



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

---

**Corso di Laurea triennale in Ingegneria Civile e Ambientale (L-7)**

**Utilizzo dell'indagine fonometrica di tipo dosimetrico in compiti lavorativi  
associati ad elevata mobilità**

**Use of personal exposure noise survey in highly mobile work tasks**

**Relatrice:**

**Prof.ssa Maria Letizia Ruello**

**Tesi di Laurea di:**

**Dario Girimonte**

**Matricola n° 1041425**

**Correlatore:**

**Dott. Roberto Arcaleni**

**A.A. 2019 / 2020**

*Ai miei Genitori,  
a Monica,  
a me stesso*

## Sommario

Introduzione .....	4
Lo standard ISO .....	6
L'errore delle misure.....	15
Il metodo “dosimetrico” .....	19
Le misure.....	25
Conclusioni .....	64
Bibliografia .....	66
Ringraziamenti .....	68

## Introduzione

La valutazione del rischio uditivo da rumore industriale presenta tutta una serie di difficoltà che spesso nella pratica sembrano insormontabili.

Tra tutte spicca l'entità dell'errore legato al posizionamento del microfono. È di tutta evidenza come una collocazione del trasduttore meccanico/elettrico troppo vicino al corpo del lavoratore introduca un'interferenza dovuta all'effetto schermante del tronco o, a distanza ravvicinata, la possibilità di effetto risonante del torace. Nelle mansioni connotate da un'elevata mobilità fisica o organizzativa (il passaggio da un compito all'altro) il problema del corretto posizionamento del microfono diviene particolarmente rilevante. Lo standard ISO 9612:2011 ritiene di poter quantificare questo tipo di errore nel valore di 1 dB(A), ma lo fa «*sulla base di dati empirici*»<sup>1</sup>.

Un'altra criticità della fonometria in ambito lavorativo è costituita dalla registrazione per tutti i compiti che compongono ciascuna mansione. Questi possono essere molti, di durata variabile, in ragione della varietà dei prodotti, e svolti in punti diversi per le già citate mansioni svolte con elevata mobilità fisica.

D'altro canto, la sempre più estesa automazione ha trasformato le mansioni “storiche” dell'industria, in compiti che prevedono il controllo di linee automatiche. Nella conduzione/controllo di quest'ultime, la mobilità del lavoratore tra un punto e l'altro della linea conduce ad un rumore spiccatamente oscillante.

La pratica rivela che oggi negli ambienti di lavoro è routinario il riscontro di fonometrie che si associano ad incertezze anche superiori ad 1,5 dB(A)<sup>2</sup>.

L'unica soluzione possibile per ridurre l'entità di questa incertezza, che, considerato che quella in dB è una scala logaritmica, finisce col superare il  $\pm 60\%$ , è la misura fonica condotta con un fonometro integratore indossato dal lavoratore, con il microfono posizionato ad una distanza di 12-13 cm da un meato acustico esterno.

Questa metodica, ideata ed applicata dal Correlatore di questa tesi sin dal 1996<sup>3</sup>, è stata poi oggetto di studi pubblicati<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> UNI EN ISO 9612:2011 “Acustica - Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro - Metodo tecnico progettuale”, <http://store.uni.com/catalogo/uni-en-iso-9612-2011> ;

<sup>2</sup> UNI EN ISO 9612:2011 ;

<sup>3</sup> Causa n. 262/02 “Riconoscimento malattia professionale per ipoacusia da rumore del 3.6.1999” depositata presso il Tribunale di Ancona, Sezione Lavoro, a cui il Correlatore ha preso parte come CTU ;

<sup>4</sup> “La valutazione dell'esposizione professionale al rumore: procedure, errore di misura, criterio di decisione”, Atzeri S. e Cocco P.L., in “La Medicina del Lavoro”, Med Lav 2004; 95, 3: 198-210; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15293376/> ;

Essa è stata suffragata dallo specifico “Documento Linee Guida della Società Italiana di Medicina del Lavoro ed Igiene Industriale” (oggi Società Italiana di Medicina del Lavoro) pubblicato nel 2003<sup>5</sup>.

L'accuratezza di questo tipo di misura è tale da eliminare ogni incertezza legata al posizionamento del microfono ed all'analisi dei compiti.

