

## IL TAGLIO SILENZIATO NEL COMPARTO LAPIDEO PER UN'EFFICACE PROTEZIONE ACUSTICA DEI LAVORATORI ADDETTI.

CNR – IDAC – ROMA: Dott. Giovanni Brambilla

INAIL – DIREZIONE REGIONALE LAZIO - CONTARP : Ing. Giuseppe Rosci

DITTA TRAVERTINI CAUCCI S.p.A.: Sig. Gaetano Squeo

### SETTORE

Lavorazione rocce (travertino)

### FUNZIONE

È stata eseguita un'indagine sperimentale, presso la ditta Travertini Caucci, sulla rumorosità di due macchine frequentemente impiegate per il taglio del travertino: una **fresatrice attestatrice** e una **fresatrice a ponte**. Le macchine erano collocate all'interno di due capannoni adiacenti, di volume pari a 7.090 m<sup>3</sup> per l'attestatrice e 11.794 m<sup>3</sup> per la fresatrice a ponte (Figure 1 e 2).



Figura 1 – Fresatrice attestatrice con disco diamantato “tipo SW” impiegata per la sperimentazione



Figura 2 – Fresatrice a ponte con disco diamantato “tipo A” impiegata per la sperimentazione

Le fresatrici erano allestite per taglio a misura di lastre di travertino sia con frese a disco diamantate nuove, di tipo non silenziato, sia con frese silenziate di diversa tipologia (struttura a sandwich e ad intagli) nuove e usate. L'indagine è stata condotta con la collaborazione della ditta Diamant Boart, che ha fornito le frese a disco ed il supporto tecnico durante la sperimentazione.

Le principali condizioni operative delle due fresatrici sono sintetizzate in Tabella 1.

Tabella 1 – Condizioni operative delle due macchine e caratteristiche acustiche dei due ambienti di misura

Macchina	Diametro del disco (mm)	Velocità rotazione del disco (giri/minuto)	Velocità avanzamento disco (m/minuto)	Profondità di taglio (mm)	Ambiente di misura		
					$T_{60}$ medio (s)	$\alpha$ medio	$K_{2A}$ (dB)
Attestatrice	350	2440	3,30	30	2,8	0,17	2,5
Fresatrice a ponte	1000 (usato) 1200 (nuovi)	850	1,10	330	2,7	0,15	2,5

## PROBLEMATICA

A tutt'oggi, l'ipoacusia da rumore continua ad essere la malattia professionale più denunciata ed indennizzata dall'INAIL, con un'incidenza percentuale rispetto al totale prossima al 50%. I dati statistici del periodo 1999-2003 sono riportati in Tabella 2 (fonte INAIL).

Tabella 2 - MALATTIE PROFESSIONALI manifestatesi nel periodo 1999-2003 e denunciate all'INAIL per tipo di malattia e anno - SETTORE INDUSTRIA E SERVIZI

Malattie Professionali o Sostanze che le causano	1999	2000	2001	2002	2003
50 - IPOACUSIA E SORDITA'	5.753	5.339	4.784	3.447	2.177
<b>TOTALE MALATTIE TABELLATE</b>	<b>10.467</b>	<b>9.858</b>	<b>9.523</b>	<b>7.287</b>	<b>4.991</b>
<b>99-MALATTIE NON TABELLATE</b>	<b>13.555</b>	<b>14.492</b>	<b>16.217</b>	<b>14.115</b>	<b>12.137</b>
di cui:					
- ipoacusia	6.316	6.017	5.499	2.804	2.244
INDETERMINATA	72	426	1.393	3.926	6.103
<b>IN COMPLESSO</b>	<b>24.094</b>	<b>24.776</b>	<b>27.133</b>	<b>25.328</b>	<b>23.231</b>

Nel comparto produttivo lapideo la lavorazione di taglio è una di quelle a maggiore incidenza di rischio di danno uditivo.

La rumorosità generata da queste lavorazioni è decisamente elevata, come risulta dai rilievi effettuati riportati in sintesi nella Tabella 3. Nella postazione dell'operatore addetto al funzionamento della macchina si raggiungono livelli di pressione sonora,  $L_{A,EQ}$ , pari a 95,6 dB(A) per la fresatrice attestatrice e a 94,1 dB(A) per la fresatrice a ponte, entrambe attrezzate con lame tradizionali non silenziate.

