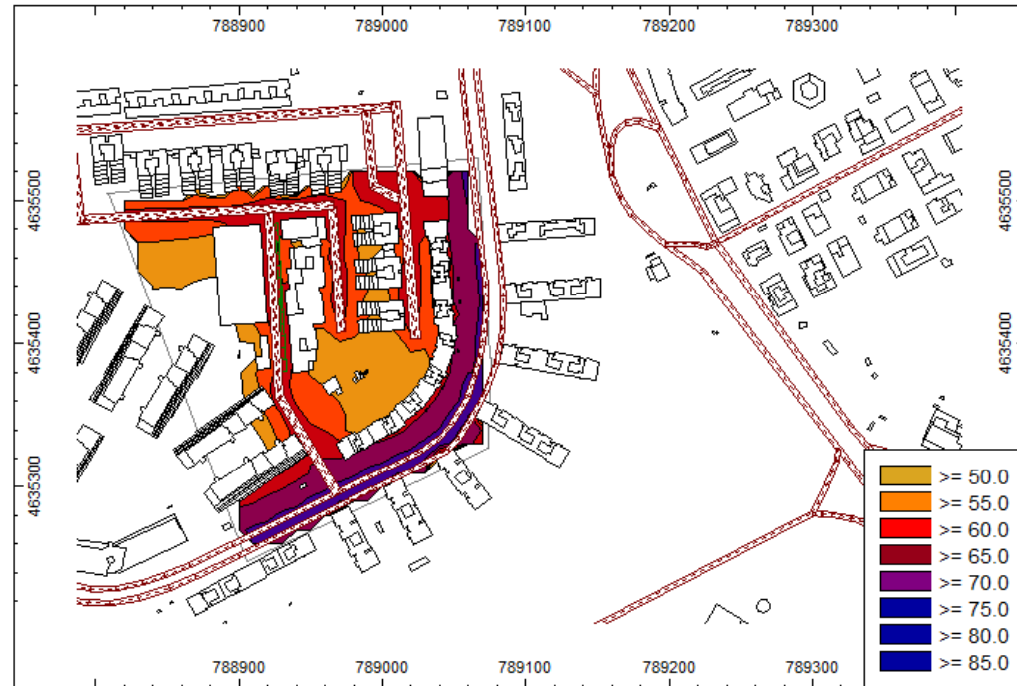
Il modello di calcolo si considera calibrato (tarato) quando lo scarto (valore assoluto della differenza tra il livello misurato e il livello modellizzato) risulta inferiore a 2dB(A).

Un modello opportunamente calibrato è in grado di stimare/rappresentare il clima acustico di un'area più vasta, ovvero di valutare i livelli sonori in altri e diversi punti rispetto ai punti in cui sono state effettuate le misurazioni.

L'uso di un modello di calcolo risulta necessario quando l'area di indagine ha un'estensione e/o una complessità tale da rendere potenzialmente poco efficace o estremamente onerosa una valutazione esclusivamente strumentale dei livelli acustici.

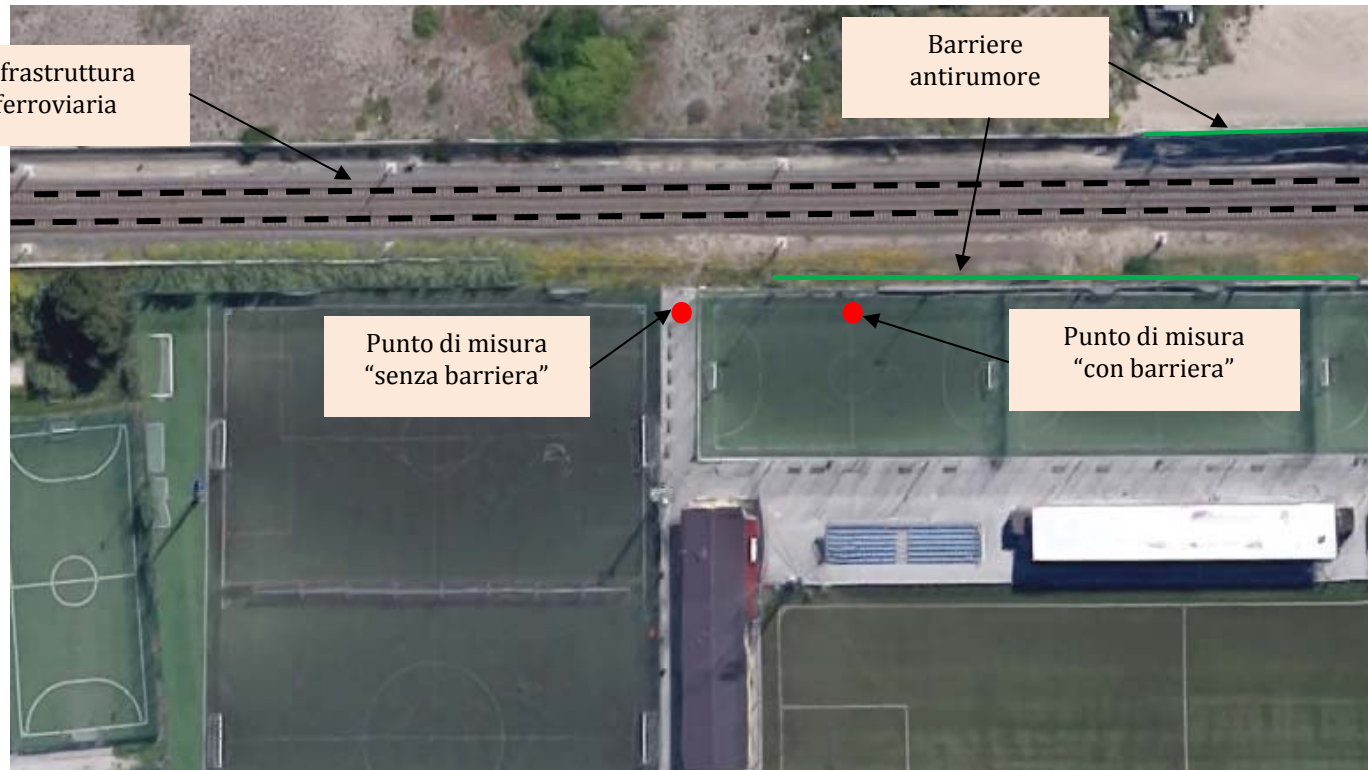
Mappa livelli di rumore nell'area del Liceo Scientifico Aristotele

