



# **Il Progetto De.C.I.So.**

**Presentazione della ricerca nei suoi aspetti salienti**

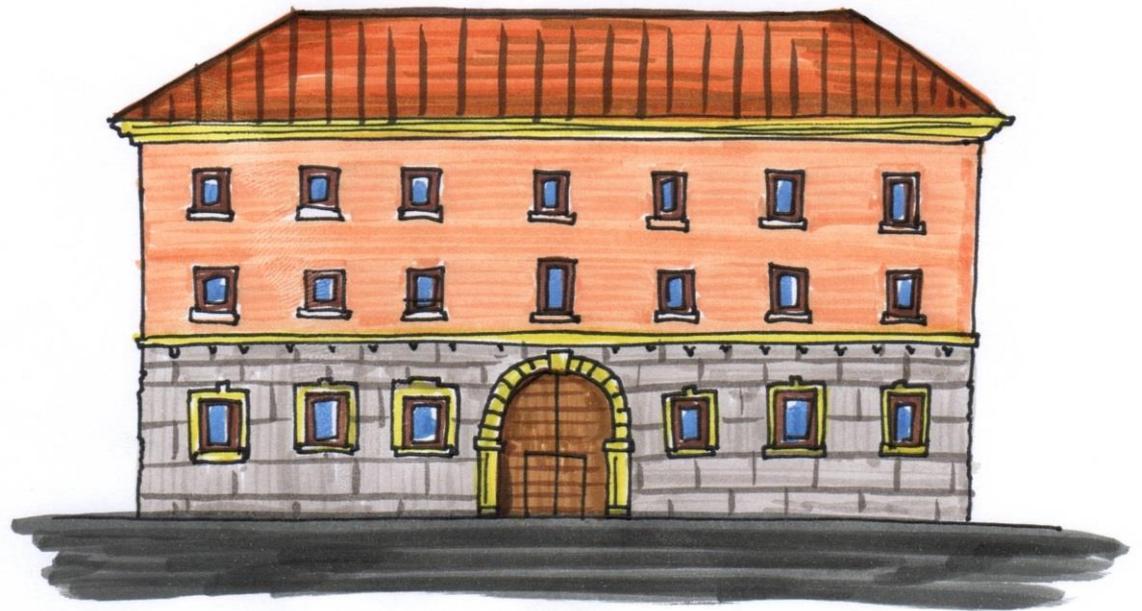
# Perché siamo qui?



- Shield (2003) evidenzia il calo di rendimento e di concentrazione nelle prime ore post-prandiali in quegli studenti che si trovano a pranzare in refettori molto rumorosi, rispetto a chi invece mangia a casa, dove in genere i volumi e i livelli sonori sono decisamente inferiori.
- Sargent dimostra l'incremento di fatica e di rendimento per livelli equivalenti di rumore esterno maggiori di 57 dB(A).
- È stato verificato che se per un livello equivalente interno all'aula pari a 60 dB(A) il tasso di errore è pari al 15% circa, esso si abbassa al 4.3% riducendo il livello a 55 dB(A) e praticamente si annulla per livelli inferiori a tale livello.
- Affinché tutti possano avere accesso in modo adeguato a tutte le informazioni sonore utili all'apprendimento, il rapporto segnale/rumore deve mantenersi per ciascuna frequenza almeno pari a 15 dB (Peutz 1997).
- Sono stati dimostrati gli effetti sul comportamento in termini di AGGRESSIVITA', IRRITABILITA', FATICA, ISOLAMENTO, DIFFICOLTA' RELAZIONALI.
- Prodi et al. (2012) hanno dimostrato che l'attività interna e il chiacchiericcio sono la fonte di disturbo primaria, rispetto a rumori quali il traffico proveniente dall'esterno o il rumore di calpestio che si propaga all'interno delle strutture.
- ...



**Perché una buona acustica deve essere un requisito fondamentale per ogni spazio adibito all'apprendimento.**





# Perché siamo qui?

- UNI 11352 «Acustica in edilizia – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati»;

Aule per bambini con deficit uditivo	T	≤0,4 s	1)	Da 500 a 2 000	UK	8 9)
--------------------------------------	---	--------	----	----------------	----	------

- **Building Bulletin 93**;
- **BATOD**;
- **TESTO DI LEGGE 13/89 PER L'ELIMINAZIONE DELLE BARRIERE ARCHITETTONICHE**  
Nonostante nel titolo sia specificato per edifici privati, nell'Art.1 si legge "progetti relativi alla costruzione di nuovi edifici, ovvero alla ristrutturazione di interi edifici, ivi compresi quelli di edilizia residenziale pubblica, sovvenzionata ed agevolata, presentati dopo sei mesi dall'entrata in vigore della presente legge sono redatti in osservanza delle prescrizioni tecniche previste dal comma 2.
- **LEGGE REGIONALE del 20 Febbraio 1989 n.6** - Norme sull'eliminazione delle barriere architettoniche e prescrizioni tecniche di attuazione  
Nell'Art. 3 si legge: "Ai fini della seguente legge per barriera architettonica si intende qualsiasi ostacolo che limita o nega l'uso a tutti i cittadini di spazi, edifici e strutture". E' chiaro che questo testo fa riferimento principalmente alle barriere intese come impedimento alla mobilità. Bisogna puntare l'attenzione sul fatto che anche un'acustica insufficiente in locali quali le aule scolastiche è una limitazione dell'uso paritario per tutti i cittadini.
- **D.P.R. 24/07/1996 , n. 503** (G.U.R.I. n. 227 del 27 settembre 1996) Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.



# Perché siamo qui!

Perché una cattiva acustica è a tutti gli effetti una **barriera architettonica**.



**Deaf Children: Improvement of classroom Sound Quality**

<http://www.associazionegenitorisordibresciani.it/ricerca/>



Home Page

## IL PROGETTO

Introduzione

Le fasi principali

Ringraziamenti

Approfondimenti e collegamenti

## LINEE GUIDA

Per il genitore

Per il tecnico

## I CASI STUDIO

Il caso pilota: PONTGLIO

L'Audiofonetica di Mompiano

La Melzi a San Bartolomeo

La Franchi di Villaggio Sereno

La Calvino a Chiesanuova

L'IISS Golgi di Brescia

Il Liceo Copernico di Brescia

L'Istituto Colodi di Bovezzo

La S. Andrea di Concesio

La scuola media di Paderno F.C.

La Rodari di Verolanuova

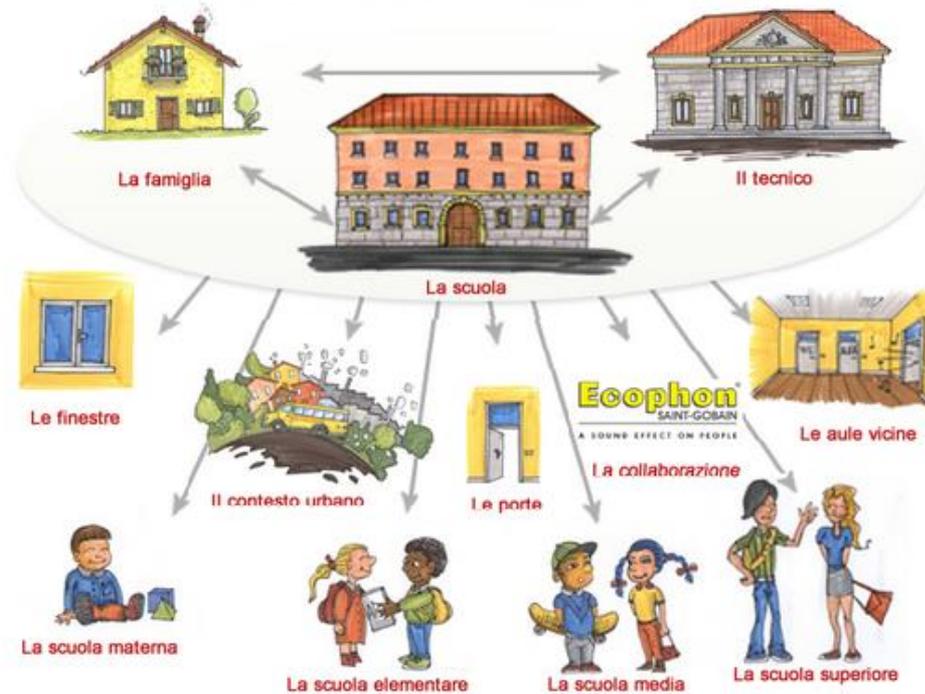
Oltre la Provincia: Rogno

## ASSOCIAZIONE GENITORI

Vai Sito

Come migliorare la qualità acustica  
delle aule scolastiche per studenti sordi  
( per informazioni sul progetto clicca qui )

## ALBERO TEMATICO





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA  
**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA E INDUSTRIALE**  
Via Branze, 38 - 25123 BRESCIA  
Laboratorio di Acustica Applicata  
Tel. 030/3715.571