**Tabella 3 – Livelli  $L_W$  e  $L_{EQ}$  al posto operatore per le tre tipologie di disco, nelle due macchine.**

Tipo di macchina	FRESATRICE ATTESTATRICE				FRESATRICE A PONTE			
	$L_w$ [dB]	$L_{wA}$ [dB(A)]	$L_{EQ}$ - operatore [dB]	$L_{A,EQ}$ -p. operatore [dB(A)]	$L_w$ [dB]	$L_{wA}$ [dB(A)]	$L_{EQ}$ - operatore [dB]	$L_{A,EQ}$ - operatore [dB(A)]
DISCO SILENZIATO USATO	106,9	105,3	86,1	84,4	109,2	109,4	85,7	85,8
DISCO TRADIZIONALE NUOVO	117,0	116,0	96,2	95,6	117,7	118,2	93,5	94,1
DISCO SILENZIATO NUOVO	113,0	111,4	92,1	90,8	112,3	112,8	87,8	88,2

## SOLUZIONE

Il rumore prodotto durante il taglio è generato dai denti del disco nell'urto con il materiale da tagliare e viene trasmesso al resto della lama che lo amplifica tramite i suoi modi vibrazionali, soprattutto quelli trasversali al piano di taglio. L'obiettivo, pertanto, è di limitare il rumore emesso senza inficiare la capacità di taglio, riducendo il rumore vibrazionale mediante specifici interventi, tesi essenzialmente a creare effetti di dissipazioni meccaniche e smorzamenti nel meccanismo di propagazione sonora, con l'introduzione nella struttura della lama di opportuni materiali e di appropriate discontinuità. Tale riduzione normalmente varia tra il 10 ed il 30% rispetto ad una lama tradizionale.

Le tipologie di intervento sugli utensili da taglio sono essenzialmente tre:

- Silenziatura mediante **anima di tipo sandwich (tipo SW)**, con una struttura composta da due lame uguali e sottili incollate tra loro con una resina epossidica avente effetti smorzanti, oppure con l'interposizione di un sottile disco di rame (Figura 3). Questa tipologia consente interessanti abbattimenti del rumore (fino al 30%), ma rende la lama molto più pesante (quasi il doppio rispetto a quella non silenziata) e, pertanto, applicabile solo per lame di piccolo diametro (massimo 400 mm).
- Silenziatura mediante struttura ad **intagli (tipo A)**, che richiede uno studio preliminare sui modi vibratorii della lama in modo che i tagli siano eseguiti, mediante laser e secondo opportune geometrie (Figura 4), nei punti di maggiore vibrazione trasversale al piano di taglio della lama stessa, lungo tutta la sua superficie laterale. Le incisioni sono riempite con delle specifiche sostanze viniliche che contribuiscono a limitare la rumorosità del disco durante il suo funzionamento. Questa tecnica è meno efficace ai fini della riduzione del rumore ma, alleggerendo la lama, è utilizzata solitamente per lame di maggiore diametro (fino a 1200 mm).

