



INAIL

**Seminario
Rischio ULTRASUONI
Aggiornamenti e strumenti operativi**

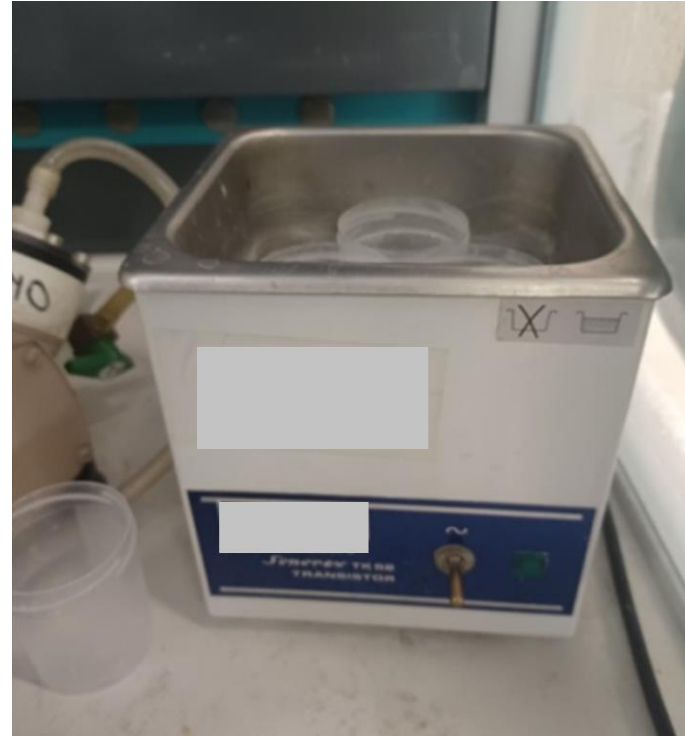
Casi studio: Caratterizzazione dell'emissione di bagni ad ultrasuoni e sonicatori impiegati nei laboratori di ricerca

**Ing. Raffaele Mariconte
Laboratorio VI – Valutazione dei rischi e degli strumenti per la
tutela del lavoratore**

3 aprile 2025

Obiettivo del lavoro

Applicare le metodologie di valutazione e gestione del rischio, riportate nelle Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da US ai sensi del decreto 81/08, a delle specifiche sorgenti presenti nei laboratori di ricerca, quindi facilmente reperibili, quali bagni ad ultrasuoni e sonicatori.

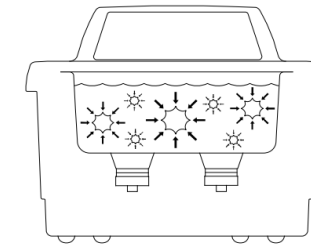
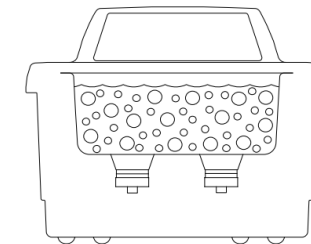
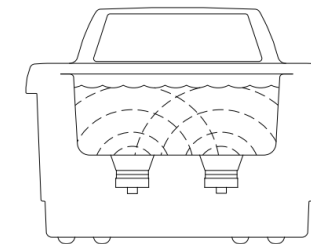
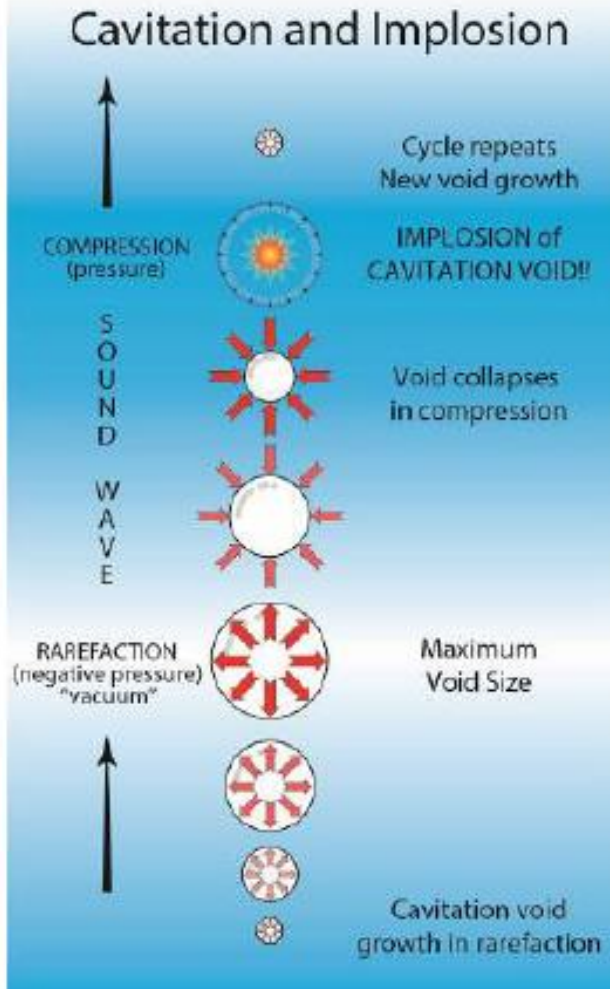


La cavitazione ad ultrasuoni e le sue applicazioni

Cavitazione: si riferisce a una gamma di fenomeni che consistono nella formazione di cavità gassose (bolle) all'interno del mezzo, che possono oscillare (**cavitazione stabile**) o crescere per poi collassare (**cavitazione inerziale**) a causa di cambiamenti del gradiente di pressione, esercitando un'azione meccanica sulla superficie degli oggetti immersi.

Tale processo è utilizzato:

- ❑ per la rimozione di contaminanti (sporco, olio, grasso, inchiostro, vernice, colla, ecc.) dalle superfici di oggetti (metalli, vetro, ceramica, ecc.) immersi;
- ❑ per la preparazione di campioni in provette;
- ❑ ad intensità più elevate, per fornire energia per processi biochimici come estrazione, lisi, disintegrazione e deagglomerazione di materiali biologici, condizionamento di superfici, ecc.



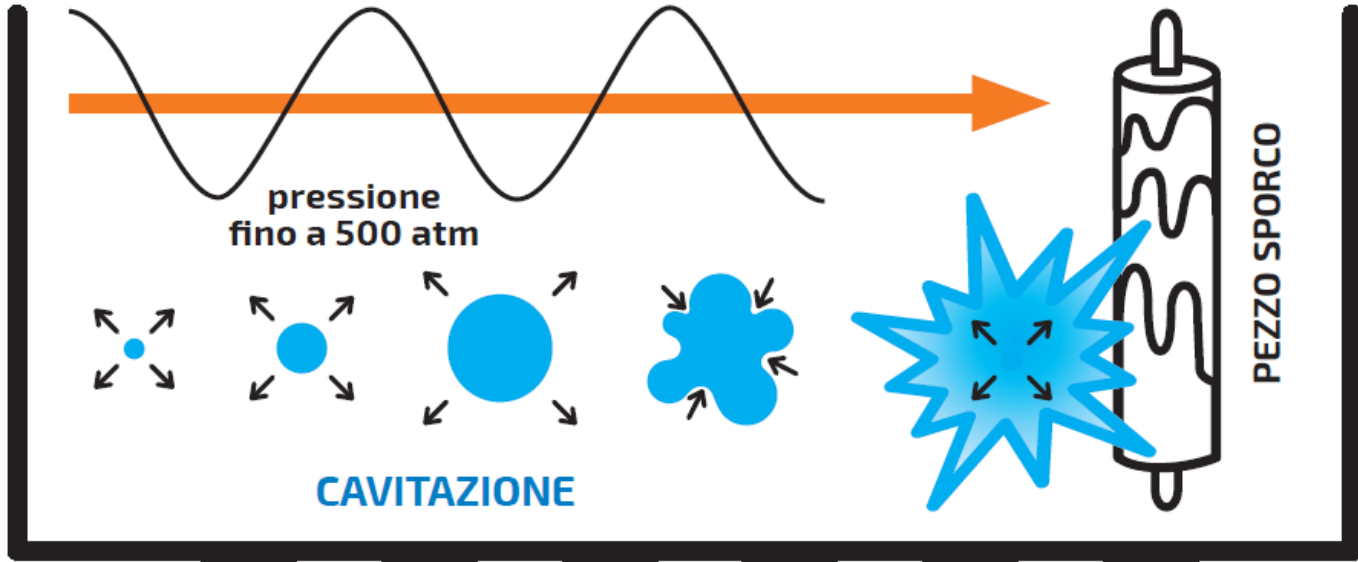
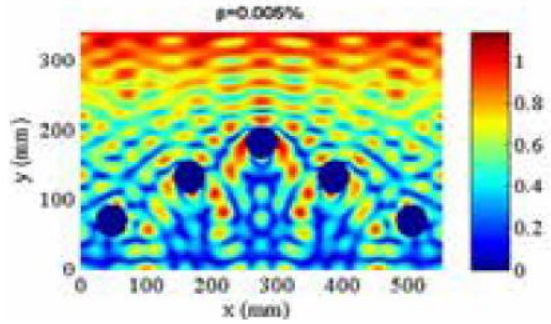
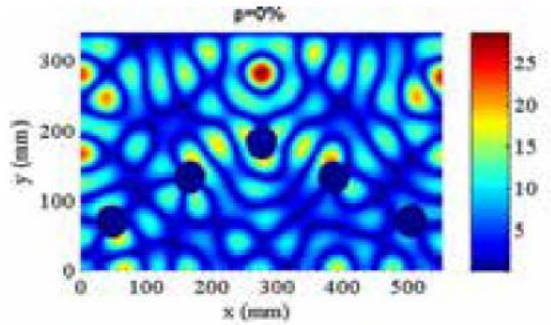
Bagni ad ultrasuoni: componenti base