Sede succursale

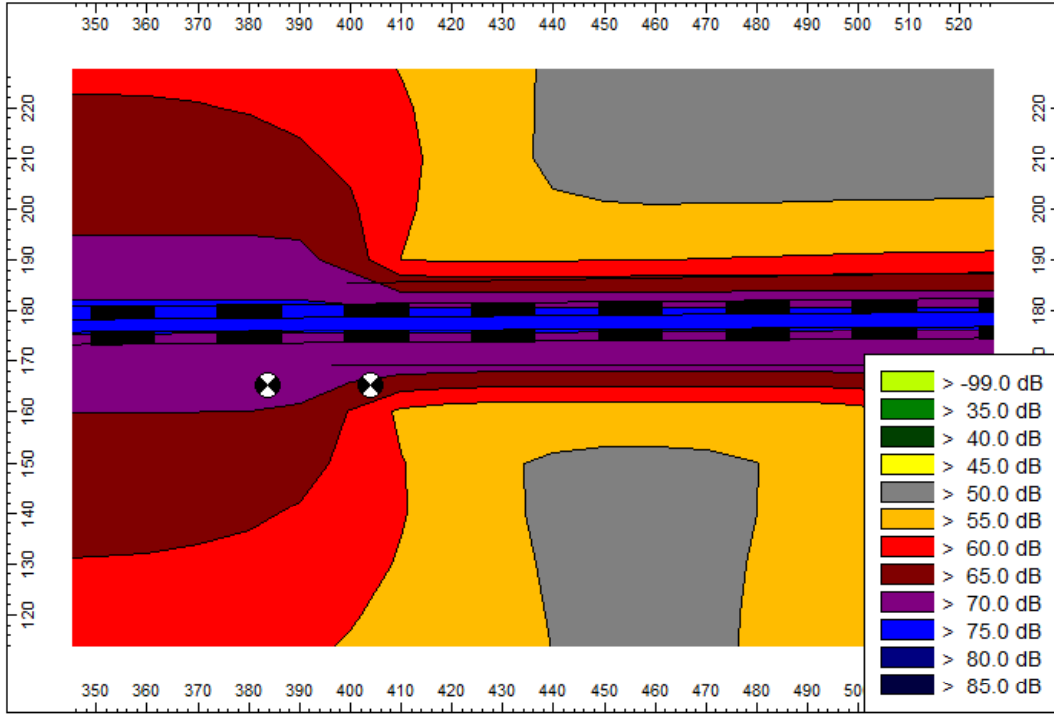


Sede centrale

La calibrazione del modello di calcolo



- Nel software acustico CadnaA sono stati inseriti i parametri relativi a:
 - l'infrastruttura ferroviaria (numero di passaggi dei convogli nel periodo di riferimento diurno (6-22), tipologia dei treni – treno passeggeri –, velocità di percorrenza e caratteristiche della massicciata);
 - le barriere acustiche (dimensione geometrica e caratteristiche di fonoassorbimento);
 - l'assorbimento del terreno;
 - la posizione e l'altezza dei ricettori puntuali (punto di misura "con barriera" e punto di misura "senza barriera").