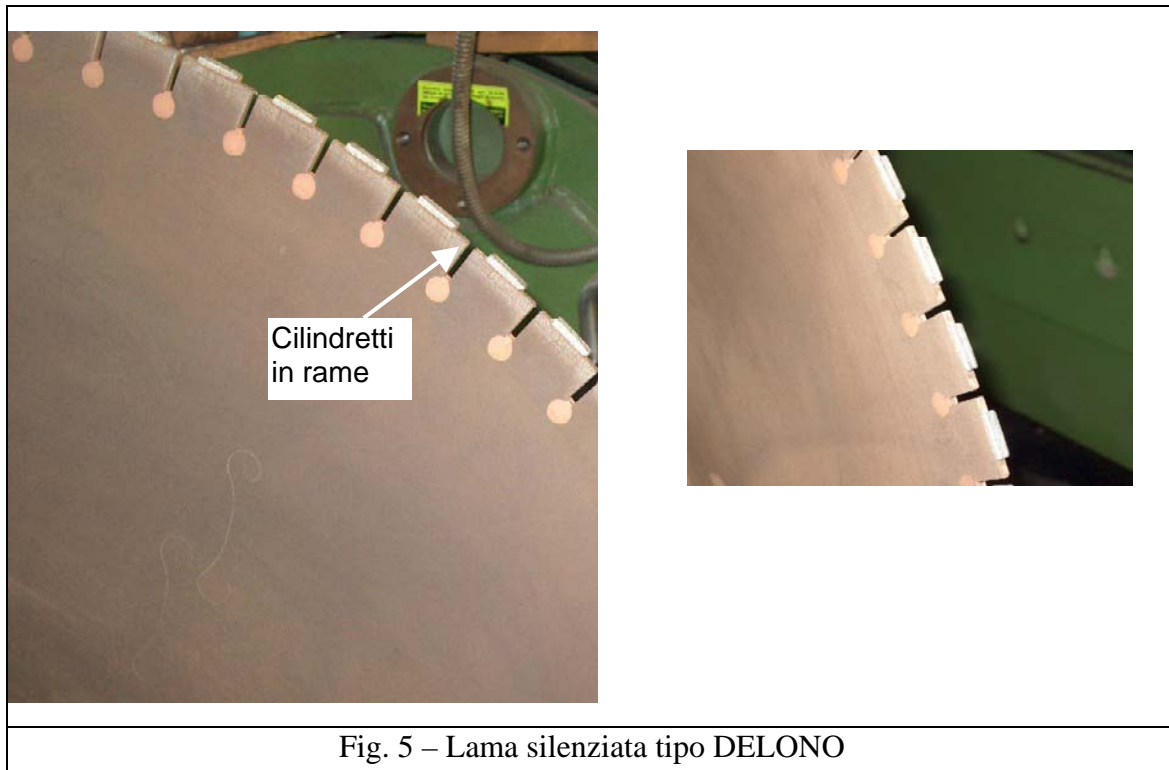


Fig. 3 – Lama silenziata mediante anima a Sandwich (tipo SW)



Fig. 4 – Lama silenziata mediante intagli (tipo A)

- Silenziatura mediante **inserti in rame (tipo DELONO)**, realizzata come illustrato in Figura 5, con la presenza di cilindretti in rame inseriti immediatamente al di sotto delle asole di separazione dei tasselli del disco. Questa silenziatura è completata da opportuni tagli di geometria differente rispetto a quelli del tipo A. Sebbene questa tipologia sia prodotta e commercializzata per tutti i diametri, è più frequentemente utilizzata per dischi di grande diametro.



Per valutare i benefici acustici conseguibili con la soluzione proposta, intervento sulla sorgente da privilegiare rispetto a quelli sul percorso di propagazione sonora o sul ricettore (dispositivi di protezione individuale), sono stati eseguiti specifici rilevamenti fonometrici per la determinazione:

- della potenza sonora emessa “in situ” dalle fresatrici sopra indicate in predefinite condizioni operative;
- del livello di pressione sonora al posto operatore nelle medesime condizioni operative.

Nel seguito si riporta la sintesi dei risultati ottenuti.

## **EFFICACIA DEI RISULTATI**

Nella Figura 6 è riportato il confronto degli spettri dei livelli di potenza sonora  $L_W$  per le tre tipologie di disco utilizzate nella fresatrice a ponte. È interessante notare le differenze di  $L_W$  riscontrate tra i tre dischi, i cui andamenti nel dominio della frequenza sono sintetizzati nelle Figure 7 e 8.