In applicazione del criterio prudenziale irrinunciabile in Igiene industriale, l'azienda scelta per questo studio è stata indagata nelle sue mansioni e nei singoli compiti che le compongono, non considerando le pause fisiologiche (che in genere gli analisti del lavoro fanno ammontare a circa il 10% del tempo lavorativo, in aggiunta alle pause contrattuali, se previste).

L'elevatissima varietà di lavorazioni svolte nell'azienda scelta per questo studio, l'assenza di una loro periodicità, rendono questa fabbrica di strutture e profilati di alluminio e acciaio particolarmente attagliata ad una dimostrazione dell'efficacia di questa tecnica di misura.

Il Correlatore,

**Dott. ROBERTO ARCALENI**

Specialista in Medicina del Lavoro

Autorizzato alla Radioprotezione

Specialista in Igiene e Med. Preventiva – Or. Laboratorio

Full Member of American Industrial Hygiene Association

Società Italiana di Ergonomia

Associazione Italiana di Radioprotezione Medica

---

<sup>5</sup> “Documento Linee Guida Rumore”, Società Italiana di Medicina del Lavoro (precedentemente anche di Igiene Industriale), edizioni 2003 e 2008 ;

## Lo standard ISO

La determinazione del rumore ambientale e del rischio a esso correlato sono regolamentate in Italia dal **D. Lgs. N. 81 del 2008** (altresì chiamato **Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro**) e nello specifico dal **Titolo VIII Capo I e Capo II**.

Esso si fonda anche su delle norme tecniche, che ricordiamo essere, come definito nel decreto stesso:

*«norma tecnica»: specifica tecnica, approvata e pubblicata da un'organizzazione internazionale, da un organismo europeo o da un organismo nazionale di normalizzazione, la cui osservanza non sia obbligatoria<sup>6</sup>.*

Tali norme tecniche, d'ora in poi abbreviate in N.T., pubblicate da enti sovranazionali e nazionali come la **International Organization for Standardization**, la **European Committee for Standardization** e l'**Ente Italiano di Normazione** meglio conosciuti rispettivamente come **ISO**, **EN** e **UNI** in materia di rumore che riguardano il nostro caso di studio "*Utilizzo dell'indagine fonometrica di tipo dosimetrico in compiti lavorativi ad elevata mobilità*" sono:

- UNI EN ISO 9612:2011 "Acustica - Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro - Metodo tecnico progettuale"<sup>7</sup>;
- UNI 9432:2011 "Acustica - Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro"<sup>8</sup>.

Le due N.T., aggiornate ed entrate in vigore nel 2011 e complementari, sono particolarmente importanti per la nostra indagine perché trattano la determinazione del livello di esposizione al rumore, descrivendo inoltre dei metodi tecnici per la gestione delle incertezze delle misure.

Esse sono il fondamento di due documenti "LINEE GUIDA per la valutazione del rischio rumore"<sup>9</sup> e "LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE"<sup>10</sup> negli ambienti di lavoro, redatti o aggiornati rispettivamente dall'**Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL)**

---

<sup>6</sup> Articolo 2, comma 1, lettera u, D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, "TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO", Rev. Marzo 2011, pag. 3: [https://www.portaleagentifisici.it/DOCUMENTI/Dlgs\\_81\\_2008.pdf?lg=IT](https://www.portaleagentifisici.it/DOCUMENTI/Dlgs_81_2008.pdf?lg=IT) ;

<sup>7</sup> UNI EN ISO 9612:2011 "Acustica - Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro - Metodo tecnico progettuale", <http://store.uni.com/catalogo/uni-en-iso-9612-2011> ;

<sup>8</sup> UNI 9432:2011 "Acustica - Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro", <http://store.uni.com/catalogo/uni-9432-2011> ;

<sup>9</sup> "LINEE GUIDA per la valutazione del rischio rumore", ISPESL, 2005: [http://spp.unich.it/linee\\_guide/rumore.pdf](http://spp.unich.it/linee_guide/rumore.pdf) ;

<sup>10</sup> "LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE", INAIL, 2015: [https://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/DOCUMENTAZIONE/rumore\\_documentazione/La%20valutazione%20del%20rischio%20rumore.pdf?lg=IT](https://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/DOCUMENTAZIONE/rumore_documentazione/La%20valutazione%20del%20rischio%20rumore.pdf?lg=IT) ;

nel 2005 e dall'**Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL)** nel 2015.

