



National Research Council of Italy



Institute of Electronics,  
Computer and  
Telecommunication Engineering



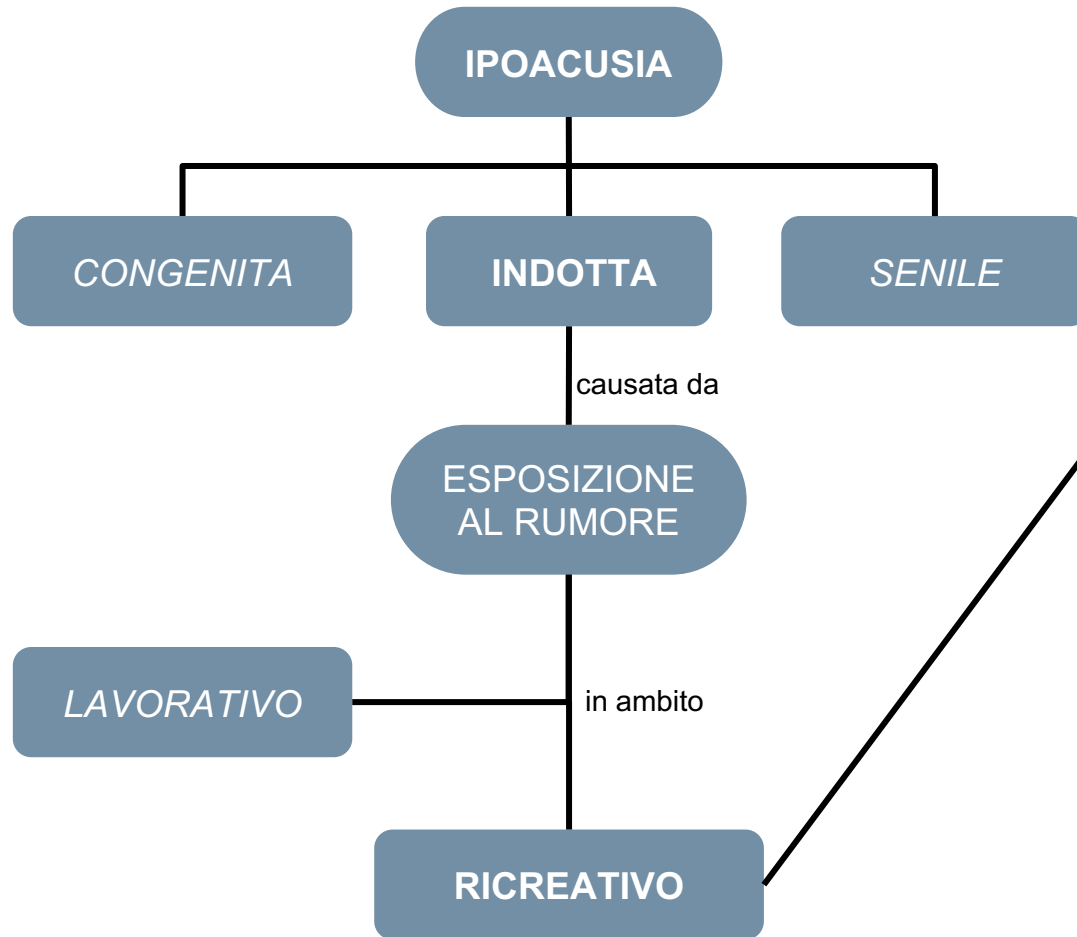
**POLITECNICO**  
**MILANO 1863**

# **Impatto della musica da discoteca sui prodotti di distorsione delle emissioni otoacustiche: uno studio preliminare mediante bispettro**

Relatore: Riccardo BARBIERI  
Co-relatore: Alessia PAGLIALONGA, CNR IEIT  
Docente corso progetto: Simona FERRANTE

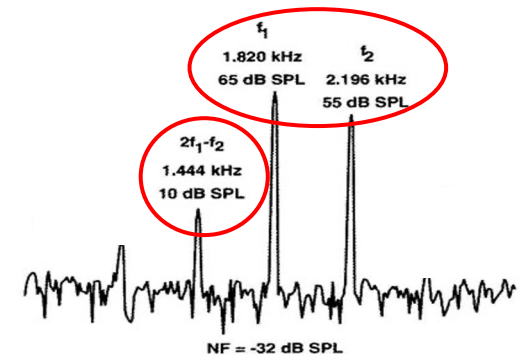
Isabella POLES, 870610  
Federica SARRA, 868349  
Giulia VALENTINI, 870529  
Gianmarco VIGANÒ, 870402