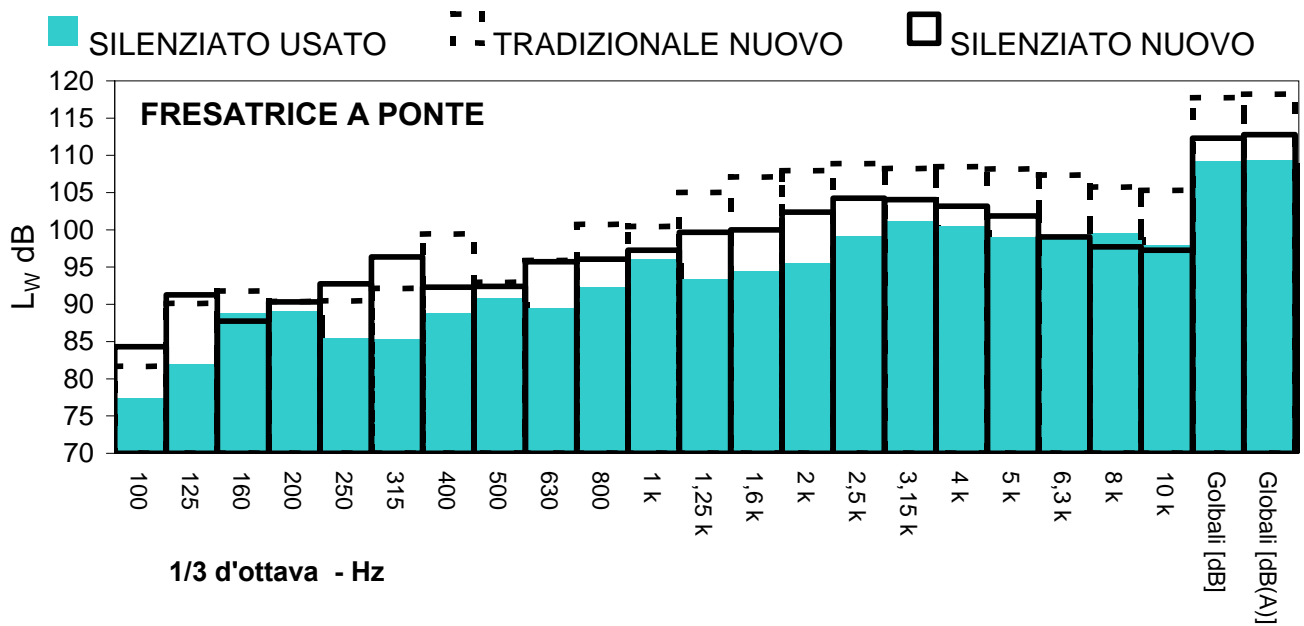


Figura 6 - Spettri di potenza sonora, LW , rilevati per le 3 frese a disco usate nelle prove sulla fresatrice a ponte.