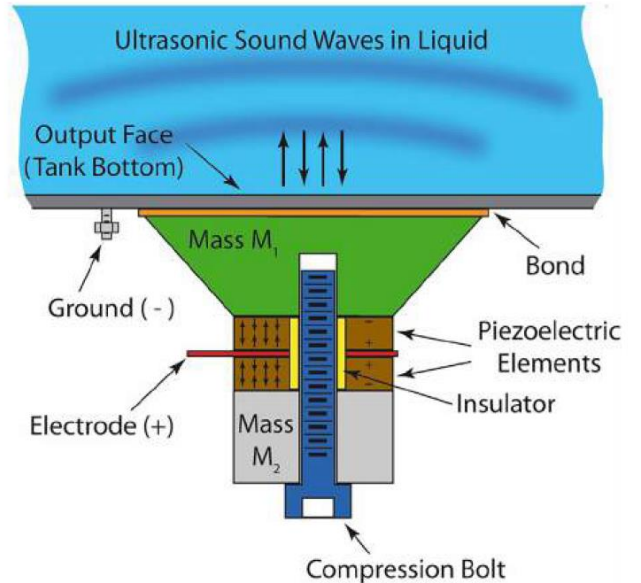
GENERATORE



40 kHz



TRASDUTTORI



Cleaning ad US: campi di applicazione

Applicazione	Cleaning industriale	Cleaning di precisione	Cleaning critico	Cleaning megasonico
Dimensione delle particelle	20-400 μm	1-20 μm	0.2-1.0 μm	< 0.2 μm
Contaminanti	Frammenti grossolani di metalli, residui di saldatura, scaglie di taglio laser, trucioli	Scaglie di metallo, frammenti sottili, composti per lappatura	Residui da manipolazione, impronte digitali, polveri	Particelle di dimensioni inferiori al micron
Settore	Ferramenta, idraulica, prodotti di consumo, automobilistico, aeronautico	Automobilistico di precisione, medico, aerospaziale, farmaceutico	Dischi rigidi, ottica, componenti elettronici	Fabbricazione dei chip, hard disk, ottica di precisione
Frequenze [kHz]	25- 40	80 - 120	200 - 400	800 – 1000/5000

Maggiore è la frequenza di risonanza del trasduttore, minore è la dimensione della bolla di cavitazione.

Bagni ad US: modalità di funzionamento

In genere le condizioni di funzionamento impostabili sono:

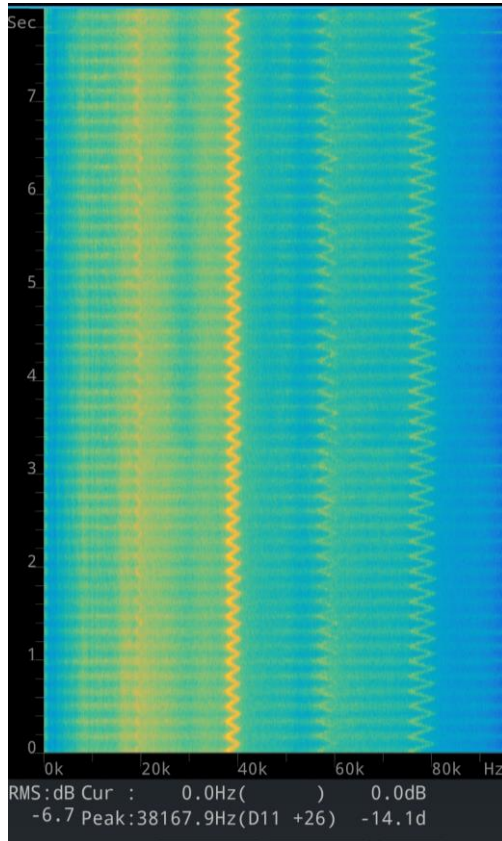
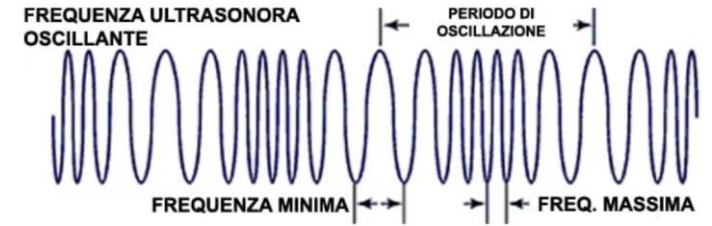
Stazionaria

Degas

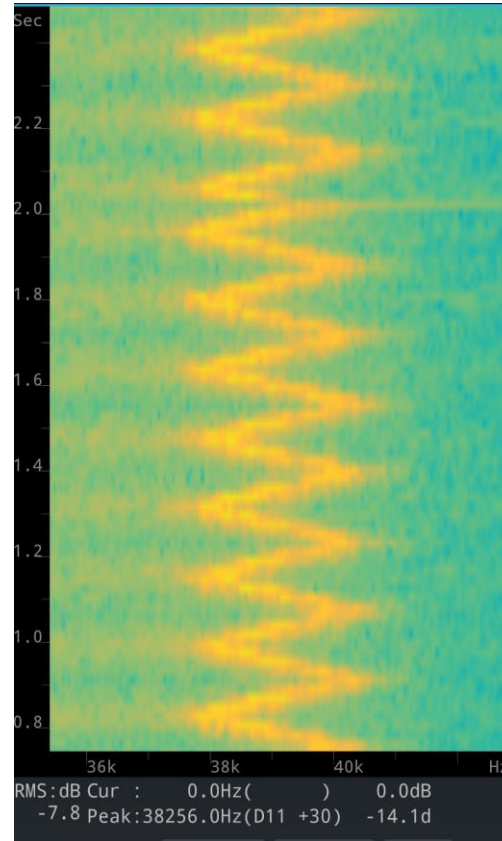
Impulsive

Dynamic

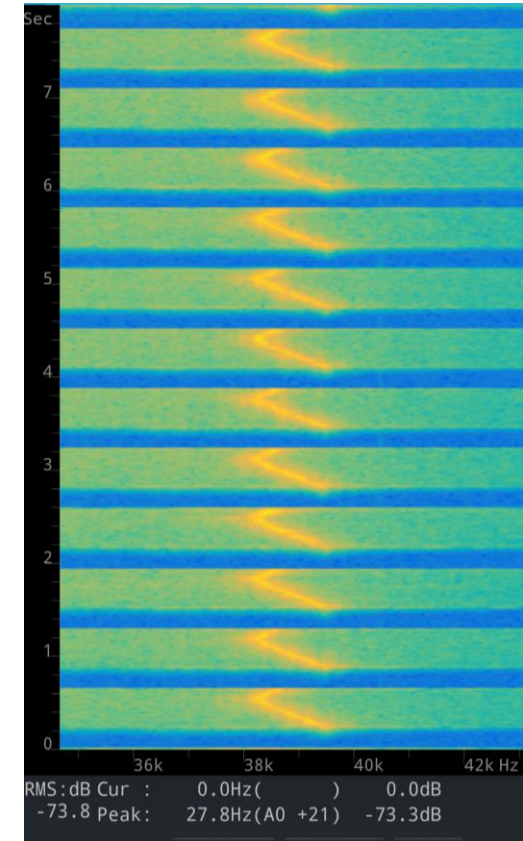
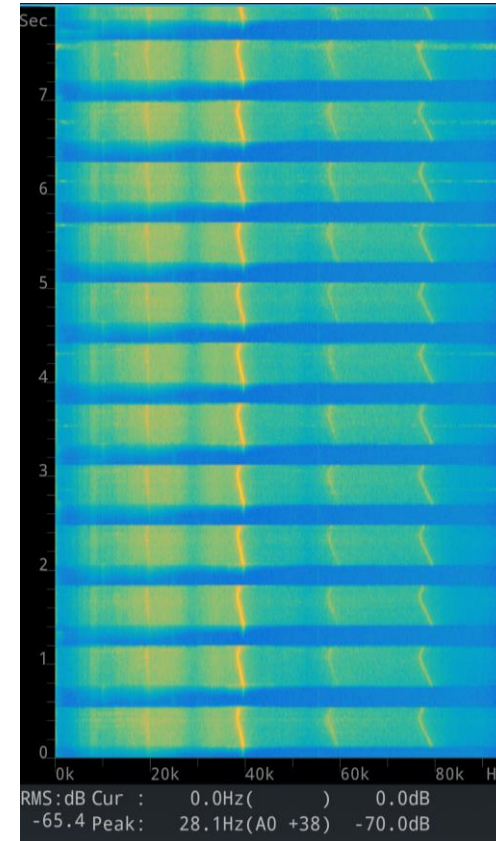
Sweep