Ricettore	LAeq (dB) (6-22) modellizzato	LAeq (dB) (6-22) misurato	Δ
“senza barriera”	71,8	71,8	0
“con barriera”	56,3	54,6	1,7

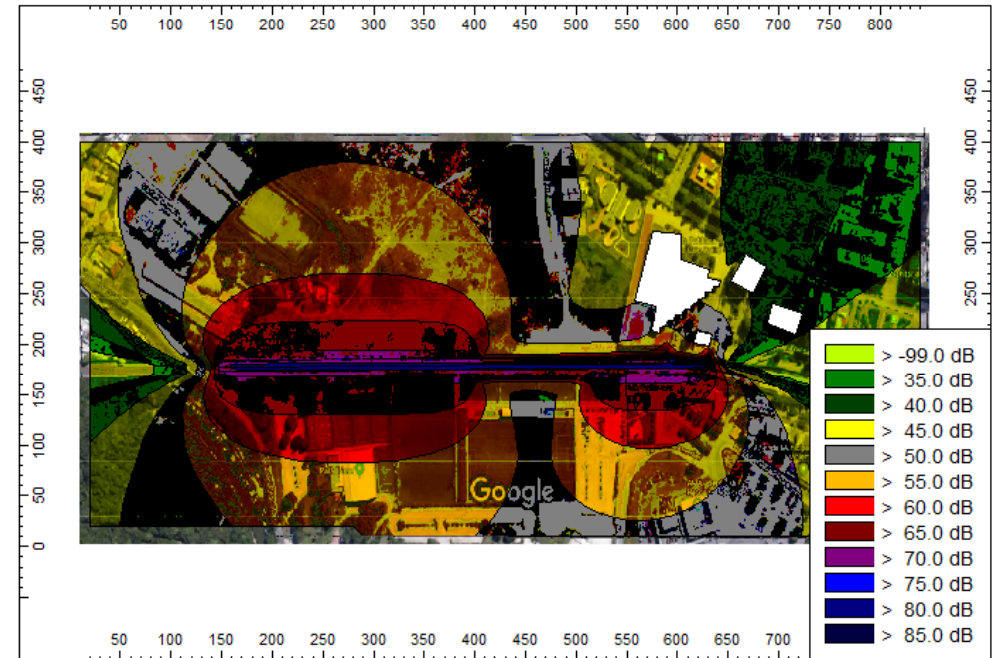
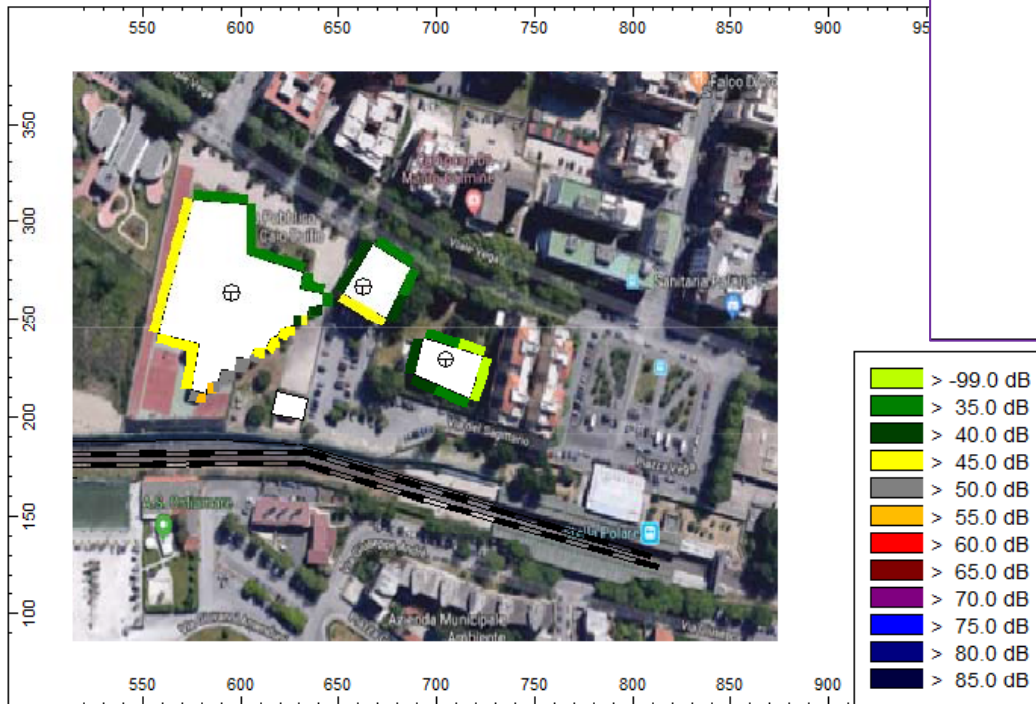
Poiché lo scarto (in valore assoluto) tra il livello modellizzato e il livello misurato nei due punti di misura è inferiore a 2dB, il modello di calcolo si considera “calibrato”.

Poiché il software di calcolo è calibrato, viene utilizzato per valutare i livelli acustici in un'area più vasta (**mappa dei livelli di rumore**) e in facciata a due edifici presenti nell'area (**mappe in facciata**).

I livelli acustici in facciata possono essere confrontati con i valori limite acustici (DPR 459/98).



Mappe in facciata

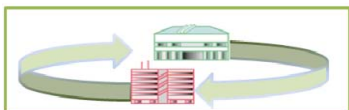


Mappa dei livelli di rumore

Alternanza **SCUOLA** **LAVORO**



GRAZIE PER LA VOSTRA
ATTENZIONE
e
BUONE VACANZE



Alternanza **SCUOLA**
LAVORO