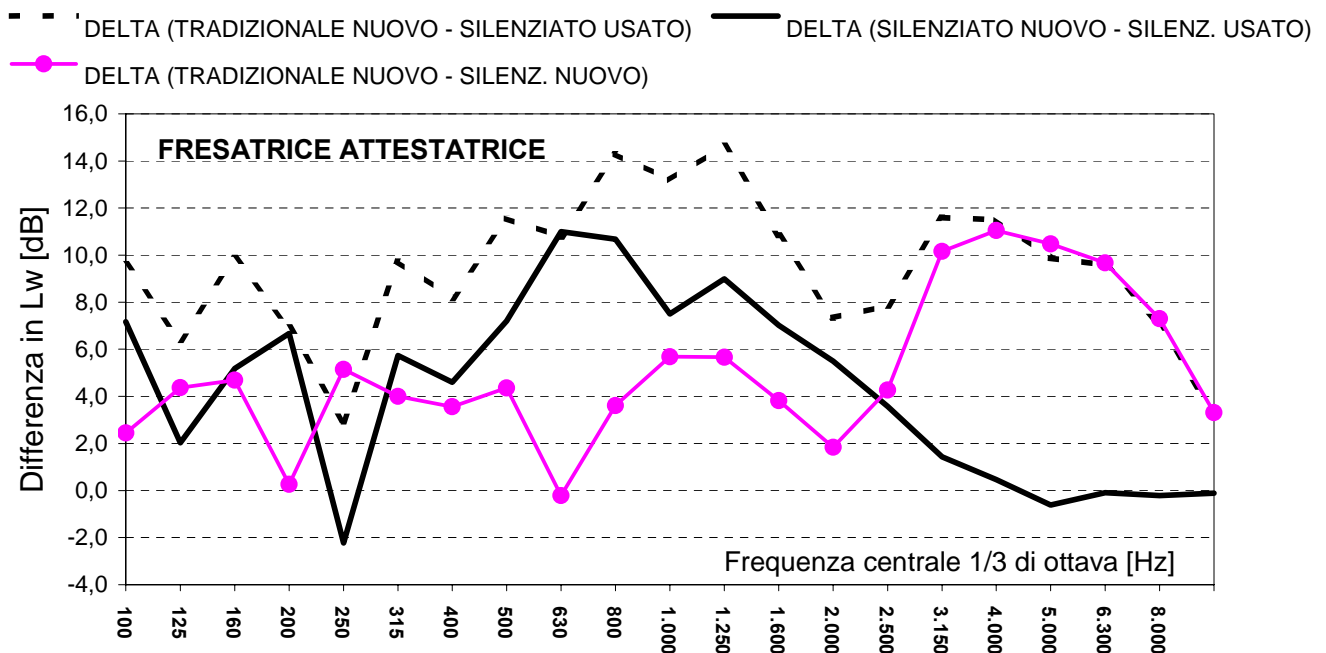
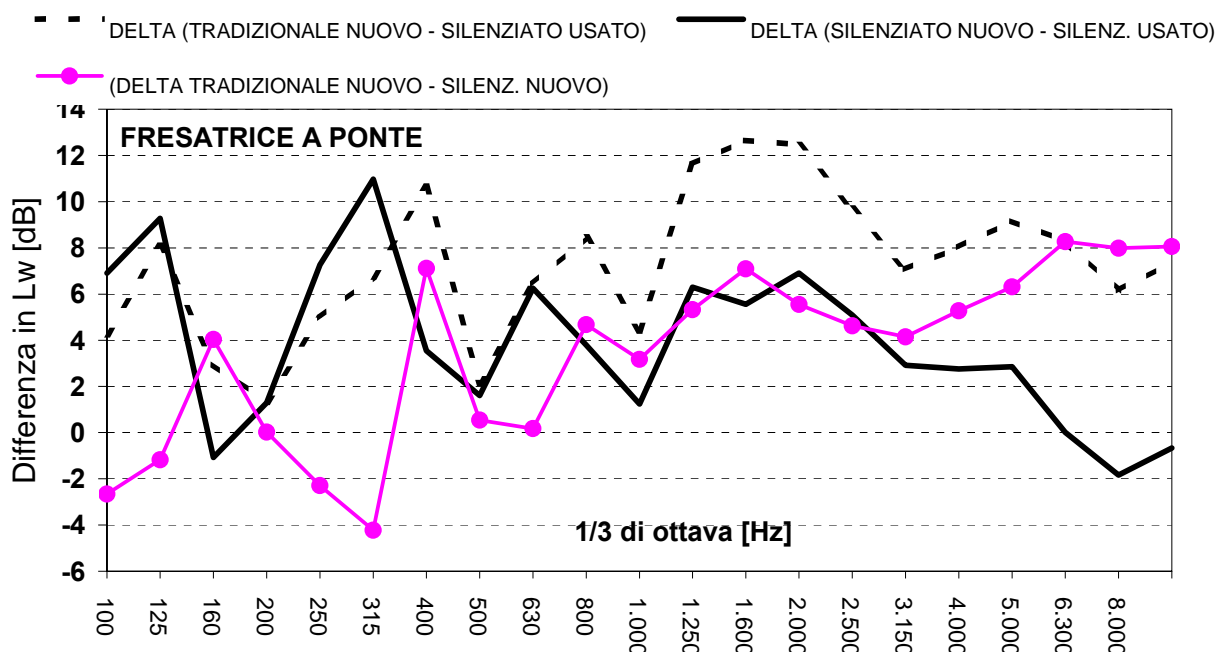


FIGURA 7: Differenza nei livelli di potenza sonora riscontrati per le tre tipologie di disco nella fresatrice attestatrice

Appare evidente come il disco tradizionale nuovo sia più rumoroso di quelli silenziati (nuovo e usato) e che il disco silenziato usato presenti migliori prestazioni acustiche rispetto a quello silenziato nuovo, verosimilmente a seguito dell'usura dei denti ("denti aperti" rispetto a "denti ancora chiusi" per il disco silenziato nuovo).



**FIGURA 8: Differenza nei livelli di potenza sonora riscontrati per le tre tipologie di disco nella fresatrice a ponte**

Prestazioni acustiche analoghe sono state riscontrate anche per il livello di pressione sonora al posto operatore.

I risultati conseguiti sono sintetizzati nella precedente Tabella 3, con i valori globali dei livelli di potenza sonora e di pressione sonora al posto operatore, e nella seguente Tabella 4 con le relative differenze.