*Alla cortese Attenzione*  
del Dirigente Scolastico

*Alla cortese Attenzione*  
dell'Ufficio Tecnico Comunale

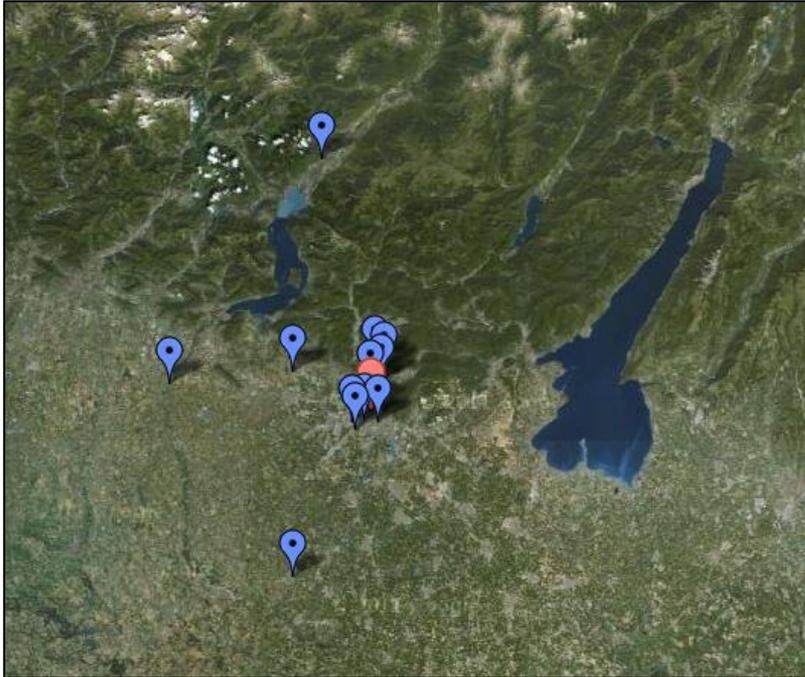
**OGGETTO:** Richiesta collaborazione per progetto di ricerca

La presente per sottoporre alla Vs attenzione la possibilità di partecipare al progetto di ricerca denominato De.C.I.So.<sup>1</sup> avviato nel marzo 2012 dall'Università degli Studi di Brescia – Laboratorio di Acustica Applicata nelle persone del Prof. Edoardo Piana e dell'Ing. Anna Marchesini, con la collaborazione esterna dell'Ing. Cesare Trebeschi.

[...]

Si propone pertanto, a chi fosse interessato a partecipare al progetto, di manifestare la disponibilità in termini di accesso agli spazi e alla documentazione tecnica inerente l'edificio in esame.

*Brescia, 25 febbraio 2013*



**02/2013:** Grazie alla collaborazione del (ex)Provveditorato agli Studi, è stato possibile diffondere una circolare in cui si offriva consulenza in cambio della possibilità di raccogliere dati per la ricerca.

13 Istituti hanno mostrato interesse:

1 scuola dell'infanzia;  
5 scuole primarie;  
5 scuole secondarie di I grado;  
2 scuole secondarie di II grado  
Tra cui alcuni Istituti Comprensivi.

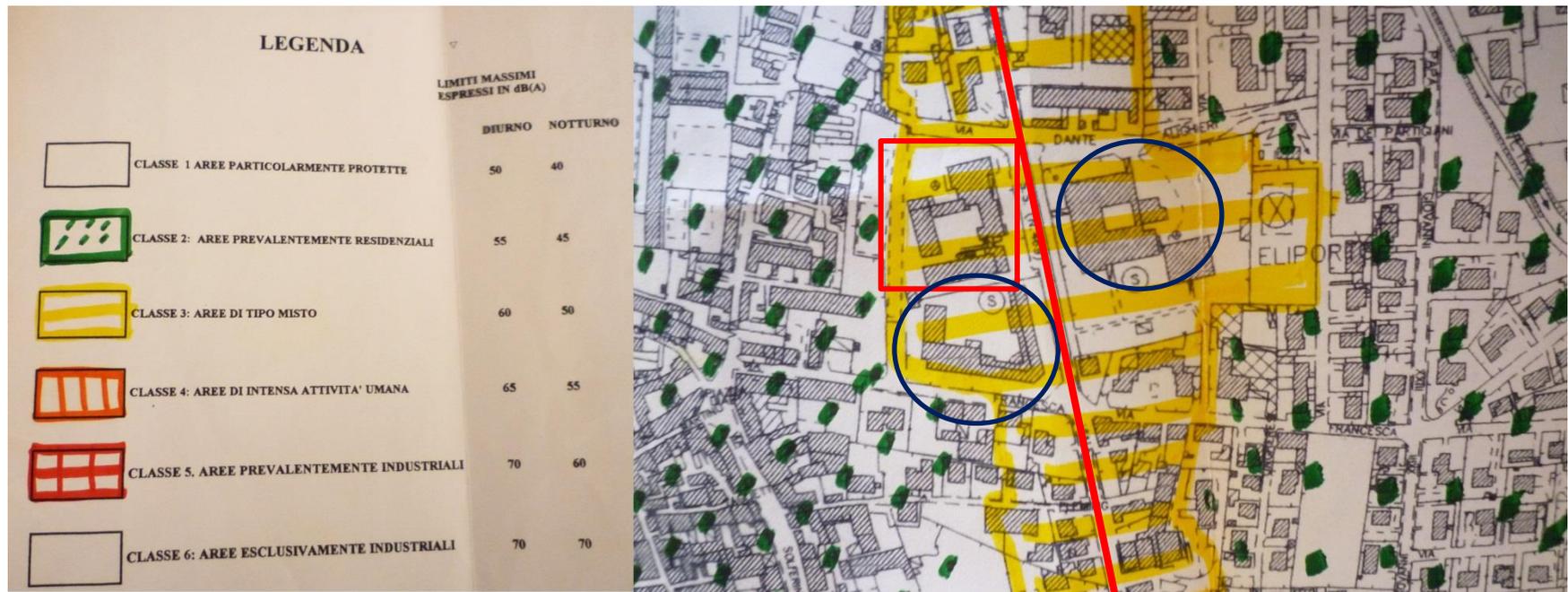
Oltre 25 locali sottoposti a rilievi fonometrici.

Inoltre sono stati misurati anche due mense e una palestra.

**09/2014:** sono state eseguite 8 bonifiche del solo tempo di riverberazione, oltre ad alcuni interventi per il miglioramento dei requisiti acustici passivi. In generale, l'importo investito per ciascuna aula è di circa 2000 euro.



# Il monitoraggio ambientale

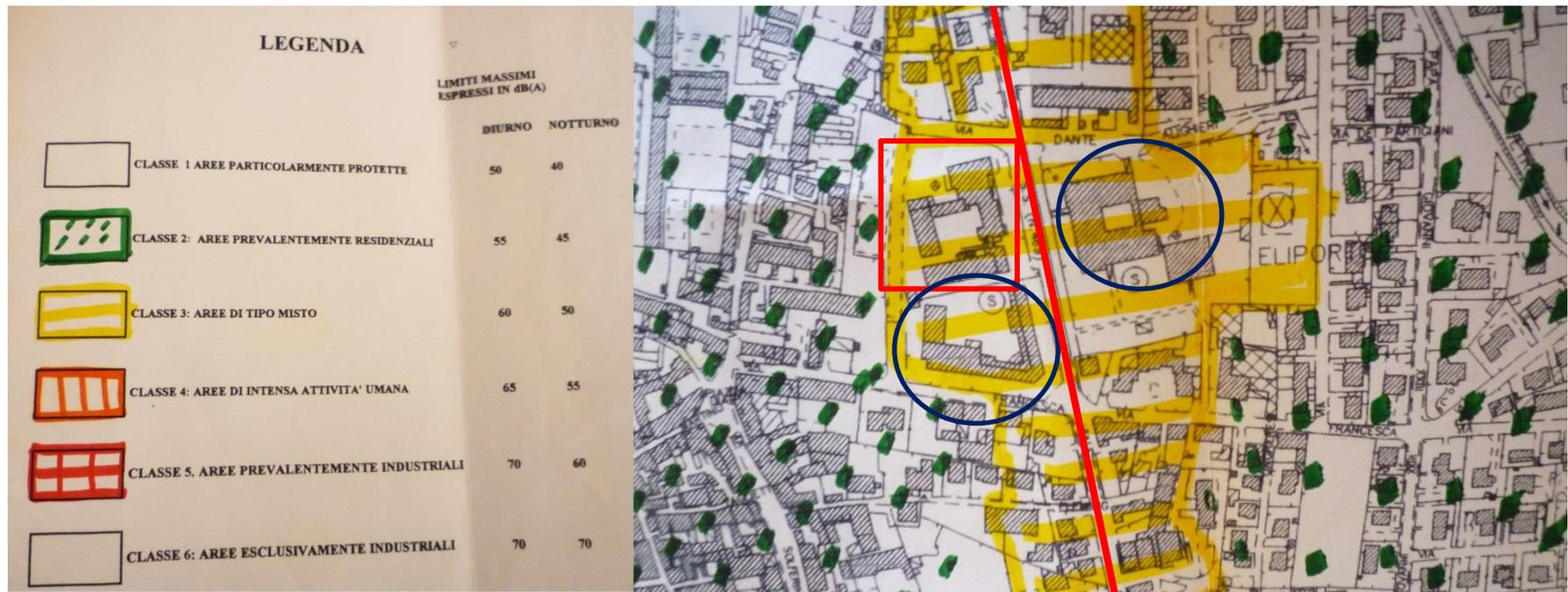


Complesso scolastico (infanzia – primaria – secondaria di I grado) a cavallo di una strada provinciale con intenso traffico e passaggio di mezzi pesanti.