Milano, 19 Luglio 2019



Analisi quantitativa dei danni  
tramite studio delle **OAEs**  
(Emissioni OtoAcustiche)  
in particolare

**DPOAEs:** prodotti di  
distorsione delle emissioni  
otoacustiche





STUDIO	 OSSERVAZIONI	
<p><b>Prevalence of Hazardous Occupational Noise Exposure, Hearing Loss, and Hearing Protection Usage Among a Representative Sample of Working Canadians</b>  [Feder, K., Michaud, D., McNamee, J., Fitzpatrick, E., Davies, H., &amp; Leroux, T. (2017). <i>Journal of Occupational and Environmental Medicine</i>, 59(1), 92–113.]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La strumentazione utilizzata non fornisce informazioni sulle forme d'onda</li> <li>- La strumentazione utilizzata restituisce solo risultati dicotomici</li> </ul>	<p>→ <b>Analisi di registrazioni della forma d'onda</b></p> <p>→ <b>Valutazione del grado del danno</b></p>
<p><b>A Bispectral Approach to Analyze Nonlinear Cochlear Active Mechanisms in Transient Evoked Otoacoustic Emissions</b>  [Marchesi, S., Tognola, G., &amp; Paglialonga, A. (2013). <i>IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems</i>, 7(4), 401–413.]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo di stimolo (click stimuli) consente attivazione complessiva della coclea</li> </ul>	<p>→ <b>Attivazione specifica delle porzioni della coclea</b></p>
<p><b>Impact of three hours of discotheque music on pure-tone thresholds and distortion product otoacoustic emissions</b>  [Müller, J., Dietrich, S., &amp; Janssen, T. (2010). <i>The Journal of the Acoustical Society of America</i>, 128(4), 1853–1869.]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La linearizzazione delle DPOAEs mediante modelli di regressione lineare non permette il rilevamento di fenomeni non lineari</li> </ul>	<p>→ <b>Analisi del danno ad ogni specifica frequenza attraverso un approccio non lineare</b></p>

Utilizzare HOSA per analizzare le DPOAEs per identificare eventuali lievi alterazioni della funzionalità cocleare dopo l'esposizione a musica da discoteca



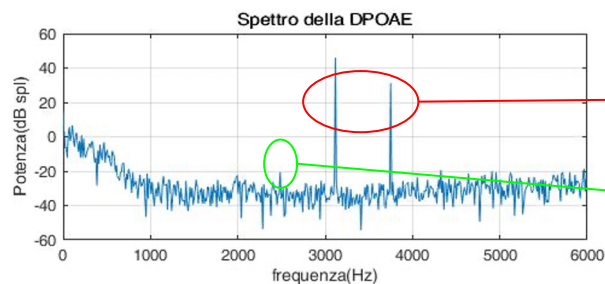
1. Analisi DPOAEs pre discoteca.
2. Analisi DPOAEs post discoteca.
3. Confronto tra i due tipi di dato e valutazione di eventuali differenze.

FONTE	 SOGGETTI	 ESPOSIZIONE ALLA MUSICA	 MISURAZIONE DPOAEs
<p><b>Impact of three hours of discotheque music on pure-tone thresholds and distortion product otoacoustic emissions</b></p> <p>[Müller, J., Dietrich, S., &amp; Janssen, T. (2010). <i>The Journal of the Acoustical Society of America</i>, 128(4), 1853–1869.]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-15 soggetti</li> <li>-Età compresa tra i 21 e 27 anni</li> <li>-Funzionalità uditive normali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Misurazione dell'esposizione con fonometro ad intervalli di 15 minuti</li> <li>-Pressione sonora media di 102 dB SPL</li> <li>-Tempo di esposizione di 3 ore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-In cabina insonorizzata</li> <li>-Pre e post esposizione alla musica</li> <li>-Stimolazione con due toni puri</li> <li>-DPOAEs con <math>3469 &lt; f_2 &lt; 4500</math> Hz</li> <li>-Strumenti di registrazione PCMCIA digital signal processing card e sonda ER-10C</li> <li>-Durata totale 5 minuti</li> </ul>