Tali documenti erano, nel caso di quello dell'ISPESL, e sono, per quello dell'INAIL che dal 2010 ha assunto anche le funzioni del primo istituto, dei manuali pratici che raccolgono ed esplicano norme tecniche, buone pratiche e linee guida, entrambe definite anche nel D. Lgs. 81/2008:

*«**buone prassi**»: soluzioni organizzative o procedurali coerenti con la normativa vigente e con le norme di buona tecnica, adottate volontariamente e finalizzate a promuovere la salute e sicurezza sui luoghi di lavoro attraverso la riduzione dei rischi e il miglioramento delle condizioni di lavoro, elaborate e raccolte dalle Regioni, dall'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro (ISPESL), dall'Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro (INAIL) [...] che provvede a assicurarne la più ampia diffusione»<sup>11</sup> e «**linee guida**»: atti di indirizzo e coordinamento per l'applicazione della normativa in materia di salute e sicurezza predisposti dai ministeri, dalle regioni, dall'ISPESL e dall'INAIL [...]»<sup>12</sup>.*

Analizziamo nello specifico le N.T., partendo dalla UNI EN ISO 9612:2011 “Acustica - Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro - Metodo tecnico progettuale”<sup>13</sup>. Tale norma, entrata in vigore il 3 marzo 2011 e che recepisce le ISO 9612:2009 e EN ISO 9612:2009 e sostituisce la ISO 9612:1997, è strutturata nel seguente modo<sup>14</sup> (evidenziando col grassetto le parti di nostro maggior interesse):

- Introduzione
- 15 capitoli così intitolati
  1. Scopo
  2. Riferimenti normativi
  3. Termini e definizioni
  4. Simboli
  5. Strumentazione
  6. Metodologia – Passi cronologici
  7. Analisi del lavoro
  8. Selezione delle strategie di misurazione
  - 9. Strategia 1 – Misurazione basata sui compiti**

---

<sup>11</sup> Articolo 2, comma 1, lettera v, D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, “TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO”, Rev. Marzo 2011, pag.3 ;

<sup>12</sup> Articolo 2, comma 1, lettera z, D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, “TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO”, Rev. Marzo 2011, pag.3 ;

<sup>13</sup> UNI EN ISO 9612:2011, <http://store.uni.com/catalogo/uni-en-iso-9612-2011> ;

<sup>14</sup> UNI EN ISO 9612:2011, pag. III, <http://store.uni.com/catalogo/uni-en-iso-9612-2011> ;

10. Strategia 2 – Misurazione basata sulle mansioni
  11. Strategia 3 – Misurazione a giornata intera
  12. Misurazioni
  13. Fonti di incertezze
  14. Calcolo dell'incertezze di misura e presentazione dei risultati finali
  15. Informazioni da riportare
- 6 appendici
    - A. Appendice A (informativa) Esempio di una checklist che assicuri che gli episodi significativi di rumore siano misurati durante l'analisi del lavoro
    - B. Appendice B (informativa) Guida alla selezione di una strategia di misura
    - C. **Appendice C (normativa) Valutazione delle incertezze di misura**
    - D. **Appendice D (informativa) Un esempio riportante il calcolo del livello di esposizione giornaliera al rumore usando la misurazione basata sui compiti**
    - E. Appendice E (informativa) Un esempio riportante il calcolo del livello di esposizione giornaliera al rumore usando la misurazione basata sulle mansioni
    - F. Appendice F (informativa) Un esempio riportante il calcolo del livello di esposizione giornaliera al rumore usando la misurazione a giornata intera
  - Bibliografia

Il sommario riportato nella pagina ufficiale della norma<sup>15</sup> riporta: <<**Sommario:** *La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese e italiana della norma europea EN ISO 9612 (edizione aprile 2009). La norma descrive un metodo tecnico progettuale per la misurazione dell'esposizione al rumore dei lavoratori nell'ambiente di lavoro e il calcolo del livello di esposizione sonora. Ai fini della legislazione vigente, la norma è da considerarsi complementare alla UNI 9432 la quale, avendo degli argomenti sovrapposti, è stata opportunamente revisionata. Rispetto alla UNI 9432:2008, elaborata specificatamente a supporto della legislazione nazionale vigente, la norma: - richiede un impiego superiore di tempo per le misurazioni per calcolare il livello di esposizione personale al rumore del lavoratore - le procedure per il calcolo dell'incertezza differiscono, richiedendo l'inserimento di un maggior numero di misurazioni e di parametri, a parità di condizioni. - la trattazione dell'esposizione dei gruppi omogenei di lavoratori non tiene conto del carattere individuale dell'esposizione.>>*

---

<sup>15</sup> UNI EN ISO 9612:2011 "Acustica - Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro - Metodo tecnico progettuale", <http://store.uni.com/catalogo/uni-en-iso-9612-2011> ;

Come si evince da queste righe di sintesi, la 9612 nella sua concezione aggiornata è stata pensata per essere applicata contestualmente alla 9432 aggiornata nello stesso anno (il 2011).