Da Classificazione Acustica prevista Classe III: **Limite di IMMISSIONE diurno 60 dB(A)**  
Per fascia di pertinenza (anche se non segnata) Limite diurno 50 dB(A)



# Il monitoraggio ambientale



Complesso scolastico (infanzia – primaria – secondaria di I grado) a cavallo di una strada provinciale con intenso traffico e passaggio di mezzi pesanti.

Da Classificazione Acustica prevista Classe III: Limite di IMMISSIONE diurno 60 dB(A)  
Per fascia di pertinenza (anche se non segnata) Limite diurno 50 dB(A)

Livello equivalente medio misurato diurno **70.2 dB(A)**

Per avere il medesimo comfort interno occorrono serramenti più performanti!



# Le verifiche sui requisiti passivi



$D_{2m,nT,w} \geq 38 \text{ dB}$ (43 dB)	$L'_{nw} \leq 63 \text{ dB}$ (53 dB)	UNI 11367
$D_{2m,nT,w} \geq 48 \text{ dB}$	$L'_{nw} \leq 58 \text{ dB}$	DPCM 05/12/97
-	-	<p>Poche misure di calpestio verticale perché l'aula deve essere preferibilmente all'ultimo piano!</p> <p>Il calpestio orizzontale è troppo influenzato dalla componente aerea del rumore.</p>
<b>33</b>	<b>62</b>	
-	--	
<b>33</b>	-	
-	<b>67</b>	
-	<b>73</b>	
-	<b>73</b>	
-	-	
-	-	
-	-	

Tutti i rilievi sono stati eseguiti secondo le disposizioni previste da UNI EN ISO 140 e 717.



# Le verifiche sui requisiti passivi

$D_{nT,w} \geq 45$ dB (50dB) adiacenti	$D_{nT,w} \geq 50$ dB (55 dB) sovrapposte	$D_{2m,nT,w} \geq 38$ dB (43 dB)	$L'_{nw} \leq 63$ dB (53 dB)	UNI 11367
/	/	$D_{2m,nT,w} \geq 48$ dB	$L'_{nw} \leq 58$ dB	DPCM 05/12/97
44	-	-	-	<p>Poche misure di calpestio verticale perché l'aula deve essere preferibilmente all'ultimo piano!</p> <p>Il calpestio orizzontale è troppo influenzato dalla componente aerea del rumore.</p>
43	-	33	62	
46	-	-	--	
40	-	33	-	
30	51	-	67	
47	57	-	73	
45	-	-	73	
41	-	-	-	
52	56	-	-	
43	-	-	-	
55	-	-	-	
44	48	-	-	

Se si fa riferimento alla normativa di buona tecnica, la situazione non migliora molto...e anche dove migliora...



# ...Il problema «porta»

$D_{nT,w} \geq 45$ dB (50dB) adiacenti	$D_{nT,w} \geq 45$ dB (50dB) adiacenti	UNI 11367
dall'aula	dal corridoio	
44	24	
43	25	
<b>46</b>	29	La componente di rumore aereo più rilevante è sempre quella che attraversa la porta.  A volte il problema non è solo la porta...
40	30	
30	28	
<b>47</b>	30	
45	27	
41	24	
<b>52</b>	<b>28</b>	
43	25	
<b>55</b>	<b>31</b>	
44	31	

Anche laddove la parete opaca fornisce prestazioni buone in termini di isolamento acustico, la presenza di una porta vanifica ogni effetto.





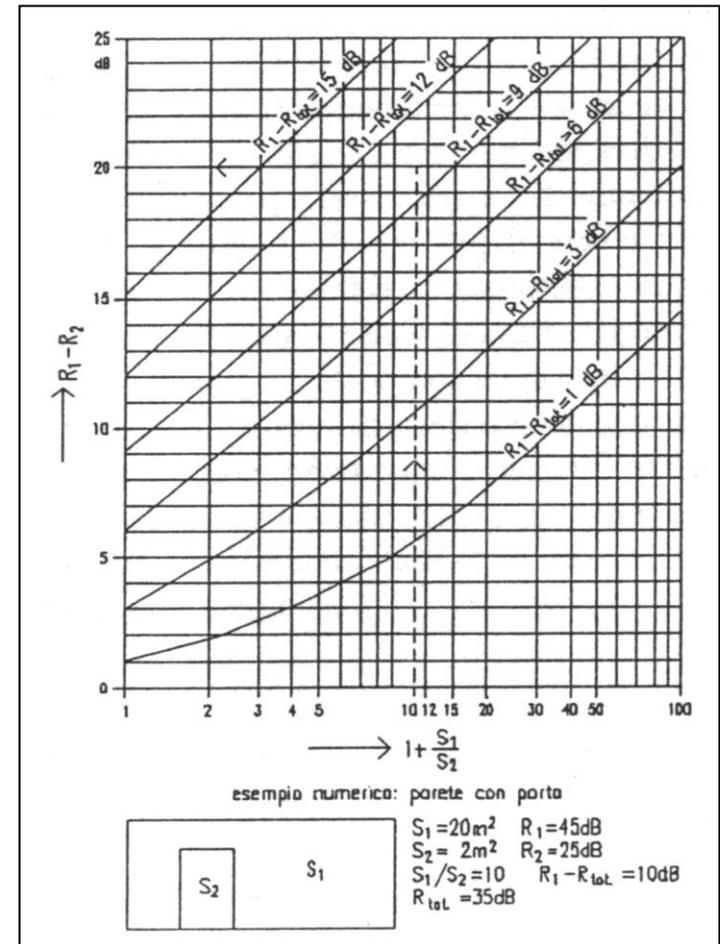
# La conferma dei dati teorici

## LA FORMULA DI MEISSER

$$R = -10 \log \left( \frac{1}{S} \sum S_i \cdot 10^{-R_i/10} \right) \quad [dB]$$



Muratura	28.55 m <sup>2</sup>	54 dB
Vetro singolo	4.39 m <sup>2</sup>	30 dB



$$R = -10 \log \left[ \frac{1}{33} \left( 28.55 \cdot 10^{-\frac{54}{10}} + 4.39 \cdot 10^{-\frac{30}{10}} \right) \right] = 38.6 \text{ dB}$$



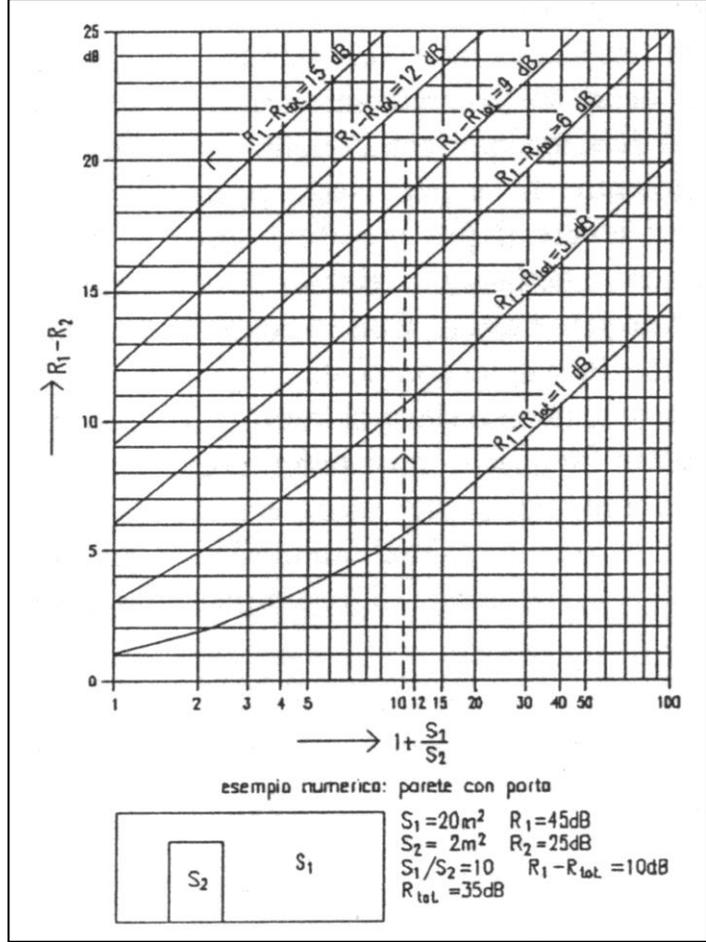
# La conferma dei dati teorici

## LA FORMULA DI MEISSER

$$R = -10 \log \left( \frac{1}{S} \sum S_i \cdot 10^{-R_i/10} \right) \quad [dB]$$