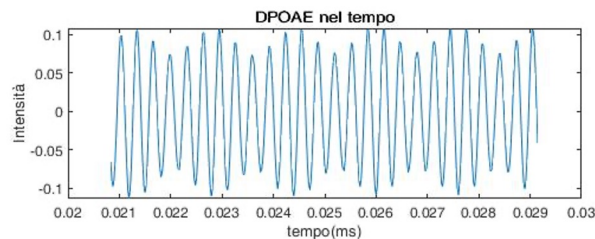
Analisi di  
ordine 2

**Spettro di potenza**



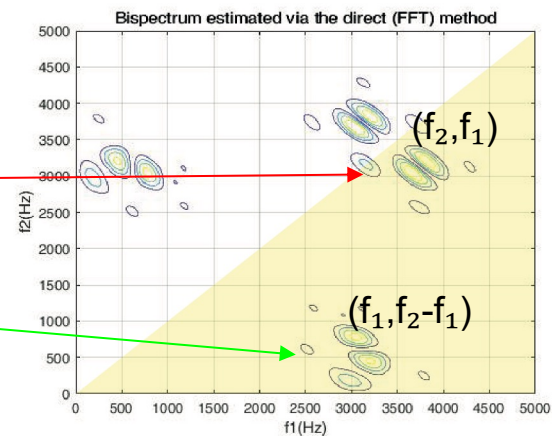
**Posizione e potenza dei  
picchi**

**Dati in funzione del tempo**



Analisi di  
ordine 3

**Bispettro**



**Parametri**

## Bispettro

trasformata di Fourier in 2 dimensioni



Definizione settings della funzione bispettro

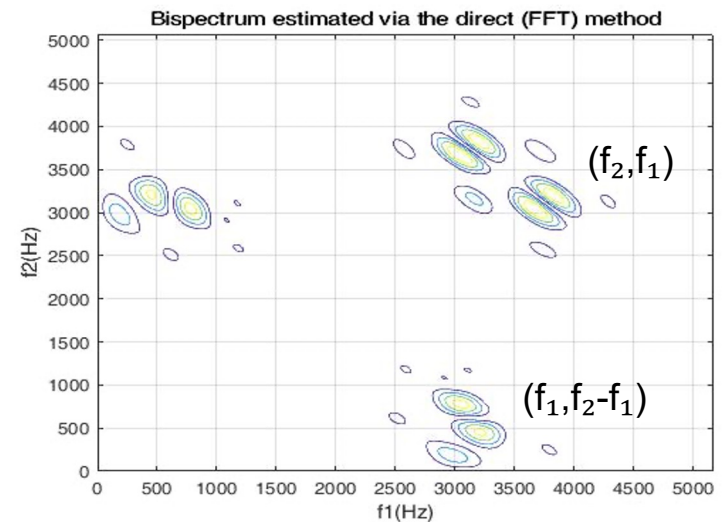


Settings finestra **Rao\_Gabr** :

- Lunghezza lato finestra wind : 8
- Numero di campioni per segmento segsamp : 128