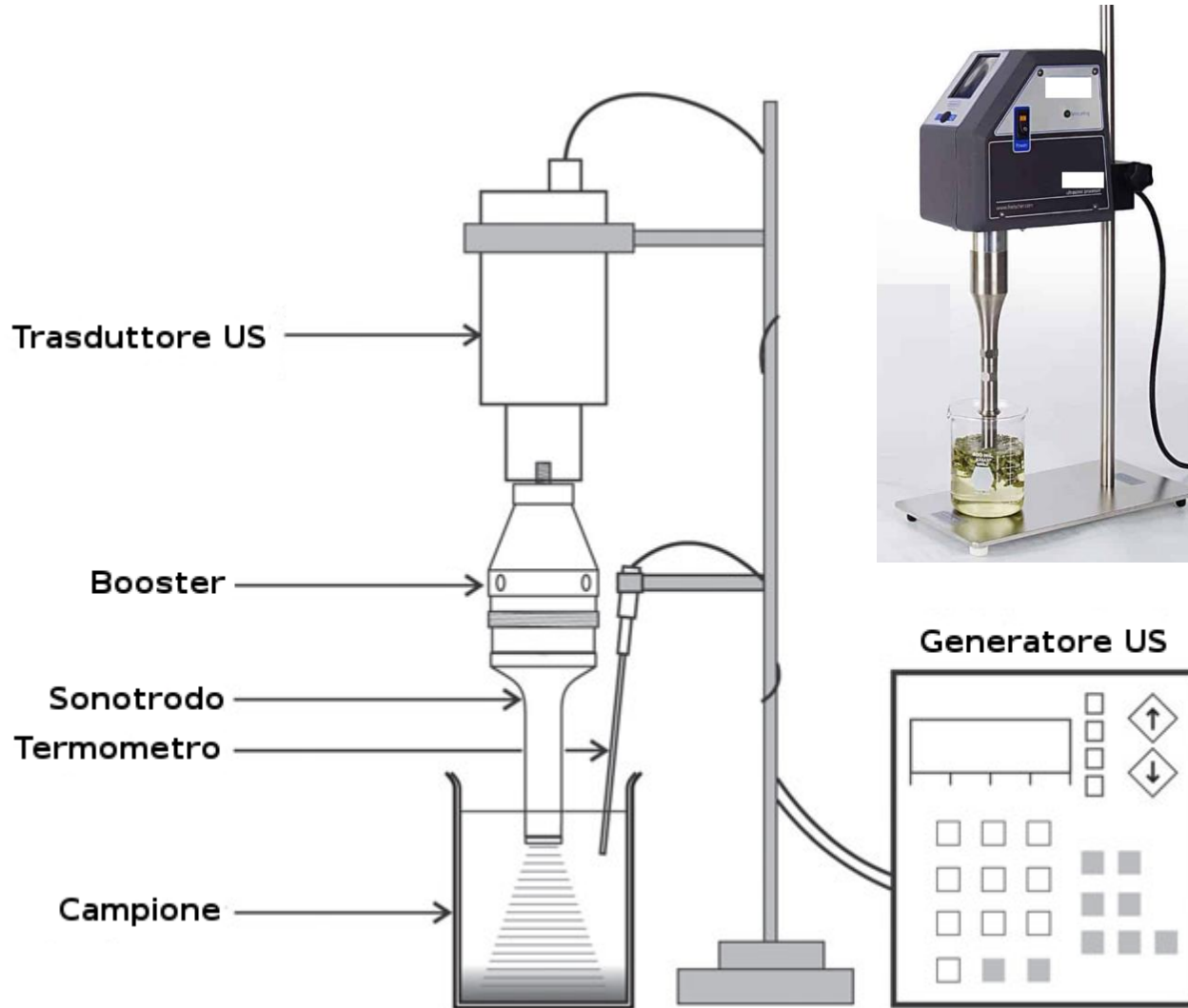
Stazionaria



Degas



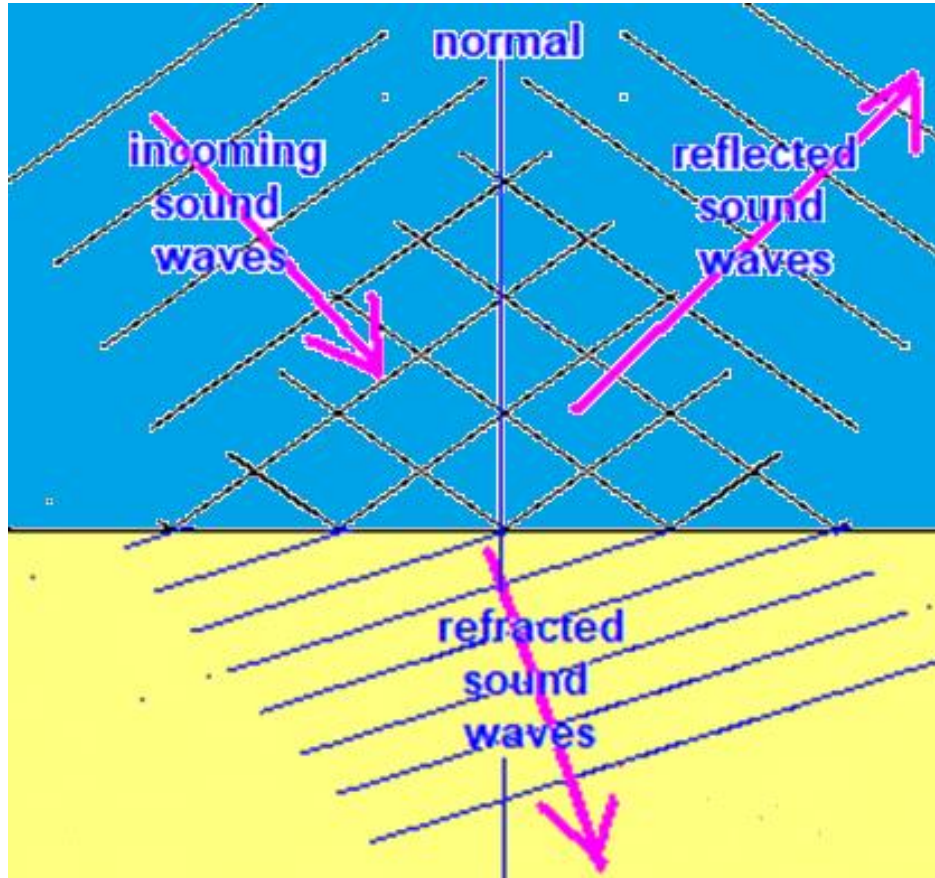
Sonicatori



Vengono utilizzati:

- **nell'industria alimentare**, (ad es. emulsioni di olio in acqua);
- **nell'industria petrolifera** (ad. es. emulsionare piccole quantità di acqua all'interno del carburante per ridurre le emissioni);
- **per immettere energia nei sistemi chimici e biochimici** finalizzata a: rompere i legami tra particelle, lisi cellulare, sintesi chimica, riduzione delle dimensioni delle particelle o estrarre composti da materiali biologici.

Propagazione degli US generati in acqua, in aria



Per queste tipologie di sorgenti, in cui gli US vengono generati e si propagano in acqua, la differenza di impedenza fra l'acqua e l'aria tipicamente comporta un'elevata riflessione all'interfaccia.

Di conseguenza la quasi totalità dell'energia ultrasonica rimane confinata nell'acqua.

Tuttavia, in alcuni casi, **l'emissione residua di US in aria potrebbe comunque essere rilevante**: di conseguenza è necessario valutarne l'intensità e confrontarla con i livelli di insorgenza dei diversi effetti sui lavoratori esposti che operano su tali apparati, al fine di garantirne la sicurezza e la salute.