Muratura	28.55 m <sup>2</sup>	54 dB
Vetro singolo	4.39 m <sup>2</sup>	30 dB
Aria	0.064 m <sup>2</sup>	0 dB





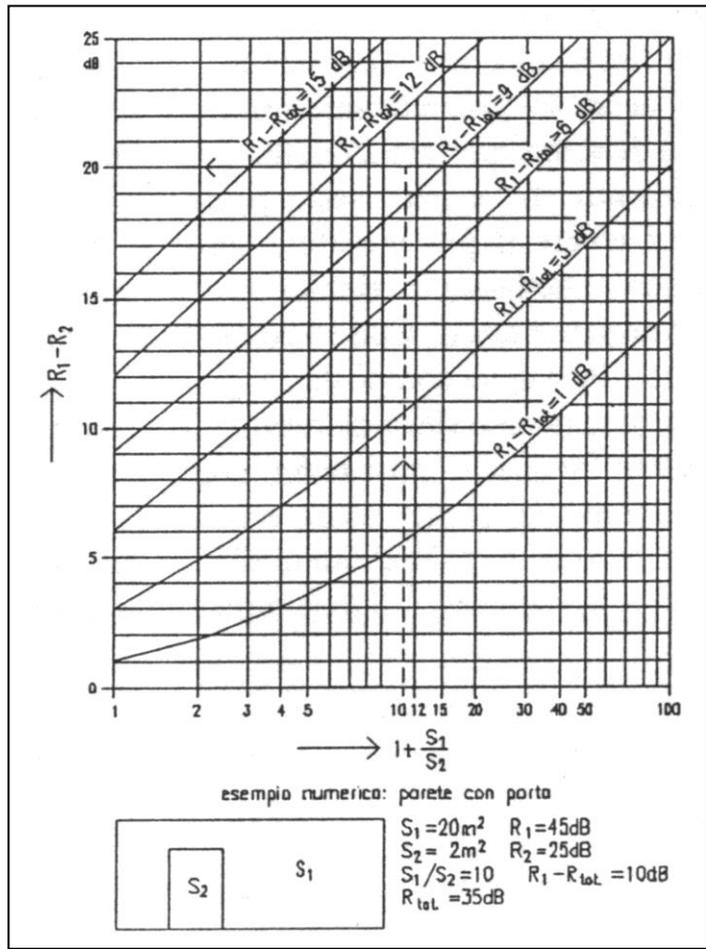
# La conferma dei dati teorici

## LA FORMULA DI MEISSER

$$R = -10 \log \left( \frac{1}{S} \sum S_i \cdot 10^{-R_i/10} \right) \quad [dB]$$



Muratura	28.55 m <sup>2</sup>	54 dB
Vetro singolo	4.39 m <sup>2</sup>	30 dB
Aria	0.064 m <sup>2</sup>	0 dB
<b>TOTALE</b>	<b>33.00 m<sup>2</sup></b>	<b>26.8 dB</b>



$$R = -10 \log \left[ \frac{1}{33} \left( 28.55 \cdot 10^{-\frac{54}{10}} + 4.39 \cdot 10^{-\frac{30}{10}} + 0.064 \cdot 10^{-\frac{0}{10}} \right) \right] = 26.8 \text{ dB}$$



# Meglio vecchio o nuovo?



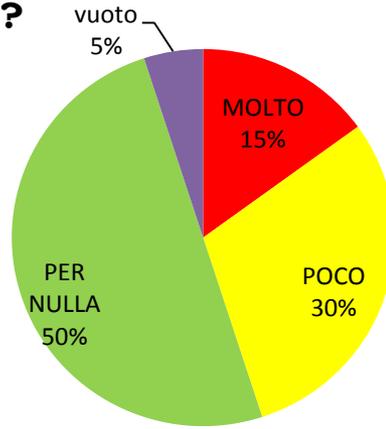
	<b>Aula più recente</b>	<b>Aula ala originale</b>
Dimensioni [m]	7.0 x 6.43 x 3.20	5.15 x 7.20 x 4.0
Volume [m <sup>3</sup> ]	≈ 145.0	≈ 150.0
TR [s] (vuota – arredata)	3.38 – <b>1.75</b>	3.68 – 2.60
$D_{nT,w} \geq 45$ [dB] *	<b>43</b>	55
$L'_{nw} \leq 63$ [dB] *	<b>76</b>	44

\* I valori si riferiscono a quanto riportato nella UNI 11367 – Appendice A - Prestazioni **DI BASE**

## **L'importanza di una progettazione acustica adeguata!**



Quesito: quanto ti dà fastidio il  
rumore delle **automobili** che  
entra dalla finestra?

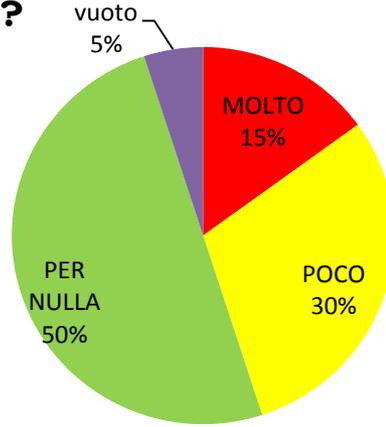


# I rumori peggiori

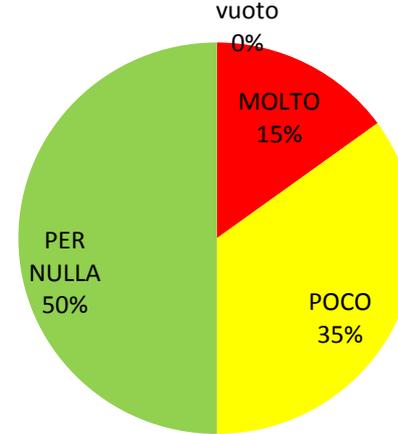
Dai questionari distribuiti  
attraverso l'Associazione



**Quesito: quanto ti dà fastidio il rumore delle automobili che entra dalla finestra?**



**Quesito: quanto ti dà fastidio il rumore delle voci delle persone nel corridoio fuori dall'aula?**

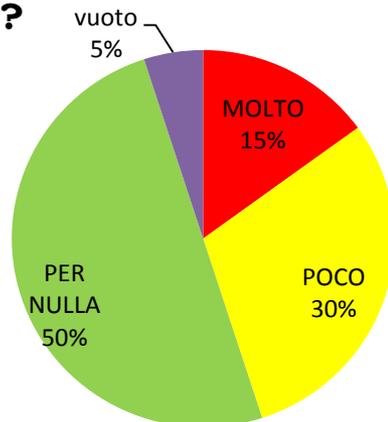


# I rumori peggiori

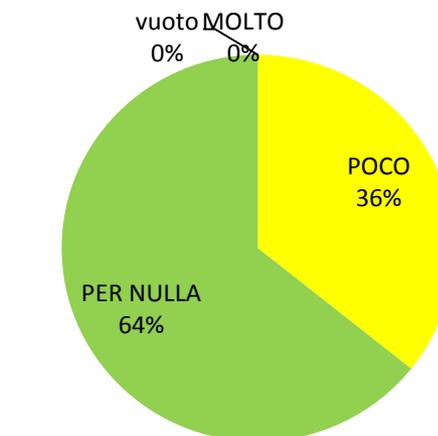
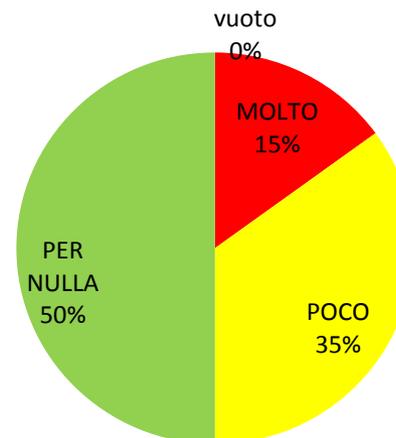
Dai questionari distribuiti  
attraverso l'Associazione