$$X(f) = \sum_{n=0}^{N-1} f(n)e^{-j2\pi ft}$$

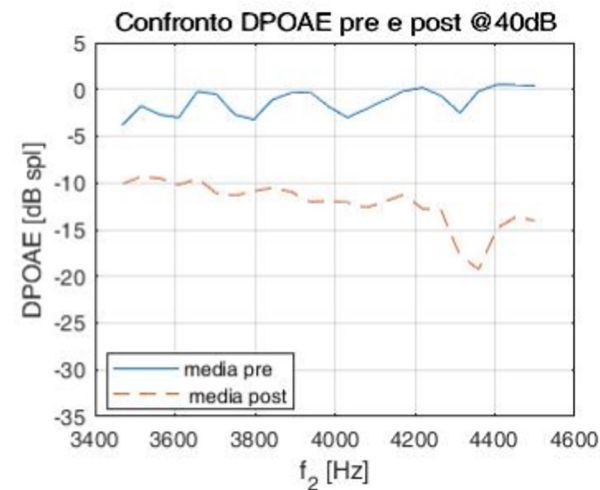
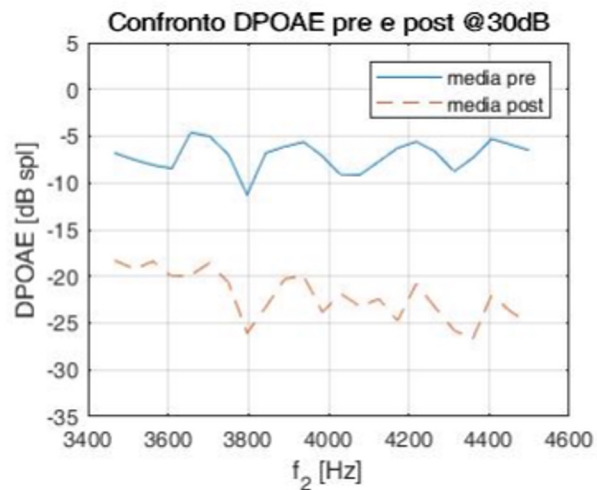
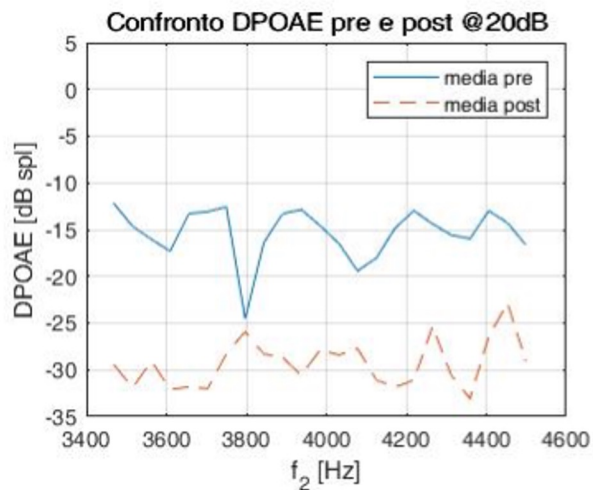
$$b^x(f_1, f_2) = E[X(f_1)X(f_2)X^*(f_1 + f_2)]$$



Utilizzato per evidenziare la presenza di QPCs (Quadratic Phase Couplings) e per l'estrazione di parametri sintetici

PARAMETRO	FORMULA	INFORMAZIONI	ANALIZZATO
Ampiezza media	$M_{ave} = \frac{1}{L} \sum_{\Omega}  b(f_1, f_2) $	Potenza media del segnale	SI
Ampiezza massima	$M_{max} = \max  b(f_1, f_2) $	Potenza massima del segnale	SI
Entropia di fase del bispettro	$P_e = \sum_n p(\psi_n) \log p(\psi_n)$	Indice di regolarità/disordine del segnale nel tempo	SI
Entropia del bispettro	$P_1 = - \sum_n p_i \log p_i$	Indice di regolarità/disordine del segnale rispetto alla potenza	SI
Invariante	$P(a) = \arctan \left[ \frac{I_i(a)}{I_r(a)} \right]$	Utile per ricostruire le forme d'onda del bispettro	NO
Baricentro WCOB	$f_{1m} = \frac{\sum_{\Omega} f_1 B(f_1, f_2)}{\sum_{\Omega} B(f_1, f_2)} \quad f_{2m} = \frac{\sum_{\Omega} f_2 B(f_1, f_2)}{\sum_{\Omega} B(f_1, f_2)}$	Posizione del centro della distribuzione	NO