Materiali e metodi

In accordo con le procedure stabilite nelle Indicazioni operative, le misure sono state eseguite:

- ❑ analizzatore di segnale e microfono con banda passante utile, range di frequenza 10-100 kHz
- ❑ microfono orientato verso al sorgente, a 150 cm dal piano di calpestio e 50 cm di distanza dalla sorgente
- ❑ rilievi eseguiti negli ambienti di ordinario utilizzo delle attrezzature
- ❑ rilievi eseguiti per ogni condizione di funzionamento (stazionaria, degas, sweep...)
- ❑ descrittore $L_{fS_{max}}$ [dB], valore massimo per il livello pesato Slow per bande di terzi di ottava
- ❑ incertezza estesa (combinazione della deviazione standard derivante da 3 misure ripetute e dall'incertezza strumentale e tenendo conto di un fattore di copertura $k = 1,645$)
- ❑ rilievi eseguiti con e senza il coperchio (quando presente); case aperto/chiuso per sonicatori

I risultati sono stati riportati in un'apposita scheda di misura



B&K Pulse Type 3161- A011



B&K 1/4" free-field microphone Type 4939-A011

La scheda di misura



P.A.F. - PORTALE AGENTI FISICI
 Regione Toscana - Azienda USL Toscana Sud Est
 Laboratorio di Sanità Pubblica Area Vasta Toscana Sud Est
Laboratorio Agenti Fisici
 Strada del Ruffolo - 53100 Siena - Tel 0577 536097 - Fax 0577 536754




SCHEDA TECNICA ACQUISIZIONE DATI US

Modello dati anagrafica sorgente con emissione US in aria

Generalità

Referenti:	Tel.:
Data: 15/01/2024	Email: info@portaleagentifisici.it

Dati Macchinario

Tipologia: bagnetto a ultrasuoni	
Produttore: ELMA	
Modello: ELMASONIC XTRA ST 300H	
N. serie: 101967027	
Alimentazione: corrente elettrica	
Anno costruzione:	
Anni di utilizzo: > 5	
Potenza assorbita: 2000 W	
Altre informazioni utili alla caratterizzazione	
ALLEGARE LIBRETTO D'ISTRUZIONE D'USO E MANUTENZIONE obbligatorio nel caso di macchine marchate CE	
Norma tecnica di prodotto:	

Normativa di certificazione

Norma tecnica seguita per la certificazione (se disponibile):	
---	--

Specifiche tecniche della misura

Posizione della sorgente	Microfono posizionato ad un'altezza dal piano di calpestio di 150 cm e ad una distanza di 50 cm, orientato verso la sorgente.
Modalità operative	Sorgente in funzione con coperchio alzato
Frequenza/e di lavoro (kHz)	25 kHz

scheda_US_bagnetto-a-ultrasuoni_ELMA_ES_XTRA_25_KHZ_15-01-2024_stampa.docx

pag. 1 di 4



P.A.F. - PORTALE AGENTI FISICI
 Regione Toscana - Azienda USL Toscana Sud Est
 Laboratorio di Sanità Pubblica Area Vasta Toscana Sud Est
Laboratorio Agenti Fisici
 Strada del Ruffolo - 53100 Siena - Tel 0577 536097 - Fax 0577 536754



Caratteristiche emissive	<input checked="" type="checkbox"/> Stazionarie <input type="checkbox"/> Sweep <input type="checkbox"/> Impulsive <input checked="" type="checkbox"/> A banda stretta	<input type="checkbox"/> A banda larga <input type="checkbox"/> Altro _____
Posizione/i di misura	Posizione operatore	
Descrittore impiegato	<input checked="" type="checkbox"/> L _{FSmax} dB (Z) Lineare <input type="checkbox"/> L _{eq} dB (Z) Lineare <input type="checkbox"/> Altro _____ dB	

(*) campo obbligatorio per la compilazione

Ulteriori note sulla misura	
-----------------------------	---

Compilare la scheda per ogni posizione di misura individuata

Strumentazione Utilizzata:

	Tipo Strumento	Marca	Modello	Range in frequenza	Microfono	Marca	Modello
X	Analizzatore di segnale Pulse dotato di microfono	Brüel & Kjaer	3161-A011	10-100 kHz	<input type="checkbox"/> 1/2' <input checked="" type="checkbox"/> 1/4' <input type="checkbox"/> 1/8'	Brüel & Kjaer	4939
Strumentazione tarata ai sensi della IEC651-804 o IEC61672 presso un centro LAT					<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO		

scheda_US_bagnetto-a-ultrasuoni_ELMA_ES_XTRA_25_KHZ_15-01-2024_stampa.docx

pag. 2 di 4



P.A.F. - PORTALE AGENTI FISICI
 Regione Toscana - Azienda USL Toscana Sud Est
 Laboratorio di Sanità Pubblica Area Vasta Toscana Sud Est
Laboratorio Agenti Fisici
 Strada del Ruffolo - 53100 Siena - Tel 0577 536097 - Fax 0577 536754



Freq kHz	Descrittore utilizzato: L _{FSmax}										Durata della misura [s]	Note	
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80			100
n. misura	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100		
1.	78,9	96,5	85,3	91,9	118,4	101,8	99,6	98,6	86,1	86,9	72,8	60	
2.	79,3	96,9	85,7	92,0	116,3	98,9	99,5	99,1	86,6	88,6	73,0	60	
3.	79,1	96,4	85,6	90,9	116,0	100,2	99,7	98,9	86,3	87,7	73,1	60	
4.													
5.													
Media	79,1	96,6	85,5	91,6	116,9	100,3	99,6	98,9	86,3	87,7	73,0		
Dev.Std.	0,19	0,2	0,2	0,6	1,3	1,5	0,1	0,3	0,3	0,9	0,2		
Incertezza Strumentale	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0		
Incertezza totale	1,2	1,2	1,2	1,3	1,8	1,9	1,2	1,2	1,2	1,5	1,2		
Incertezza estesa	2,0	2,0	2,0	2,2	2,9	3,1	2,0	2,0	2,0	2,5	2,0		
Media + inc. estesa	81,1	98,6	87,5	93,8	119,9	103,4	101,6	100,9	88,4	90,2	75,0		
IRPA-INIRC lav				75	110	110	110	110	110	110	110		
IRPA-INIRC pop				70	100	100	100	100	100	100	100		

scheda_US_bagnetto-a-ultrasuoni_ELMA_ES_XTRA_25_KHZ_15-01-2024_stampa.docx

pag. 3 di 4



P.A.F. - PORTALE AGENTI FISICI
 Regione Toscana - Azienda USL Toscana Sud Est
 Laboratorio di Sanità Pubblica Area Vasta Toscana Sud Est
Laboratorio Agenti Fisici
 Strada del Ruffolo - 53100 Siena - Tel 0577 536097 - Fax 0577 536754



Limiti applicati

Tabella Limiti IRPA-INIRC per esposizione dei lavoratori (continuativa per 8 h) e della popolazione (continuativa <= 24 h) per US in aria