Infatti, la UNI 9432:2011 “Acustica - Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell’ambiente di lavoro”, che sostituisce la versione del 2008 ed è entrata in vigore il 3 marzo 2011, presenta nel suo sommario<sup>16</sup> una simile spiegazione: «**Sommario:** *La norma, revisione della UNI 9432:2008, è stata necessaria per l’emanazione della UNI EN ISO 9612 che è parallela ad essa. Entrambe sono finalizzate a valutare i livelli di esposizione giornaliera, settimanale e di picco utilizzabili per gli adempimenti previsti dalla legislazione vigente. La norma si applica a tutti gli ambienti di lavoro, ad esclusione di quelli per cui sono previste normative specifiche. La nuova UNI 9432, rispetto alla UNI EN ISO 9612, contiene puntualizzazioni in merito a particolari problemi, alcuni metodi semplificati per la valutazione dei livelli sonori di esposizione (utili per ridurre i tempi di misurazione e di calcolo, garantendo comunque l’affidabilità del risultato), i criteri di valutazione di aspetti non descritti nella UNI EN ISO 9612, e in specifico: - dei metodi di calcolo della protezione offerta dai DPI uditivi ed alla loro efficacia nelle situazioni reali di utilizzo; - un metodo per valutare il superamento o meno delle soglie previste dalla legislazione vigente. La norma rimanda alla UNI EN ISO 9612 per gli argomenti comuni.»*

La struttura della UNI 9432:2011 è la seguente<sup>17</sup> (evidenziando col grassetto le parti di nostro maggior interesse):

- Premessa
- 6 capitoli così intitolati
  1. Scopo e Campo di applicazione
  2. Riferimenti normativi
  3. Termini e definizioni
  4. Strumentazione
  5. Misurazione dei livelli sonori
  6. Relazione tecnica
- 5 appendici
  - A. Appendice A (informativa) Esposizione al rumore a lungo termine
  - B. Appendice B (informativa) Valutazione dell’incertezza sul livello di esposizione a lungo termine e sul livello sonoro di picco
  - C. Appendice C (normativa) Valutazione dei DPI uditivi

---

<sup>16</sup> UNI 9432:2011, <http://store.uni.com/catalogo/uni-9432-2011> ;

<sup>17</sup> UNI 9432:2011 ;

- D. Appendice D (informativa) Un esempio riportante il calcolo del livello di esposizione giornaliera al rumore usando la misurazione basata sui compiti
- E. Appendice E (informativa) Un esempio riportante il calcolo del livello di esposizione giornaliera al rumore usando la misurazione basata sulle mansioni
- F. Appendice F (informativa) Un esempio riportante il calcolo del livello di esposizione giornaliera al rumore usando la misurazione a giornata intera

- Bibliografia

Come si può notare dal titolo dei capitoli e dai sommari di entrambe le norme, molte informazioni e indicazioni sono condivise e soprattutto complementari alla 9612:2011, come indicano del resto le linee guida dell'INAIL<sup>18</sup>.

Le indicazioni comuni alle 9432 e 9612 riguardano ad esempio la strumentazione da utilizzare:

Quella ammessa per effettuare le misurazioni si divide in fonometri integratori e dosimetri (quest'ultimi in genere non integratori), che devono rispettare i requisiti delle classi 1 o 2 della norma CEI EN 61672-1:2014 ed essere conformi anche alla CEI EN 61252/A1:2001.

La differenza tra i due tipi di strumentazione sta nella posizione del microfono. Le norme consigliano di effettuare le misurazioni in assenza del lavoratore, montando il fonometro su un treppiede in corrispondenza dell'orecchio più sollecitato dell'operatore, a circa 1,50 m di altezza se il lavoro si svolge in piedi, a 0,80 m se svolto da seduto. Qualora non fosse possibile effettuare le misurazioni in assenza del lavoratore, si consiglia di tenere il microfono a circa 0,10 m di distanza dal canale uditivo.