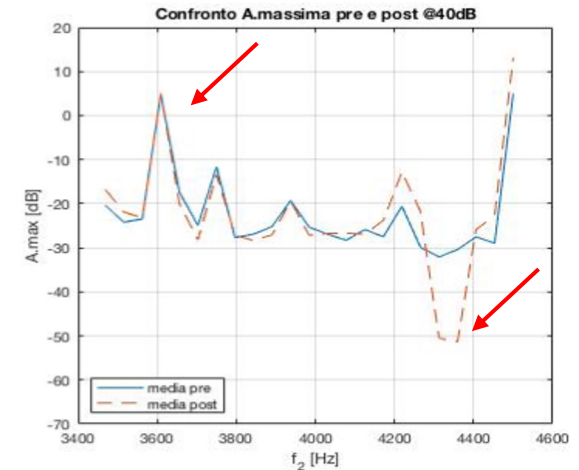
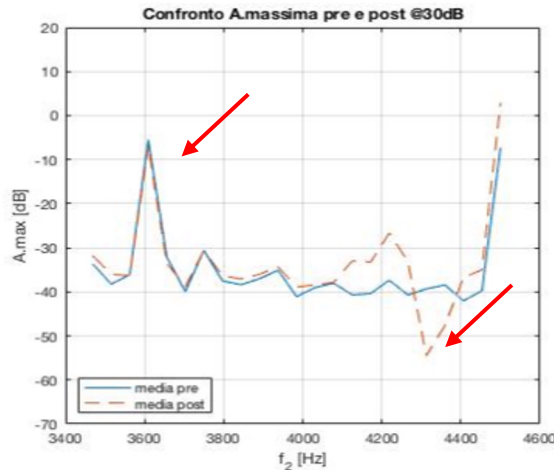
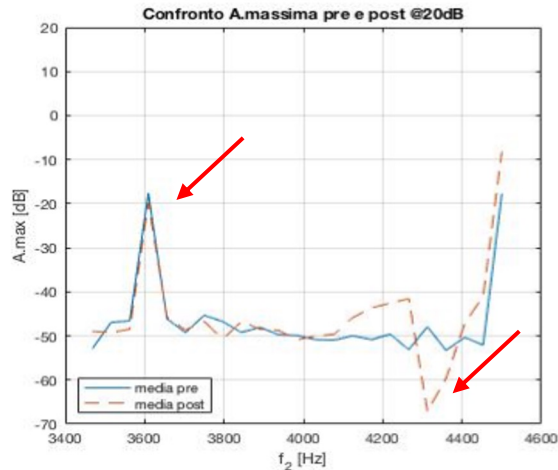


## METODO

### Spettro di potenza

## RISULTATI

- ↓ 13 dB SPL delle DPOAEs post discoteca
- ↑ potenza delle DPOAEs all' ↑ di  $L_2$
- ↓ escursione dei valori di potenza delle DPOAEs all' ↑ di  $L_2$



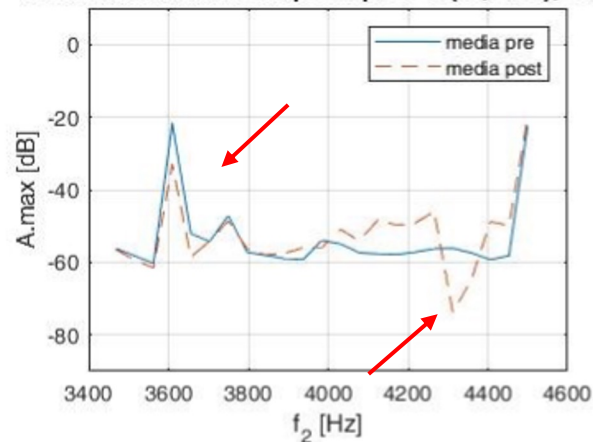
## METODO

**Bispettro**  
**-Ampiezza massima-**

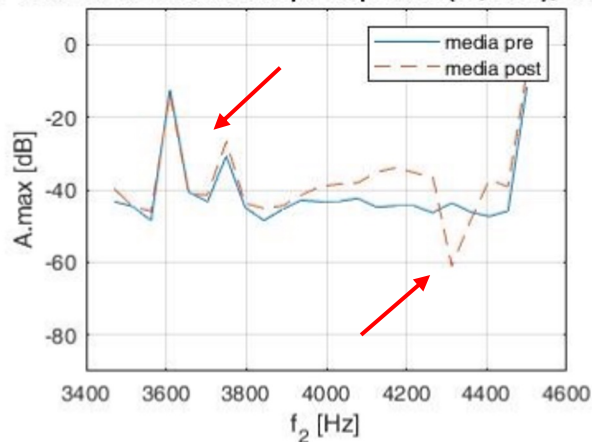
## RISULTATI

- ↓ potenza post discoteca
- Presenza di picchi locali di risonanza a  $f_2=3600$  Hz di ampiezza ↑ al ↓ di  $L_2$  pre e post discoteca
- ↓ della non linearità del segnale nell'intorno della frequenza  $f_2=4359,4$  Hz post discoteca