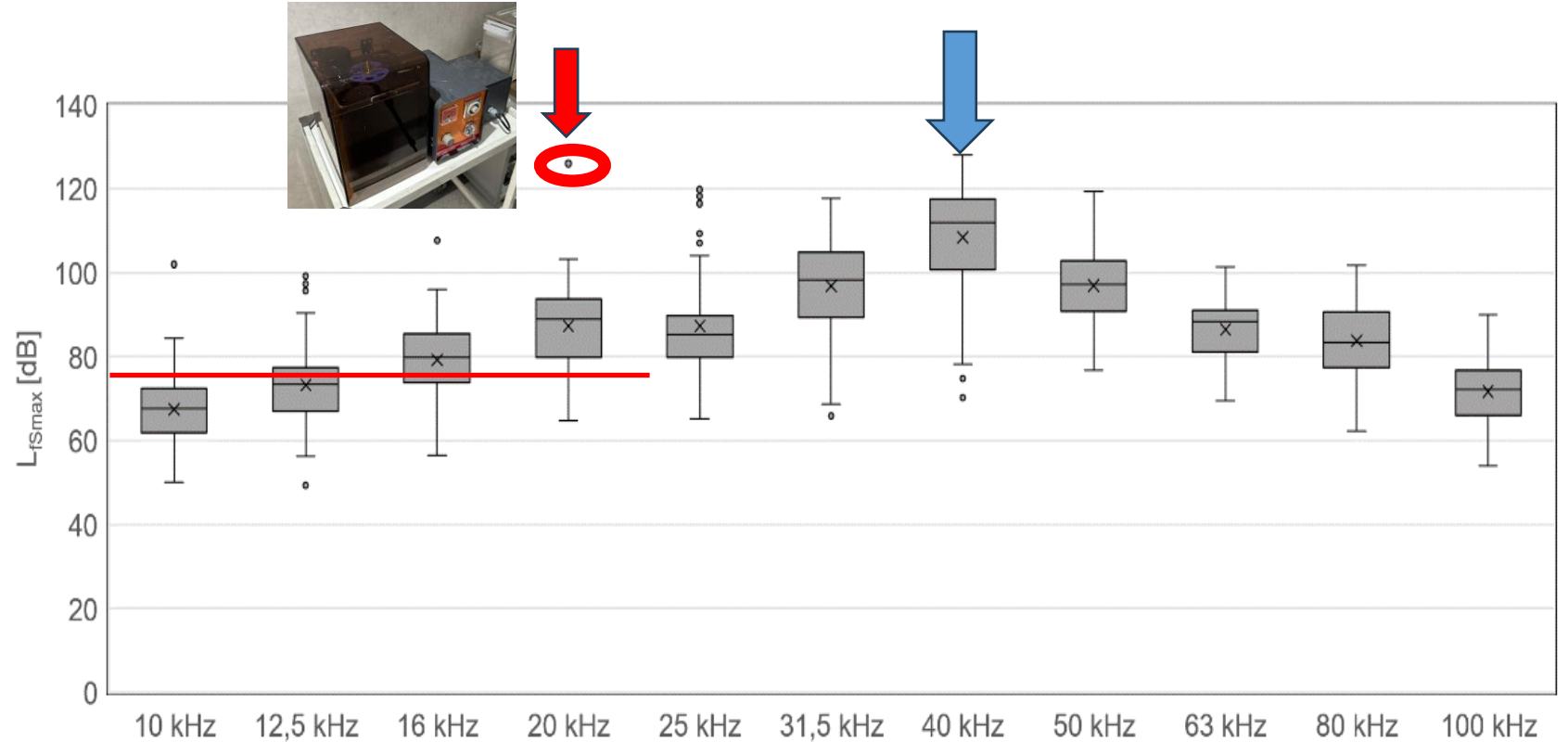
Frequenza centrale della banda in terzi d'ottava kHz	Esposizione lavoratori SPL - Livello di pressione sonora dB re: 20 µPa	Esposizione popolazione SPL - Livello di pressione sonora dB re: 20 µPa
20	75	70
25	110	100
31,5	110	100
40	110	100
50	110	100
63	110	100
80	110	100
100	110	100

Risultati

- ❑ Analizzati 30 bagni (29 per applicazioni di laboratorio e 1 per applicazioni industriali) e 4 sonicatori, per un totale di 89 prove eseguite nelle varie configurazioni di lavoro.
- ❑ Apparecchiature normalmente adoperate nei laboratori di ricerca da gruppi eterogenei di utilizzatori (lavoratori e/o studenti) di differenti classi di età, non sempre adeguatamente formati sui potenziali rischi connessi con il loro utilizzo
- ❑ Tutte le apparecchiature esaminate avevano frequenza nominale di lavoro compresa tra 20 e 59 kHz
- ❑ L'80% delle apparecchiature operava da un periodo > 5 anni
- ❑ Il 60% delle apparecchiature operava solo in condizioni stazionarie, il resto in più condizioni operative

Risultati - Bagni ad US

Distribuzione dei valori di L_{fSmax} [dB] misurati per l'intero campione di misura delle vasche ad US nelle bande di 1/3 di ottava, da 10 kHz a 100 kHz, in tutte le configurazioni di lavoro, con e senza coperchio.



- i livelli più elevati sono stati riscontrati nella banda dei **40 kHz**
 - valore medio di L_{fSmax} [dB] a 40 kHz = $(108,4 \pm 12,7)$ dB;
- le emissioni nella banda dei **20 kHz**, indipendentemente dalle frequenze di lavoro dei dispositivi, sono risultate quasi sempre superiori ai **75 dB**, limite in corrispondenza del quale si segnala in letteratura l'insorgenza di effetti soggettivi nei lavoratori esposti
 - valore medio di L_{fSmax} [dB] a 20 kHz = $(87,3 \pm 10,5)$ dB

Risultati - Bagni ad US

Per ciascun bagno, è stata individuata la frequenza in corrispondenza della quale è stato rilevato il livello massimo:

- ❑ a 40 kHz nel 43% dei casi
- ❑ a 31,5 kHz nel 23% dei casi
- ❑ a 50 kHz nel 13% dei casi

Tali condizioni sono rappresentative di circa l'80% del campione qui analizzato.

Valori medi, calcolati per bande di terzi di ottava, dei livelli di L_{fsmax} [dB] misurati sui bagni con valori massimi alle frequenze di 31,5 kHz, 40 kHz e 50 kHz, in tutte le modalità operative, senza coperchi.

Frequenza del livello massimo (kHz)	L_{fsmax} [dB]	10 kHz	12,5 kHz	16 kHz	20 kHz	25 kHz	31,5 kHz	40 kHz	50 kHz	63 kHz	80 kHz	100 kHz
31,5	media	65,7	73,2	88,9	82,1	90,1	114,2	101,9	90,2	91,7	84,0	78,7
	dev. std.	7,9	6,7	6,3	9,6	6,1	2,8	11,3	7,0	5,1	9,2	8,6
40	media	68,3	73,1	79,4	91,6	84,2	99,6	118,8	99,1	89,1	90,9	74,0
	dev. std.	6,9	7,3	7,5	7,0	4,6	7,7	4,0	6,4	5,2	5,9	4,1
50	media	68,1	71,8	74,9	83,0	92,2	83,7	100,1	115,4	92,7	80,2	80,1
	dev. std.	7,6	7,1	7,2	11,4	7,7	6,9	14,0	6,2	4,9	5,2	4,4

Attenzione! Risultano superate le soglie per insorgenza di effetti uditivi e soggettivi!

Risultati - Bagni ad US – Coperchi e relative attenuazioni in condizioni stazionarie

Il valore medio in dB dell'attenuazione ~ 5 dB.

Tale abbattimento, seppur rilevante, non risulta però molto significativo per proteggere in modo efficace il lavoratore dal discomfort causato dalla presenza degli US, data la sua insorgenza dopo pochi minuti di esposizione.

Infatti a differenza di quanto accade nell'udibile, per gli US il descrittore utilizzato per valutare l'eventuale insorgenza degli effetti uditivi ed extrauditivi L_{fSmax} [dB] non rappresenta una dose cumulata nel tempo, ma un valore calcolato su tempi molto brevi; questo preclude la possibilità di ridurre il livello di esposizione degli operatori anche a partire dalla riduzione del tempo di permanenza nell'ambiente.



Risultati - Bagni ad US – Coperchi e relative attenuazioni in condizioni stazionarie

È stata eseguita un'analisi più dettagliata dell'attenuazione prodotta in relazione alla tipologia di coperchio utilizzato per queste apparecchiature.



Delle 79 prove eseguite, il 42% è stata eseguita con coperchio che era:

- ❑ nel 9% dei casi in plastica
- ❑ nel 5% in plastica con fori
- ❑ nel 18% dei casi in metallo.





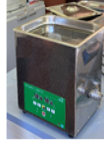

Risultati - Bagni ad US – Coperchi e relative attenuazioni in condizioni stazionarie

Occorrerebbe progettare, al livello di produzione industriale, questi apparati con coperchi costruiti ad hoc, possibilmente a tenuta, per limitare l'emissione in aria di US.