**Tabella 4 – Riduzione dei livelli  $L_w$  e  $L_{EQ}$  al posto operatore, per le varie condizioni sperimentali.**

Tipo di macchina	FRESATRICE ATTESTATRICE				FRESATRICE A PONTE			
	$\Delta L_w$ [dB]	$\Delta L_{wA}$ [dB(A)]	$\Delta L_{EQ-p}$ operatore [dB]	$\Delta L_{A, EQ}$ operatore [dB(A)]	$\Delta L_w$ [dB]	$\Delta L_{wA}$ [dB(A)]	$\Delta L_{EQ-p}$ operatore [dB]	$\Delta L_{A, EQ-p}$ operatore [dB(A)]
<b>DELTA (TRADIZ. NUOVO - SILENZIATO USATO)</b>	10,1	10,7	10,1	11,2	8,5	8,8	7,9	8,3
<b>DELTA (SILENZIATO NUOVO - SILENZ. USATO)</b>	6,1	6,1	6,0	6,4	3,1	3,3	2,1	2,4
<b>DELTA (TRADIZ NUOVO - SILENZ. NUOVO)</b>	4,0	4,6	4,1	4,8	5,4	5,5	5,8	5,9

Pur essendo l'indagine circoscritta ad un numero limitato di configurazioni sperimentali, risulta evidente che le frese a disco silenziate mediante anima a sandwich (tipo SW) e mediante tagli (tipo A), consentono una buona riduzione della rumorosità emessa rispetto a quelle tradizionali non silenziate. Si ottiene infatti un'attenuazione pari a **- 4,0÷4,8 dB** nel caso dell'attestatrice (disco di

tipo SW, diametro = 350 mm) e a  $-5,4 \div -5,9$  dB nel caso della fresatrice a ponte (disco di tipo A, diametro = 1200 mm).

Tale riduzione aumenta ulteriormente con il disco silenziato usato a seguito dell'usura dei denti:  $-10,1 \div -11,2$  dB nel caso dell'attestatrice (disco di tipo SW, diametro = 350 mm) e  $-8,3 \div -8,8$  dB nel caso della fresatrice a ponte (disco di tipo A, diametro = 1200 mm).

L'usura nelle lame silenziate, quindi, non pregiudica le prestazioni acustiche che, anzi, continuano a migliorare a seguito del consumo dei denti. Non risulta, inoltre, che l'intervento di mitigazione acustica sulla fresa a disco comporti un degrado della capacità di taglio rispetto al disco tradizionale non silenziato. Ne consegue l'importanza di monitorare le prestazioni acustiche del disco durante la sua intera vita operativa al fine di verificare più in dettaglio il fenomeno sopra indicato.

## **COSTI/BENEFICI**

Il maggior costo da sostenere per l'acquisto di dischi silenziati è dell'ordine del 25-30% rispetto a quelli tradizionali non silenziati. In termini monetari, per l'acquisto di un disco con diametro di 350 mm, silenziato tipo SW, il costo aggiuntivo è di circa 30-35 euro, rispetto all'acquisto del corrispondente non silenziato. Nel caso dei dischi con diametro di 1200 mm, il maggior costo d'acquisto del disco silenziato "tipo A" rispetto al tradizionale non silenziato è di circa 300 euro.

A fronte di tali costi aggiuntivi, peraltro contenuti, si ottengono sensibili benefici complessivi anche di natura economica.

Si sottolinea, infatti, come nella configurazione sperimentale esaminata l'uso di un disco piuttosto che un altro, a parità di tempo di esposizione, comporti adempimenti assai diversi ai fini della protezione uditiva del lavoratore, sulla base del superamento o meno dei limiti stabiliti dal D. Lgs. 277/91.

Occorre tenere presente, inoltre, che ad una riduzione dei livelli di esposizione corrisponde, in termini statistici, una riduzione della probabilità di sviluppare nel tempo un danno uditivo, con conseguente riduzione dei costi aziendali e sociali connessi all'insorgenza di malattie professionali.