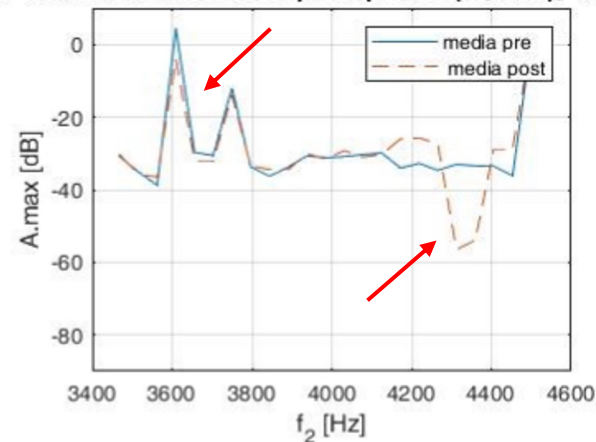
Confronto A.massima pre e post @( $f_1, f_2-f_1$ ), 20dB



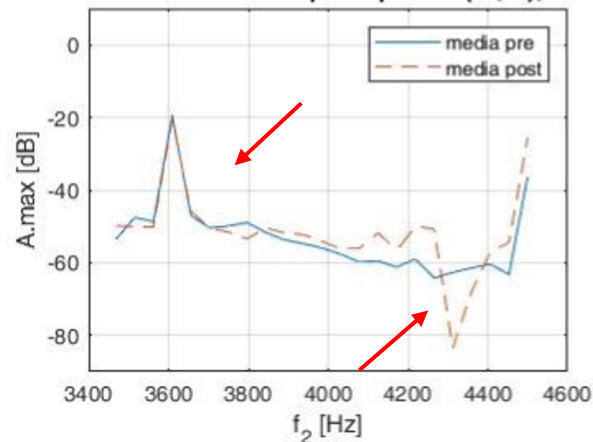
Confronto A.massima pre e post @( $f_1, f_2-f_1$ ), 30dB



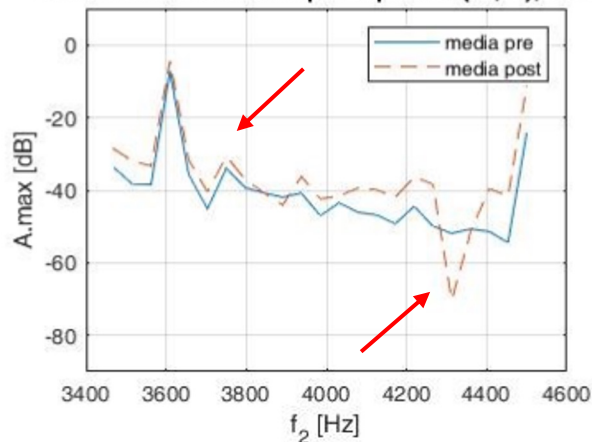
Confronto A.massima pre e post @( $f_1, f_2-f_1$ ), 40dB



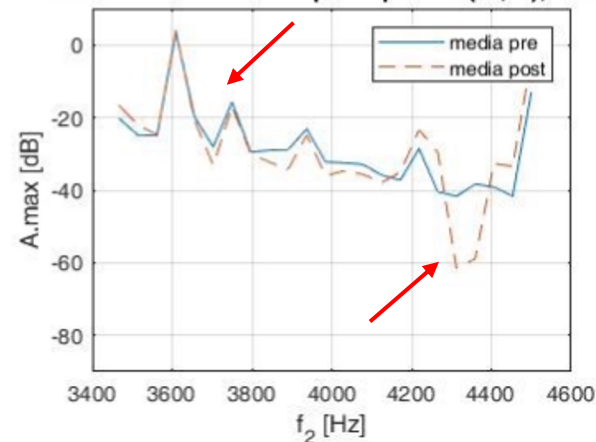
Confronto A.massima pre e post @( $f_2, f_1$ ), 20dB