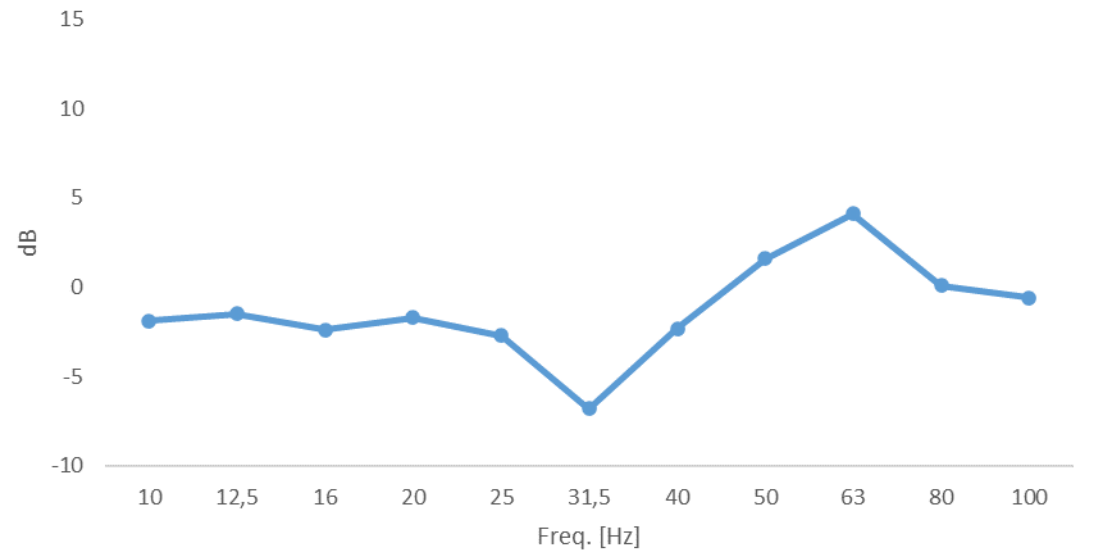
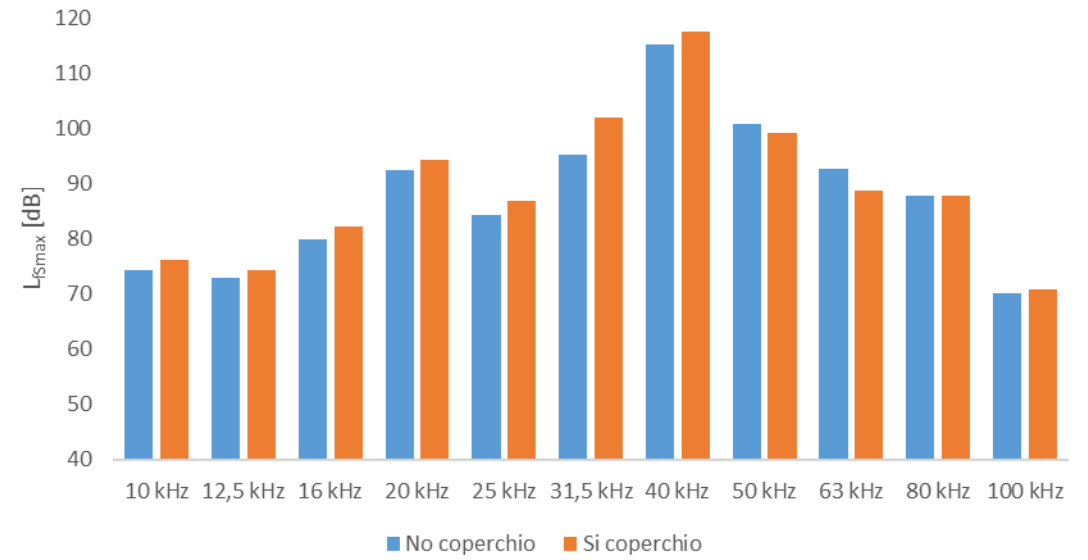
	Frequenza kHz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100
	L _f S _{max} [dB] Media SENZA coperchio	79,1	96,6	85,5	91,6	116,9	100,3	99,6	98,9	86,3	87,7	73,0
	L _f S _{max} [dB] Media CON coperchio	66,8	85,2	76,8	79,5	107,4	91,4	93,1	81,7	67,9	68,7	52,6
	Attenuazione dB	12,3	11,4	8,7	12,1	9,5	8,9	6,5	17,2	18,4	19,0	20,4



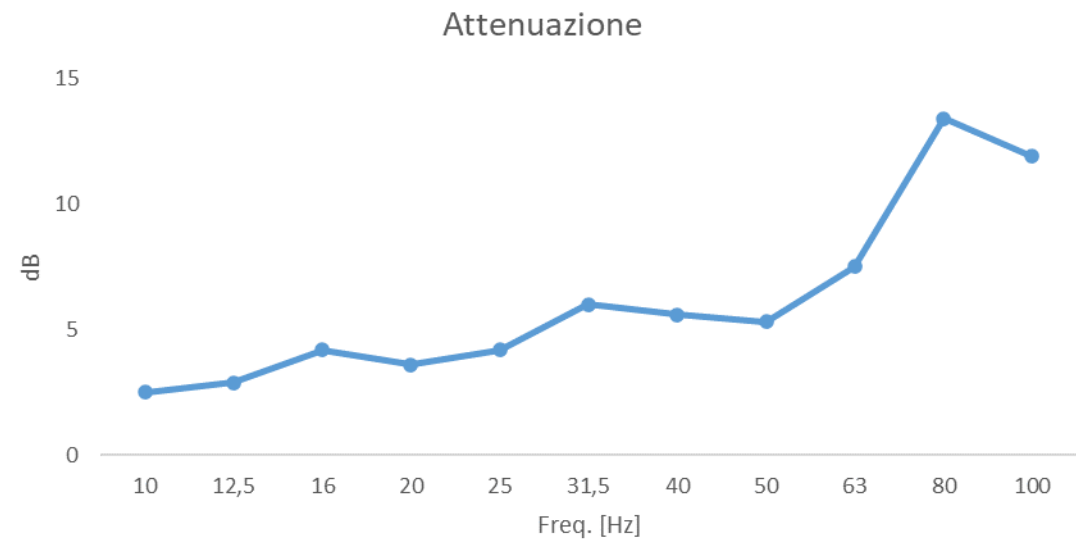
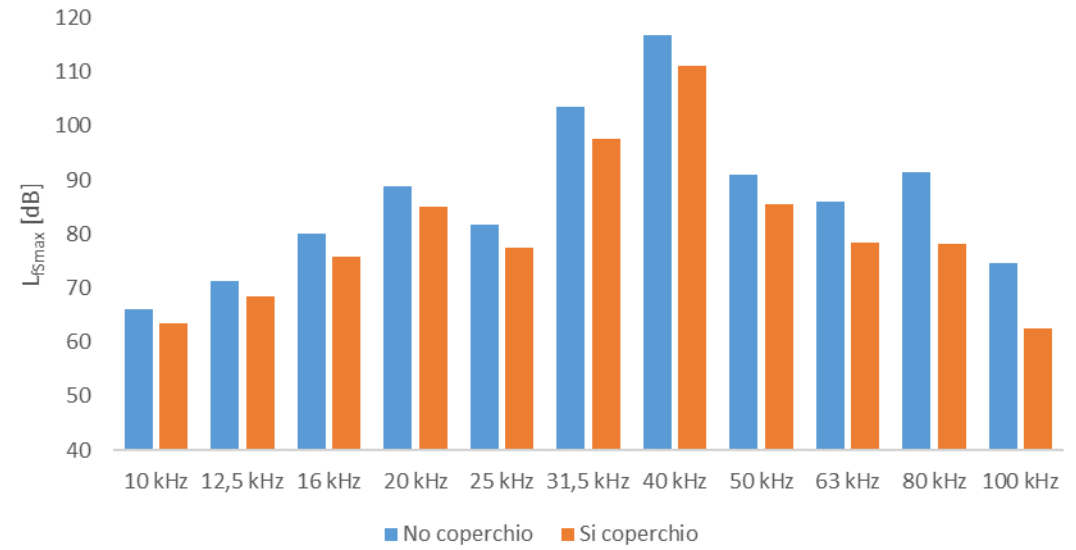
	Frequenza kHz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100
	L _f S _{max} [dB] Media SENZA coperchio	64,3	68,8	77,5	90,1	80,8	101,2	117,1	92,2	90,2	92,2	71,5
	L _f S _{max} [dB] Media CON coperchio	58,4	64,0	71,4	83,3	73,1	92,1	108,3	83,1	76,1	76,0	58,6
	Attenuazione dB	5,9	4,8	6,1	6,8	7,7	9,1	8,8	9,1	14,1	16,2	12,9

	Frequenza kHz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100
	L _f S _{max} [dB] Media SENZA coperchio	69,6	75,6	94,0	86,9	84,0	111,7	102,6	94,4	90,3	82,2	87,4
	L _f S _{max} [dB] Media CON coperchio	65,7	72,3	90,8	84,7	84,2	112,5	102,5	89,0	83,2	75,3	80,3
	Attenuazione dB	3,9	3,3	3,2	2,2	-0,2	-0,8	0,1	5,4	7,1	6,9	7,1