Parleremo approfonditamente della strumentazione da utilizzare per l'indagine fonometrica nel capitolo "Il metodo dosimetrico".

Come si può dedurre, una misurazione eseguita col metodo sopra indicato presuppone che il lavoratore stia fermo durante tutta l'attività lavorativa. Tale situazione però non è affatto la più comune, anzi spesso al lavoratore sono affidati più macchinari o più compiti e questo lo porta a spostarsi. In questo caso l'effettuazione delle misure richiede una reale rappresentatività, quindi si deve prima effettuare una scrupolosa analisi del lavoro raccogliendo informazioni sulle mansioni e i relativi compiti parlando coi lavoratori stessi e con il/i responsabili di produzione. L'analisi del lavoro serve per scegliere i corretti «*punti campione*»<sup>19</sup> che includano tutte le posizioni ricoperte

---

<sup>18</sup> "LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE", INAIL, 2015, pagg. 22-23-24 :

[https://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/DOCUMENTAZIONE/rumore\\_documentazione/La%20valutazione%20del%20rischio%20rumore.pdf?lg=IT](https://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/DOCUMENTAZIONE/rumore_documentazione/La%20valutazione%20del%20rischio%20rumore.pdf?lg=IT) ;

<sup>19</sup> "La valutazione dell'esposizione professionale al rumore: procedure, errore di misura, criterio di decisione", Atzeri S., Cocco P.L., in "La Medicina del Lavoro", Med Lav 2004; 95, 3: 198-210; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15293376/> ;

durante i compiti e tempi di misura che siano congrui al fine di valutare l'esposizione al rumore dei lavoratori.

Una misurazione per punti campione, cioè per postazioni fissi, non è però la migliore scelta in caso di compiti lavorativi associati ad elevata mobilità, come evidenziato dal Correlatore<sup>20</sup> e da altri esperti<sup>21</sup>, perché non rappresenta la reale esposizione al rumore di un lavoratore, per questo si è sviluppato il “metodo dosimetrico” (o “campionamento personale”) di cui parleremo nel dettaglio nel capitolo riportante lo stesso titolo.

Una volta scelto il metodo di misura, sia esso per punti campione o a campionamento personale, l'analisi del lavoro non può prescindere dalla necessità di adattare il metodo al tipo di attività lavorativa.

A tale scopo le N.T.<sup>22</sup> e le linee guida<sup>23-24</sup> descrivono tre strategie di misura da selezionare «in base al modello di lavoro analizzato»:

- **«Strategia 1, misurazioni basate sui compiti:** *il lavoro svolto durante la giornata è analizzato e suddiviso in un numero di compiti rappresentativi, per ogni determinato compito si eseguono separatamente le misure di livello di pressione sonora. [Tale strategia] è consigliata per postazioni di lavoro fisse con compito unico o semplice, postazioni di lavoro fisse con molteplici o complicati compiti, oppure per lavoratore in movimento con un ridotto numero di compiti prevedibili»;*
- *«Strategia 2, misurazioni basate sulle mansioni: mediante campionatura casuale si ottengono delle misure di livello di pressione sonora durante l'esecuzione di determinate mansioni. È consigliata per lavoratore stazionario o in movimento con vari compiti con durate non specificate, o per lavoratore stazionario o in movimento con nessun compito assegnato»;*
- *«Strategia 3, misurazioni a giornata intera: il livello di pressione sonora è determinato continuativamente nell'arco completo di una o più giornate lavorative. È consigliata per lavoratore in movimento con un elevato numero di compiti o modalità di lavoro complesso prevedibili, o per lavoratore con modalità di lavoro imprevedibile.»<sup>25</sup>*

---

<sup>20</sup> Si veda ad esempio la causa n. 262/02 “Riconoscimento malattia professionale per ipoacusia da rumore del 3.6.1999” depositata presso il Tribunale di Ancona, Sezione Lavoro, a cui il Correlatore ha preso parte come CTU ;

<sup>21</sup> “La valutazione dell'esposizione professionale al rumore: procedure, errore di misura, criterio di decisione”, Atzeri S., Cocco P.L., in “La Medicina del Lavoro”, Med Lav 2004; 95, 3: 198-210 ;

<sup>22</sup> UNI EN ISO 9612:2011 ;

<sup>23</sup> Linee Guida Valutazione Rischio Rumore, INAIL, 2015 ;