**Quesito: quanto ti dà fastidio il rumore delle automobili che entra dalla finestra?**



**Quesito: quanto ti dà fastidio il rumore delle voci delle persone nel corridoio fuori dall'aula?**



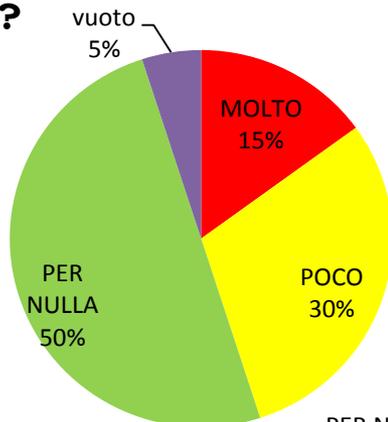
**Quesito: quanto ti dà fastidio il rumore della **campanella**?**

# I rumori peggiori

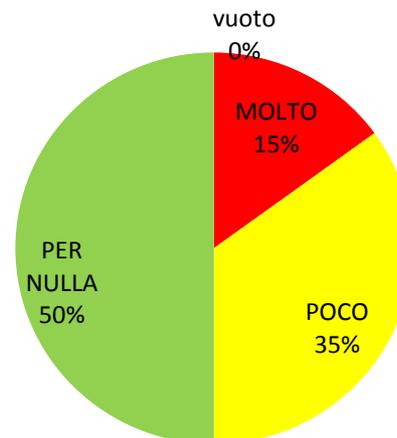
Dai questionari distribuiti  
attraverso l'Associazione



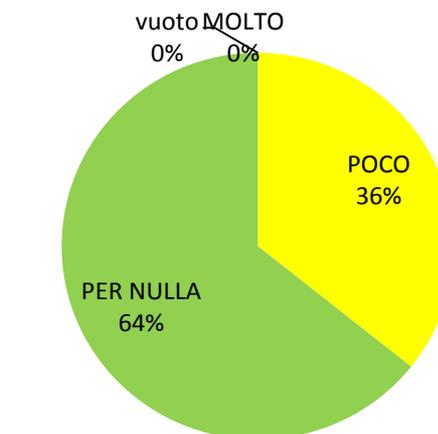
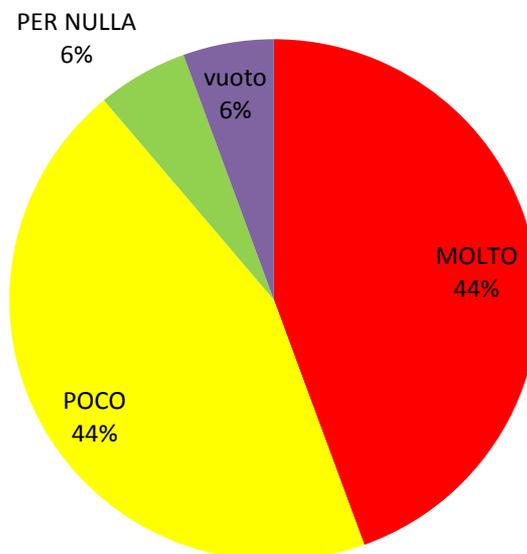
**Quesito: quanto ti dà fastidio il rumore delle automobili che entra dalla finestra?**



**Quesito: quanto ti dà fastidio il rumore delle voci delle persone nel corridoio fuori dall'aula?**



**Quesito: quanto fastidio ti dà il rumore dei tuoi compagni che chiacchierano durante le lezioni?**

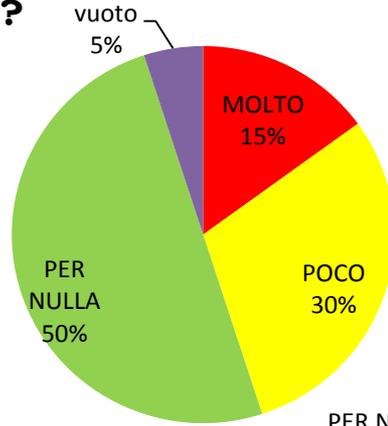


**Quesito: quanto ti dà fastidio il rumore della campanella?**

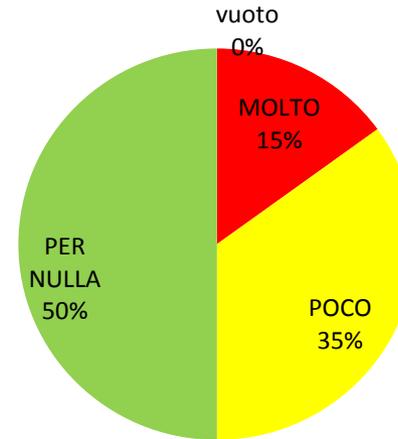


# I rumori peggiori

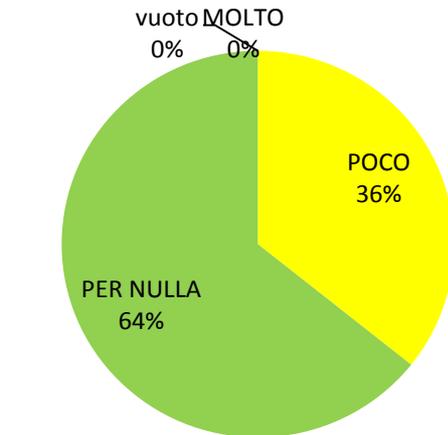
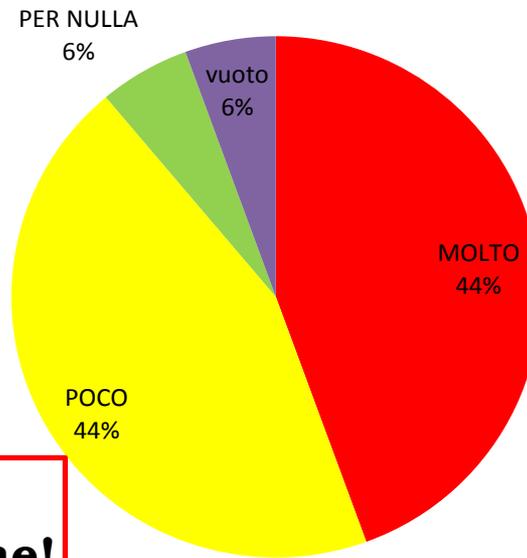
**Quesito: quanto ti dà fastidio il rumore delle automobili che entra dalla finestra?**



**Quesito: quanto ti dà fastidio il rumore delle voci delle persone nel corridoio fuori dall'aula?**



**Quesito: quanto fastidio ti dà il rumore dei tuoi compagni che chiacchierano durante le lezioni?**

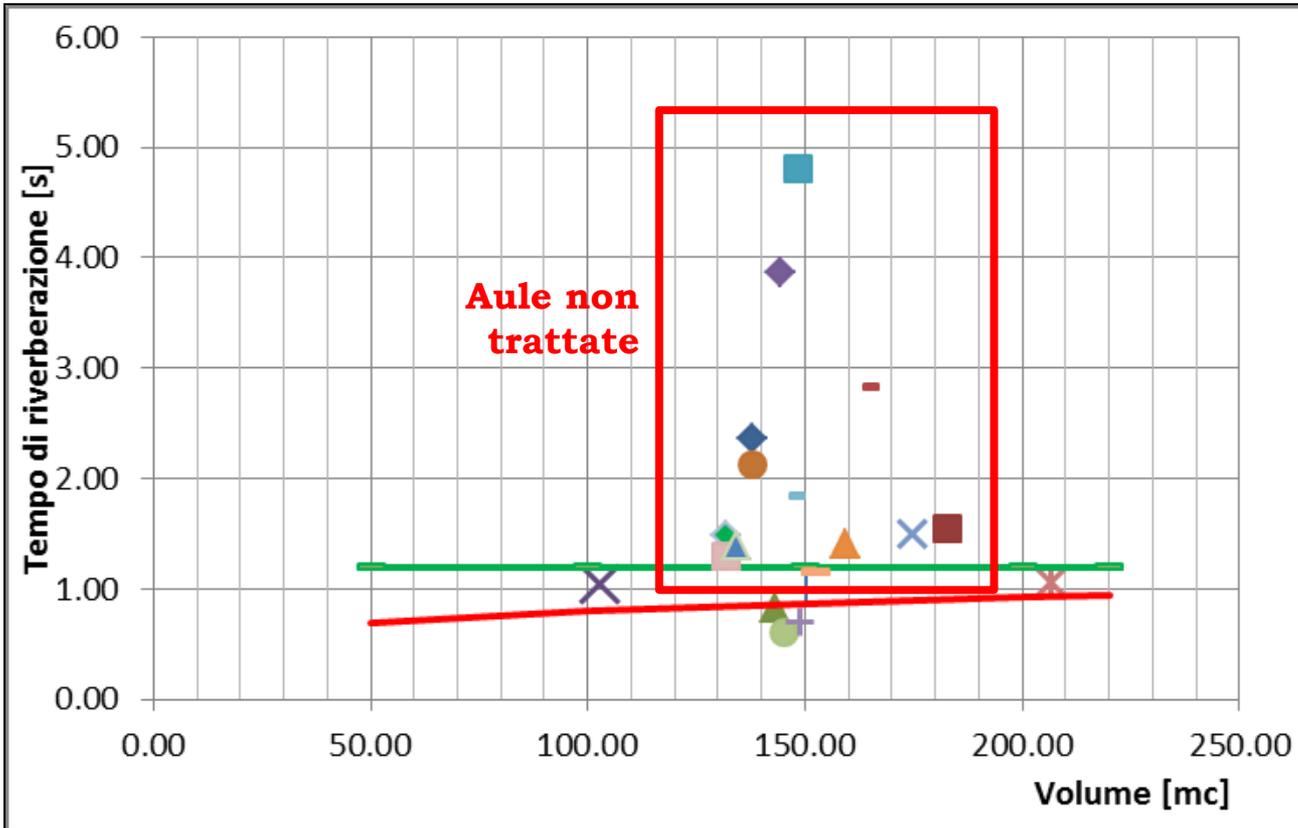


**Quesito: quanto ti dà fastidio il rumore della campanella?**

**L'importanza delle condizioni acustiche interne!**



# Il tempo di riverberazione



Tutte le misure sperimentali del Tempo di Riverberazione sono state condotte in osservanza di quanto prescritto dalla ISO 3382-2