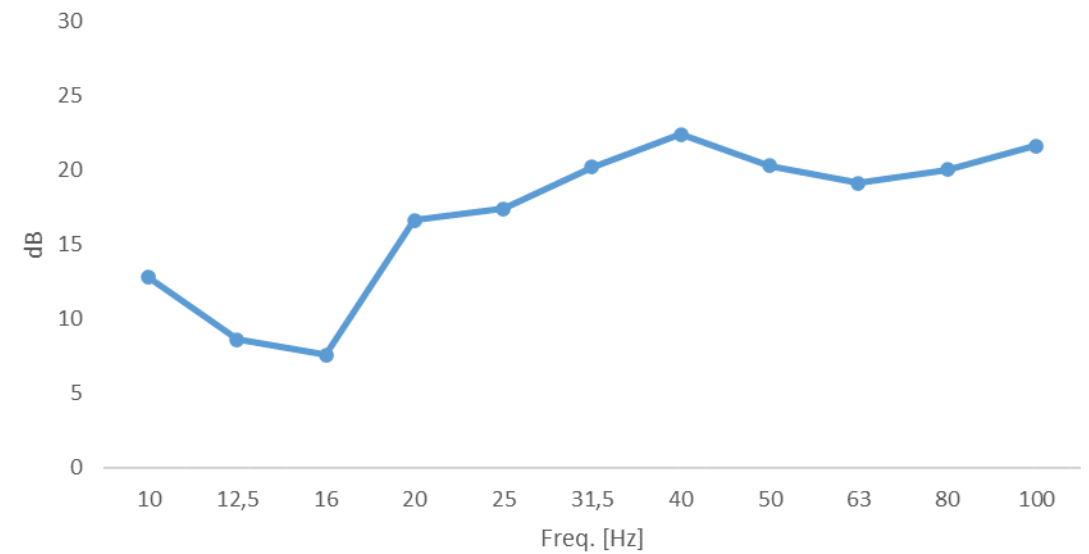
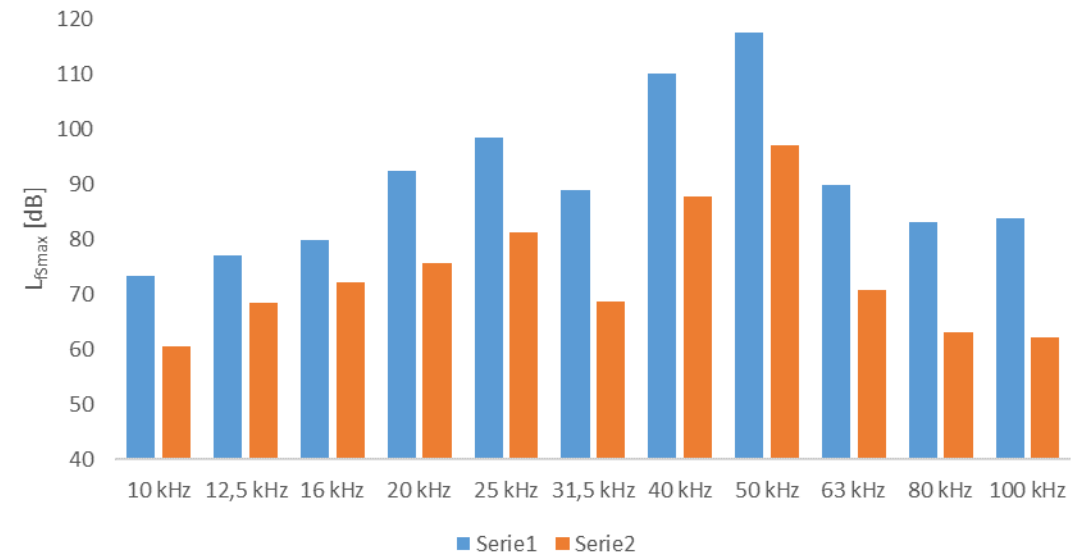
Esempio



Esempio






Esempio





Esempio





	Freq [kHz]	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100
	$L_{f_{max}}$ [dB] Senza coperchio e cappa aperta	75,4	71,6	76,8	85,8	80,0	104,6	114,9	86,5	77,1	86,7	66,5
	$L_{f_{max}}$ [dB] Con coperchio e cappa aperta	56,2	60,2	68,4	79,7	75,3	96,5	113,1	88,2	71,3	81,8	61,9
Attenuazione coperchio [dB]		19,2	11,5	8,4	6,2	4,7	8,2	1,9	-1,7	5,7	4,9	4,6
	$L_{f_{max}}$ [dB] Con coperchio e cappa chiusa	51,0	50,7	48,6	56,2	47,3	66,1	82,9	58,4	41,6	49,7	33,2
Attenuazione solo cappa [dB]		5,2	9,5	19,8	23,4	28,0	30,3	30,1	29,8	29,7	32,0	28,7
Attenuazione coperchio e cappa [dB]		24,4	21,0	28,2	29,6	32,7	38,5	32,0	28,1	35,5	36,9	33,3

Necessità di norme tecniche specifiche (ad, es. per la potenza sonora ed ultrasonora emessa...)

Livello sonoro e risparmio di energia:

- Per quanto possibile, evitare di far funzionare l'unità senza un coperchio.
- La pressione sonora emessa dall'unità dipende dalle dimensioni del bagno e dall'applicazione; se è applicato un coperchio, è comunque inferiore a 80 dBA.
- Per ridurre la pressione sonora si raccomanda, per quanto possibile, di utilizzare un coperchio quando gli ultrasuoni sono attivati e di inserire gli ultrasuoni a bagno caricato.

	Non toccare il liquido durante il funzionamento dello strumento. Non spostare la vasca, cestello, oggetti, coperchio o accessori durante il funzionamento.
	La pulizia ad ultrasuoni può produrre rumori fastidiosi. Comunque nel range di tolleranza stabiliti dalla normativa.

Al fine di prevenire danni personali e/o materiali

- Non introdurre dita o mani nella vaschetta mentre l'apparecchio è in funzione. In caso contrario possono verificarsi malessere e irritazioni alla pelle. Evitare il contatto con soluzioni e assicurare una ventilazione adeguata

EMISSIONE DI RUMORI

- In determinate condizioni, gli strumenti ad ultrasuoni possono provocare temporanei disturbi acustici.
- Durante la permanenza accanto ad un apparecchio ad ultrasuoni in funzione senza coperchio si deve indossare una protezione per le orecchie.

TRASMISSIONE DI ULTRASUONI PER CONTATTO

- Durante il funzionamento non si deve toccare il liquido di lavaggio o i pezzi che trasmettono gli ultrasuoni (vasca, cestello, materiale detergente, ecc.).
- È vietata la pulitura ad ultrasuoni di esseri viventi o piante!

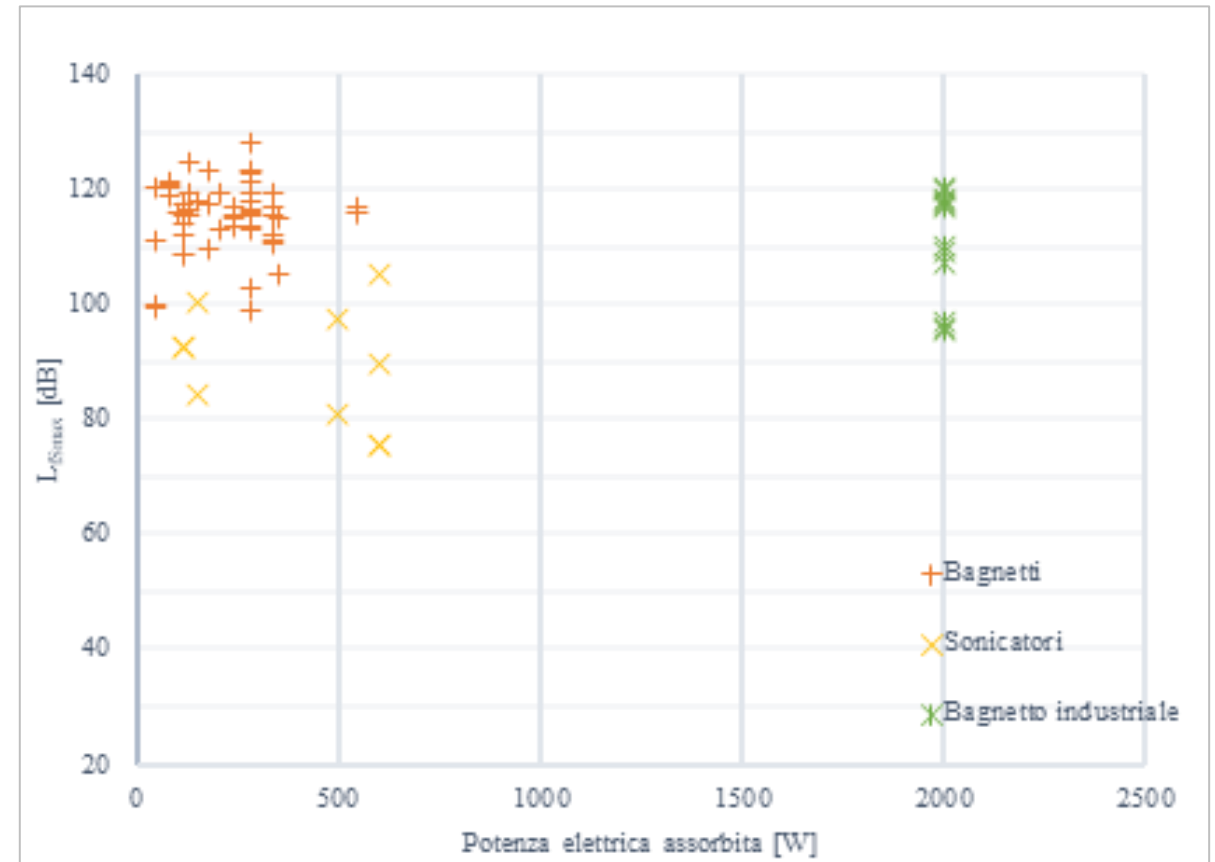
Indicazioni per determinate categorie di persone

Donne incinte

L'energia ultrasonica irradiata dall'aria non è dannosa per la salute. Tuttavia, durante l'utilizzo degli ultrasuoni, si verificano alti livelli di emissioni che in determinate circostanze possono causare danni all'udito del feto.