A titolo d'esempio si riporta una stima di prima approssimazione sulla probabile riduzione, in termini statistici, della percentuale di ipoacusie e di alcuni costi connessi, a seguito di un intervento del tipo di quello illustrato. Sulla base della ISO 1999/90 implementata nel software RUMORS (INAIL - Ing. Stefano Casini), è stata stimata la riduzione percentuale di popolazione a rischio d'ipoacusia nel caso che il livello personale,  $L_{EP}$ , scenda da 90 dB(A) a 85 dB(A), con una riduzione di -5 dB, ipotesi cautelativa realisticamente ottenibile con l'adozione del taglio silenziato per il caso in esame. Considerata una popolazione di sesso maschile esposta per un periodo di 30 anni, fino all'età di 65 anni, utilizzando il criterio INAIL di Danno Biologico Indennizzabile (DM 12 luglio 2000) si ottiene che la percentuale di popolazione che riporterà un danno uditivo si abbassa del 6%. Il settore lapideo-estrattivo del Lazio occupa circa 4.000 dipendenti, di cui gli addetti alle lavorazioni di taglio in argomento (reparti laboratorio e tagliablocchi) costituiscono circa il 30% del totale, come verificato su varie aziende monitorate nell'ambito del presente studio. I lavoratori esposti sono quantificabili, quindi, in circa in 1200 unità. Si può stimare, pertanto, in termini di probabilità statistica futura una riduzione di circa 70 casi di ipoacusia impiegando le tecnologie del taglio silenziato. In termini economici ciò comporterebbe una riduzione di costi per indennizzo sostenuti dall'INAIL, quindi dalla collettività, quantificabili approssimativamente in oltre 450.000 euro, su una spesa di circa 550.000 euro prevedibile in assenza d'intervento di mitigazione acustica (dati riportati in Tabella 5).



**Tabella 5 – Stima della probabile riduzione dei casi di ipoacusia e dei conseguenti costi sociali (prestazioni INAIL), ottenibile con l'adozione del taglio silenziato.**

<b>N° ADDETTI AL TAGLIO</b>		<b>1200</b>		
<b>Rischio di danno (in %) dovuto all'esposizione al rumore</b>		<b>N° casi ipoacusia</b>	<b>Danno %</b>	<b>Costo sostenuto dall'INAIL per l'indennizzo (Euro)</b>
<b>Esposizione:</b>	90,0 dBA per 30 anni			
<b>Età:</b>	65			
<b>Sesso:</b>	M			
<b>Criterio:</b>	<b>Danno biologico indennizzabile</b>			
<b>% di popolazione a rischio causato all'esposizione a rumore:</b>	<b>8%</b>	<b>96</b>	<b>10</b>	<b>545.378</b>
<hr/>				
<b>Rischio di danno (in %) dovuto all'esposizione al rumore</b>		<b>N° casi ipoacusia</b>	<b>Danno %</b>	<b>Costo sostenuto dall'INAIL per l'indennizzo (Euro)</b>
<b>Esposizione:</b>	85,0 dBA per 30 anni			
<b>Età:</b>	65			
<b>Sesso:</b>	M			
<b>Criterio:</b>	<b>Danno biologico indennizzabile</b>			
<b>% di popolazione a rischio causato all'esposizione a rumore:</b>	<b>2%</b>	<b>24</b>	<b>7</b>	<b>81.125</b>
<hr/>				
<b>Riduzione del rischio di danno (in %) a seguito dell'intervento di buona pratica</b>		<b>Riduzione di casi ipoacusia (N°)</b>	<b>Danno %</b>	<b>Riduzione di costo sostenuto dall'INAIL per l'indennizzo (Euro)</b>
<b>Riduzione % di popolazione a rischio causato all'esposizione a rumore:</b>	<b>6%</b>	<b>72</b>		<b>464.253</b>

Includendo in una valutazione di questo tipo gli altri comparti del settore, quali quelli delle province di Carrara, Trento, Verona e quelli presenti in Puglia e Sardegna, si otterrebbero sicuramente cifre di significativo impatto nazionale.

È importante ricordare, inoltre, che l'ipoacusia è una malattia grave ed invalidante, solo in minima parte recuperabile con le protesi acustiche, scarsamente efficaci in presenza di danni acustici di tipo neurosensoriale, tipici delle ipoacusie professionali, e che, pertanto, i benefici devono essere valutati anche, e soprattutto, dal punto di vista del benessere sociale dell'individuo.