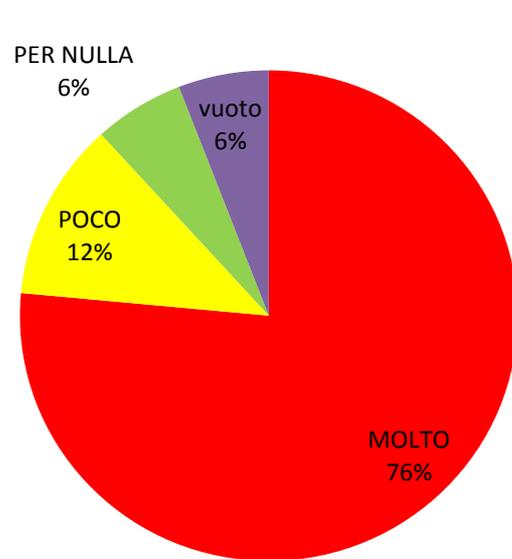
Nel Progetto sono stati coinvolti 13 istituti e complessivamente sono stati sottoposti a misure 25 locali.

Di questi, solo 5 presentavano già un trattamento fono-assorbente (controsoffitto piano). Di questi cinque, nonostante l'intervento, 2 non rispettavano ancora i limiti legislativi (DM '75).

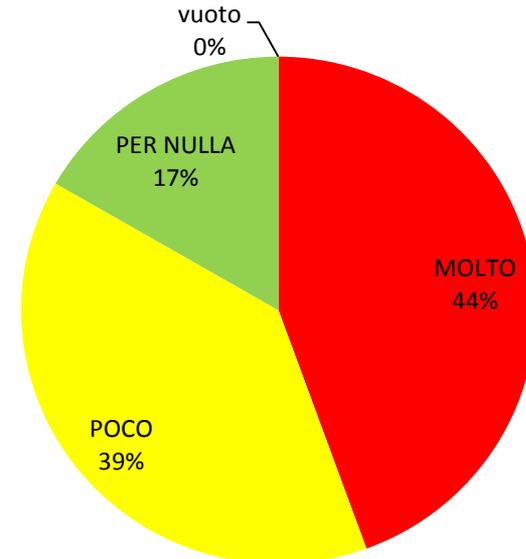
Quindi dei totali 25 locali, 22 non sono rispondenti alle richieste legislative (**circa il 90%**).



**Quesito: quanto ti dà fastidio il rumore dei tuoi compagni che chiacchierano durante le lezioni?**



Aula non trattata



Aula trattata

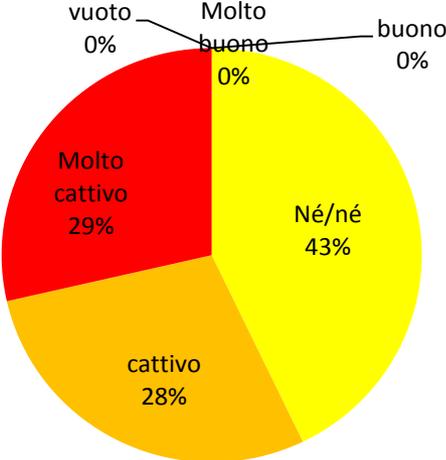
Il percepire con minor intensità il contributo dei compagni può avere una duplice origine: da una parte il materiale fonoassorbente riduce l'energia sonora interna all'ambiente; dall'altra per il cosiddetto effetto Lombard inverso, in un ambiente silenzioso si è naturalmente portati a tenere la voce più bassa.



# Il punto di vista dei docenti

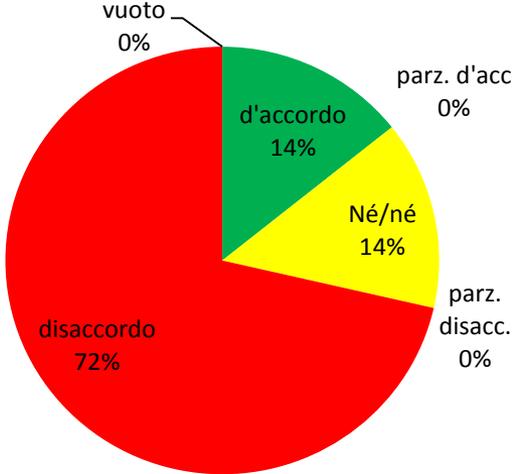
**Quesito:**

**com'è l'ambiente sonoro nella stanza?**



**Affermazione:**

**gli studenti lavorano in modo calmo e concentrato.**



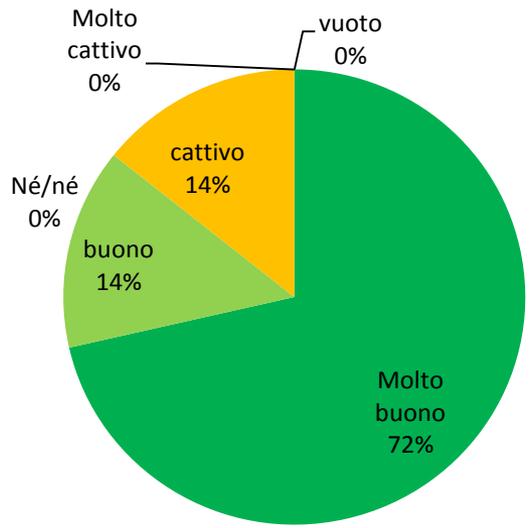
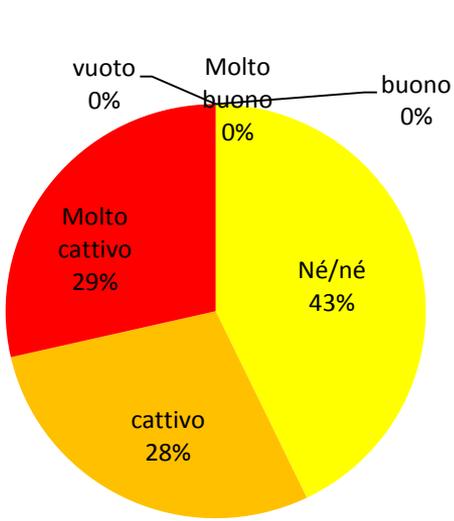
**AULA NON TRATTATA**



# Il punto di vista dei docenti

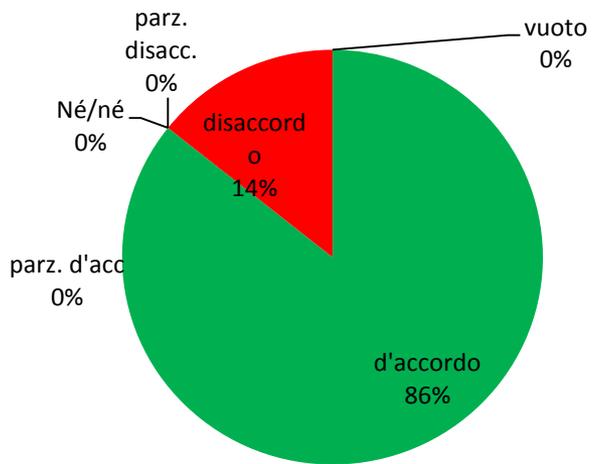
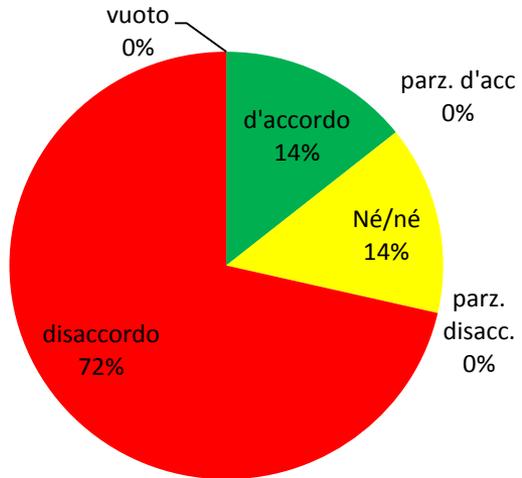
**Quesito:**