Consigliamo pertanto alle donne incinte di non utilizzare pulitori ad ultrasuoni per un periodo di tempo prolungato.

Risultati - Correlazione fra potenza elettrica assorbita e livello massimo di US emessi in aria



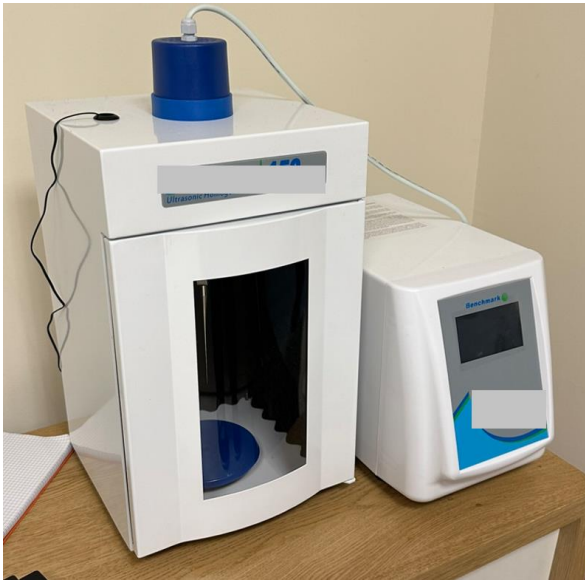
I livelli di US in aria, rilevati in prossimità di bagni con dimensioni maggiori, operanti a potenze più elevate, non sono risultati più elevati rispetto a quanto rilevato in prossimità dei modelli più piccoli: la potenza viene impiegata quasi totalmente per generare il processo di cavitazione

Risultati – Sonicatori


- ❑ 4 sonicatori, 10 prove eseguite, nella maggioranza dei casi in modalità stazionaria
- ❑ frequenza di lavoro dei dispositivi 20 kHz
- ❑ prevista selezione della potenza di lavoro (misure eseguite a 20% e 40%)
- ❑ prevista quasi sempre la presenza di un case con sportello
- ❑ in tutti i casi, tranne 1, lo strumento era posizionato in un ambiente separato, utilizzato sempre dal personale con lo sportello chiuso, indossando anche DPI uditivi.

Le misurazioni sono state eseguite con sportello chiuso e aperto.

Per questa tipologia di sorgenti, la chiusura degli sportelli comporta un abbattimento dei livelli di US emessi in aria pari a circa 18-20 dB.



Sonicatori: risultati dei livelli di L_{fSmax} [dB] medi misurati nel campione di misura



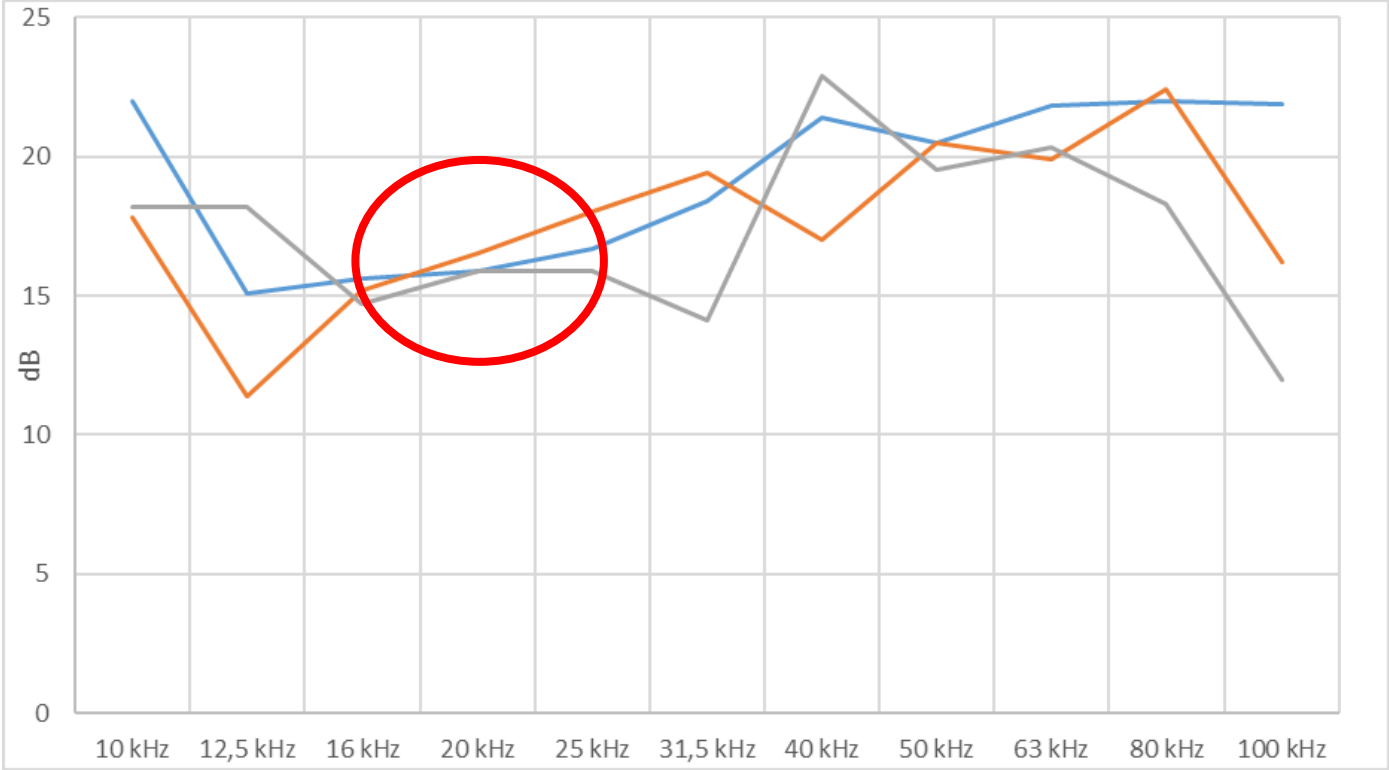
Frequenza kHz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100
L_{fSmax} [dB] Media	68,8	60,6	63,3	84,4	69,2	71,1	70,6	61,1	56,2	47,9	42,2
dev. std.	6,6	7,0	7,5	7,4	5,3	10,5	12,2	12,5	13,3	11,4	7,9

Le misure si riferiscono alla sola condizione a sportello chiuso (con l'aggiunta dell'unico caso di strumento operante senza case) per le due potenze analizzate (20% e 40%).

Particolare attenzione deve essere prestata in relazione all'eventuale insorgenza di effetti soggettivi nei lavoratori esposti a queste emissioni nella banda dei 20 kHz

Indicazioni devono essere fornite in relazione all'utilizzo dei dispositivi alle potenze più basse possibili, compatibilmente con l'obiettivo che si intende raggiungere tramite l'utilizzo dello strumento.

Esempio



Conclusioni

Al fine di prevenire potenziali effetti per la salute e la sicurezza dei lavoratori, tenendo conto anche dei lavoratori particolarmente sensibili, le misure principali di prevenzione e protezione da applicare a queste sorgenti sono:

- ❑ l'utilizzo dei sonicatori con case con sportello chiuso
- ❑ l'utilizzo, ove possibile di coperchi in plastica, di case in PVC per i bagni ad US e ove possibile sotto cappe, in relazione agli specifici utilizzi dei dispositivi
- ❑ la segregazione dei dispositivi in ambienti separati dai laboratori nei quali normalmente i lavoratori svolgono la loro attività, evitando di posizionare tali apparati direttamente sui banchi di lavoro
- ❑ è auspicabile l'uso di DPI uditivi, previsti e raccomandati nel caso dei sonicatori (ma va valutata la possibilità di iperprotezione per il range udibile)
- ❑ l'apposizione di opportuna cartellonistica per evidenziare la presenza di US
- ❑ la formazione dei lavoratori specifica sui rischi da US e sulle sorgenti presenti in azienda, al fine di renderli consapevoli delle condizioni di rischio e di eventuali suscettibilità individuali.



Grazie per l'attenzione!

r.mariconte@inail.it