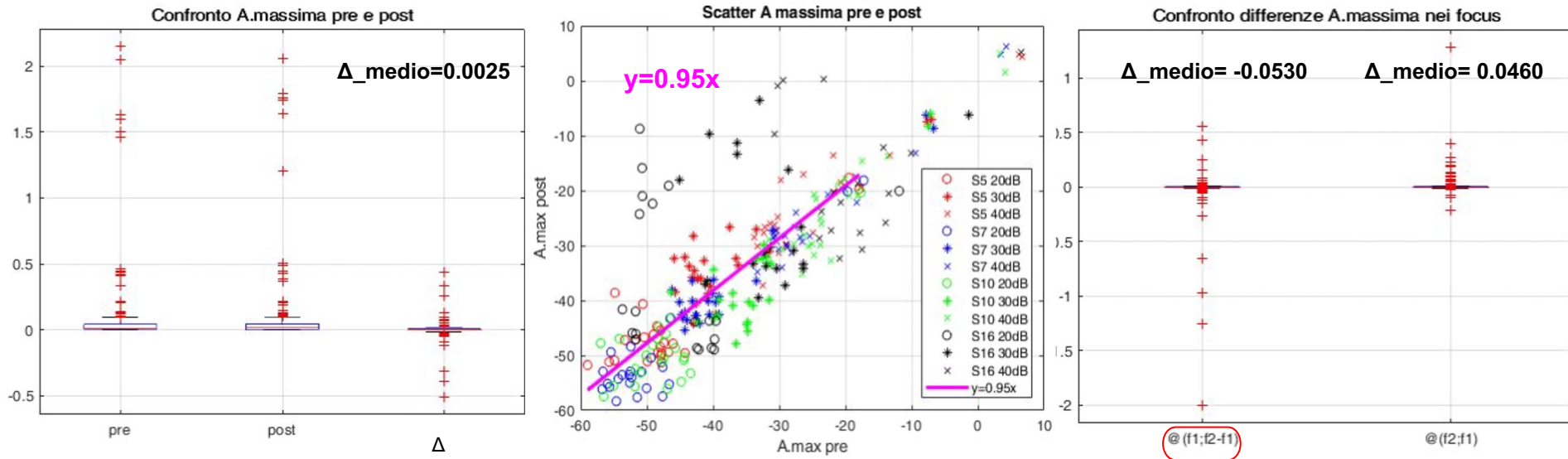


Confronto A.massima pre e post @( $f_2, f_1$ ), 30dB



Confronto A.massima pre e post @( $f_2, f_1$ ), 40dB





## Risultati dal bispettro:

L'analisi statistica non è significativa:

- no trend definito
- tutti parametri globalmente accoppiati

## Risultati dal modello di regressione lineare:

Indici di regressione lineare  
 $m = 0,955$  e coefficiente  
 $R^2 = 94,71\%$

## Risultati dai focus:

L'analisi statistica è poco significativa ma:  
 conferma della diminuzione dei parametri che era stata riscontrata con la regressione lineare

Lo spettro di potenza  
ha evidenziato una  
**diminuzione** delle  
**DPOAEs**

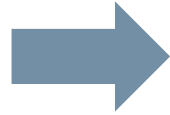
I parametri del bispettro  
hanno confermato e  
**localizzato** la diminuzione  
delle non linearità a  
**specifiche frequenze**

L'analisi nelle **regioni di  
interesse** ha  
evidenziato l'andamento  
degli accoppiamenti in  
frequenza



Utilizzare HOSA per analizzare le DPOAEs può essere un  
valido strumento per identificare eventuali lievi alterazioni della  
funzionalità cocleare dopo l'esposizione a musica da discoteca

## **STUDIO PRELIMINARE**



1. Estrazione dei parametri del bispettr
2. Analisi dei parametri sensibili del bispettr
3. Studio approfondito dei prodotti di distorsione
4. Validazione del metodo di analisi bispettrale

### **Direttive per sviluppi futuri:**

- Analizzare le DPOAEs il giorno seguente all'esposizione
- Migliorare la statistica facendo l'analisi su più acquisizioni
- Individuare un parametro in grado di discriminare quale delle due componenti del bispettr sia più rilevante



Chua, K. C., Chandran, V., Acharya, U. R., & Lim, C. M. (2010). Application of higher order statistics/spectra in biomedical signals-A review. *Medical Engineering and Physics*, 32(7), 679–689. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2010.04.009>

Feder, K., Michaud, D., McNamee, J., Fitzpatrick, E., Davies, H., & Leroux, T. (2017). Prevalence of Hazardous Occupational Noise Exposure, Hearing Loss, and Hearing Protection Usage among a Representative Sample of Working Canadians. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 59(1), 92–113. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000920>

Marchesi, S., Tognola, G., & Paglialonga, A. (2013). A bispectral approach to analyze nonlinear cochlear active mechanisms in transient evoked otoacoustic emissions. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, 7(4), 401–413. <https://doi.org/10.1109/TBCAS.2012.2223212>

Müller, J., Dietrich, S., & Janssen, T. (2010). Impact of three hours of discotheque music on pure-tone thresholds and distortion product otoacoustic emissions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 128(4), 1853–1869. <https://doi.org/10.1121/1.3479535>