**com'è l'ambiente sonoro nella stanza?**



**Affermazione:**

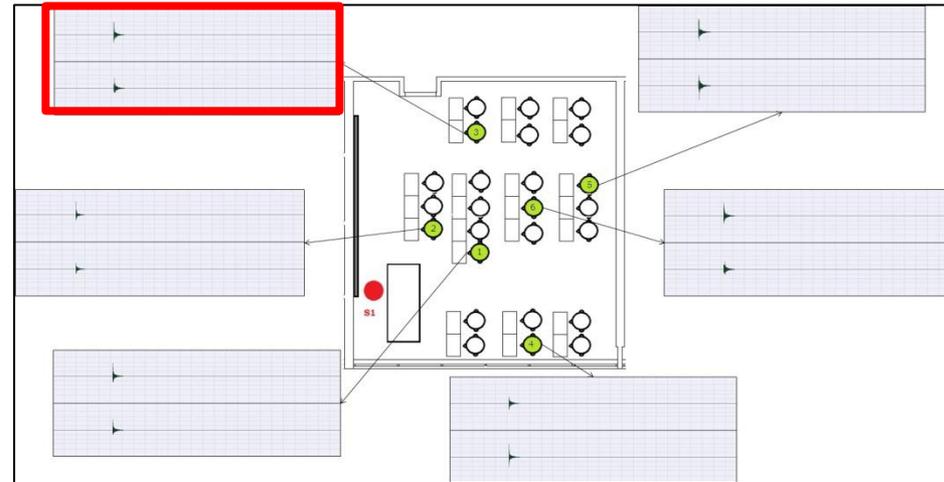
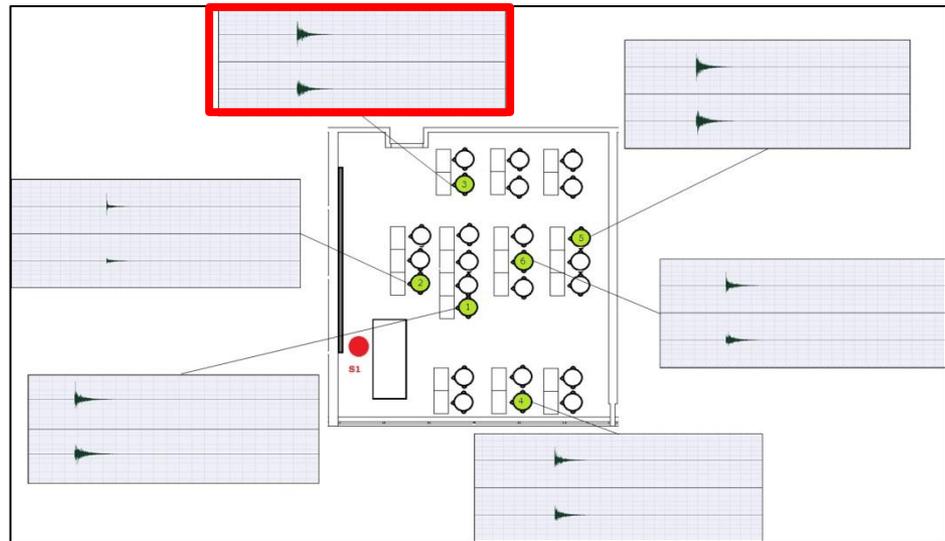
**gli studenti lavorano in modo calmo e concentrato.**



**AULA NON TRATTATA**

**AULA TRATTATA**

# Oltre al tempo di riverberazione: $D_{50}$ , $STI$ , ...



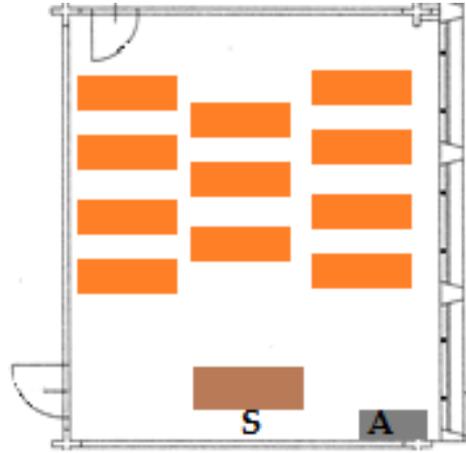


# Il livello di pressione interno all'aula

Condizione di test: sorgente fittizia a due livelli di potenza impostati  $L_{W1}$  e  $L_{W2}$ .



AULA NON TRATTATA



AULA TRATTATA

[dB]	Aula NON trattata	Aula trattata	Delta
$L_{W1}$	65.4	63.4	2.0
$L_{W2}$	72.6	71.0	1.6

Il miglioramento è di circa 1.8 dB, dovuto alla quantità di energia sonora che il materiale assorbente è in grado di dissipare.

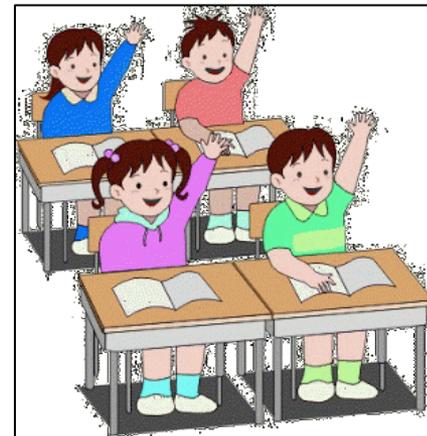
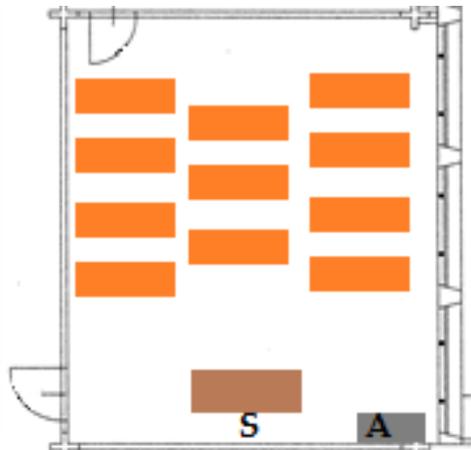


# Il livello di pressione interno all'aula

Condizione reale: medesimo docente che tiene una lezione simile nelle due aule.



AULA NON TRATTATA



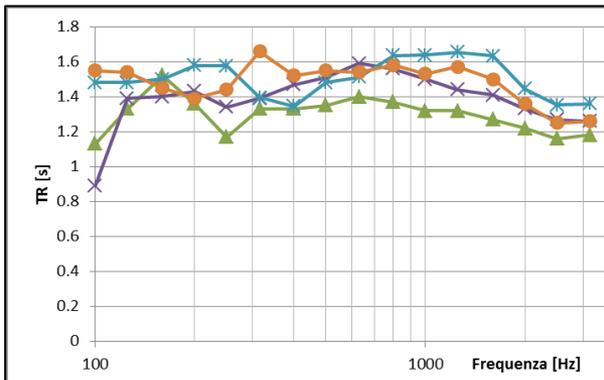
AULA TRATTATA

[dB]	Aula NON trattata	Aula trattata	Delta
$L_{W1}$	65.4	63.4	2.0
$L_{W2}$	72.6	71.0	1.6
$L_{reale}$	71.4	67.0	<b>4.4</b>

**Adesso il miglioramento è più che raddoppiato:  
Essere in un ambiente più silenzioso  
induce un comportamento meno rumoroso!**



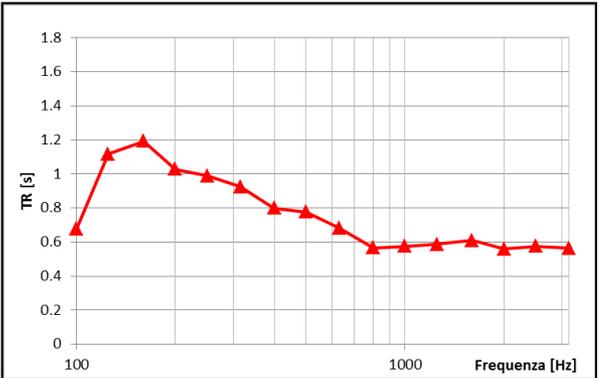
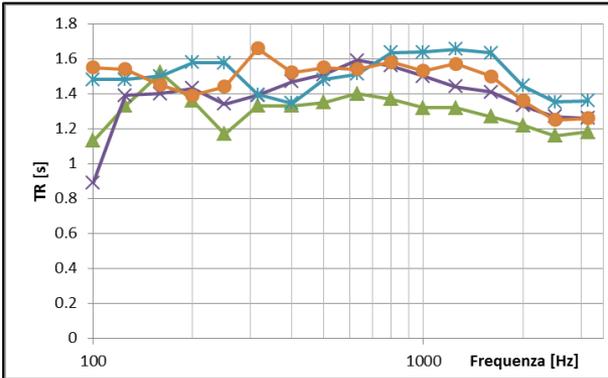
# L'indice di intelligibilità del parlato (STI)



	<b>Aula NON trattata</b>
<b>250 Hz</b>	48.7%
<b>500 Hz</b>	52.6%
<b>1000 Hz</b>	47.6%
<b>2000 Hz</b>	51.3%



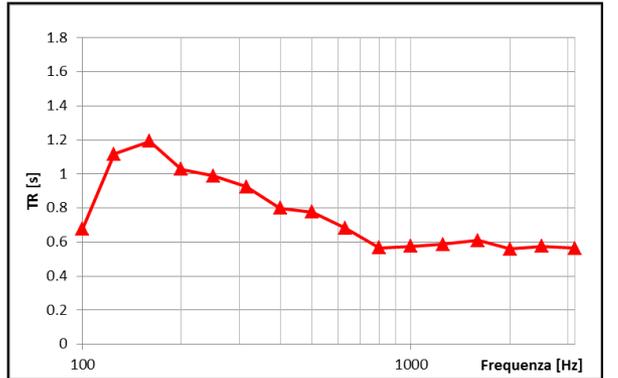
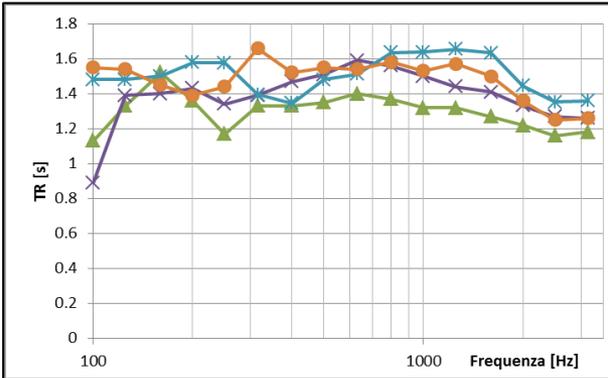
# L'indice di intelligibilità del parlato (STI)



	<b>Aula NON trattata</b>
<b>250 Hz</b>	48.7%
<b>500 Hz</b>	52.6%
<b>1000 Hz</b>	47.6%
<b>2000 Hz</b>	51.3%



# L'indice di intelligibilità del parlato (STI)



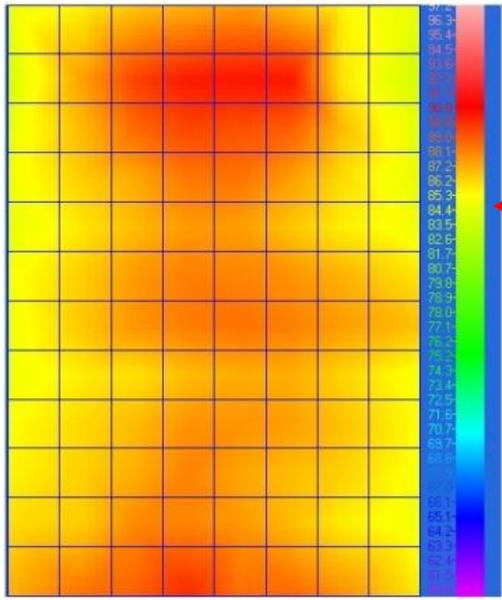
	<b>Aula NON trattata</b>	<b>Aula trattata</b>	<b>Delta</b>
<b>250 Hz</b>	48.7%	57.6 %	8.9%
<b>500 Hz</b>	52.6%	60.8 %	8.2%
<b>1000 Hz</b>	47.6%	69.7 %	<b>22.1%</b>
<b>2000 Hz</b>	51.3%	71.3%	<b>20.0%</b>

# Dati oggettivi e soggettivi

Dai questionari distribuiti alla scuola media di Pontoglio.



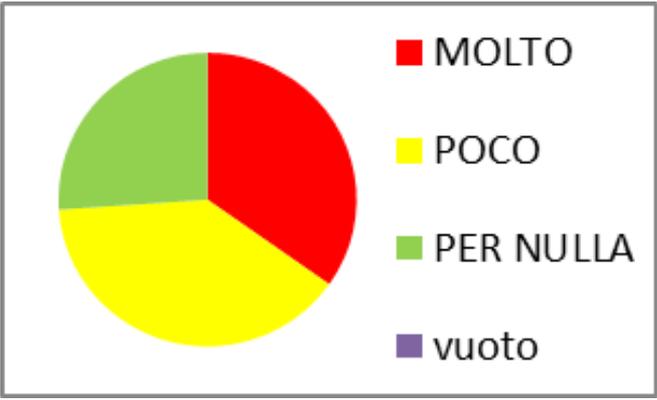
Situazione  
**PRE**  
bonifica



<b><math>D_{nT,w}</math> (corridoio)</b>
20 dB
<b><math>D_{nT,w}</math> (aule)</b>
44 dB



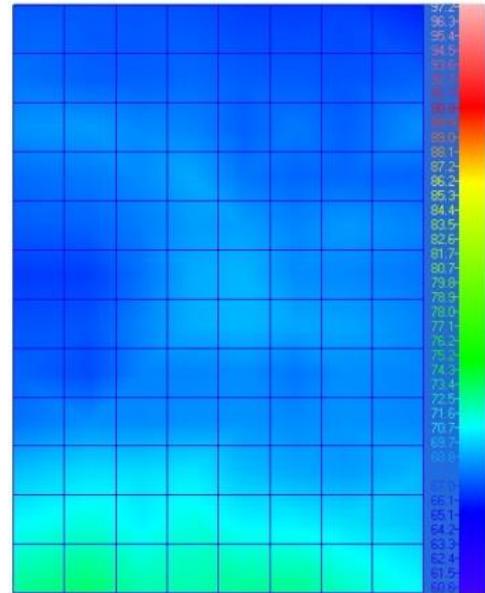
**Quesito: quanto si sentono i rumori provenienti dal corridoio?**





# Dati oggettivi e soggettivi

Situazione  
**POST**  
bonifica



$D_{nT,w}$  (corridoio)

20 dB → **41 dB**

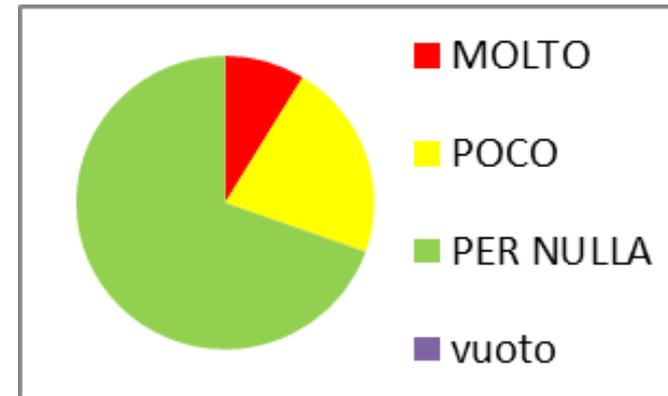
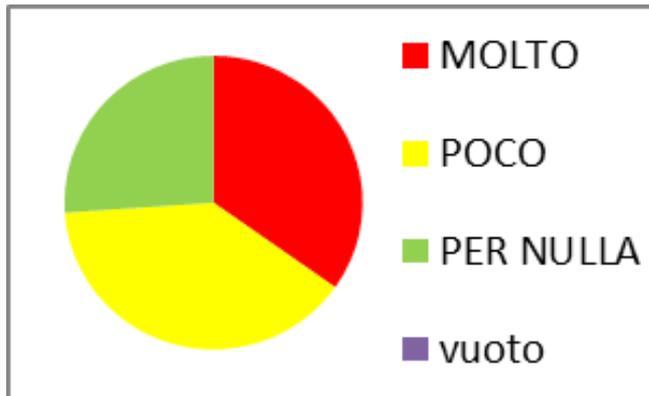
$D_{nT,w}$  (aule)

44 dB → **50 dB**

**Quesito: quanto si sentono i rumori provenienti dal corridoio?**

**Miglioramento di circa il 70%**

**ATTENZIONE:**  
Anche l'aula non trattata migliora di circa il 35%





- ...
- Boothroyd (2002)

«[...] Acoustical criteria need to be especially stringent for young children, children listening in a non native language and children with deficits of hearing, cognition, language, attention, ...

Because any classroom may contain one or more such children, **it is reasonable to demand a stringent criteria for all.** [...]»



# Ringraziamenti



**Ecophon**<sup>®</sup>  
SAINT-GOBAIN  
A SOUND EFFECT ON PEOPLE