<sup>24</sup> Linee Guida Valutazione e Rischio Rumore, AUSL Piacenza, 2011 ;

<sup>25</sup> Linee Guida Valutazione Rischio Rumore, INAIL, 2015 ;

Ricordiamo le definizioni, contenute nel punto 3 della UNI EN ISO 9612<sup>26</sup>, di alcuni termini spesso citati:

- <<”**Giornata lavorativa normale**”>>: *giornata di lavoro nell’arco della quale si determina l’esposizione al rumore*>>;
- <<”**Compito**”>>: *(rumore professionale) una parte distinta dell’insieme delle attività svolte dal lavoratore*>>;
- <<”**Mansione**”>>: *(rumore professionale) somma complessiva delle attività svolte dal lavoratore; consiste nell’insieme dei compiti svolti durante l’arco completo della giornata lavorativa di un turno*>>.

Per l’indagine fonometrica di tipo dosimetrico da noi condotta, avendo a che fare con compiti lavorativi ad elevata mobilità abbiamo scelto di utilizzare la “Strategia 1, misurazioni basate sui compiti” e quindi sfruttando le peculiarità di questo tipo di misurazione, abbiamo ridotto o reso trascurabili gli errori di misura e le incertezze legate alla misurazione, come vedremo meglio nel capitolo seguente “L’errore delle misure”.

Parlando proprio della “Strategia 1, misurazioni basate sui compiti”, le linee guida elaborate dalla AUSL Piacenza sintetizzano con una tabella<sup>27</sup>:

DURATA	Rumore Costante e ripetibile	Almeno 5 minuti o per tutto il compito	
	Rumore ciclico	Almeno 5 minuti e almeno tre cicli	
	Rumore fluttuante	Misurazione rappresentativa dell’intero compito	
NUMERO	Per tutte le tipologie di rumore	Tre misurazioni per compito in tempi diversi o su diversi lavoratori	Accettabili con differenze < 3 dB
STRUMENTAZIONE	Fonometro Integratore	Per compiti singoli o multipli in postazioni di lavoro fisse	
	Dosimetro	Per misure di lungo periodo	

<sup>26</sup> Punto 3, UNI EN ISO 9612:2011 ;

<sup>27</sup> Pag. 20, Linee Guida, AUSL Piacenza, 2011 ;

Anche in questo caso, dato che vengono citate le diverse tipologie di rumore, ricordiamo le definizioni fornite dalle N.T. e riprese dalle linee guida, nello specifico da quelle del 2015 pubblicate dall'INAIL<sup>28</sup>:

- «**”Rumore costante”**: rumore avente durata maggiore di 1 s, caratterizzato da una differenza fra il massimo e il minimo di  $L_{Aeq(slow)}$  minore di 3 dB(A) (es.: macchine ad asportazione di truciolo).»;
- «**”Rumore ciclico”**: rumore che si ripete sempre con le stesse caratteristiche, ad intervalli di tempo uguali e maggiori del secondo (es.: macchine a moto alternativo, lavorazioni di laminazione, ecc.).»;
- «**”Rumore fluttuante”**: rumore avente durata maggiore di 1 s e con variabilità di  $L_{Aeq(slow)}$  maggiore di 3 dB(A) allo strumento di misurazione con filtro di ponderazione A e costante di tempo “slow” (es.: motoseghe, passaggio di automobili, ecc.).»;
- «**”Rumore impulsivo”**: rumore caratterizzato da una ripida crescita e da un rapido decadimento del livello sonoro, avente durata minore o uguale a 1 s, e generalmente ripetuto ad intervalli (es.: lavorazioni di martello, esplosioni, ecc.) e  $L_{Aeq, I} - L_{Aeq} \geq 3$  dB(A)<sup>29</sup>.».

La “**Strategia 1, misurazioni basate sui compiti**” come visto sopra, prevede che la giornata lavorativa nominale tipica del lavoratore venga suddivisa in “i-esimi” compiti e si ricavino varie informazioni dalle misurazioni effettuate sui suddetti compiti.<sup>30</sup>

Per ogni “i-esimo” compito si misurano il livello sonoro equivalente ponderato A,  $L_{Aeq, i}$ , e il livello sonoro di picco ponderato C,  $L_{Cpk, i}$ .

La norma prevederebbe un minimo di 3 misurazioni per ogni compito. Ciò però non tiene conto della validità del “metodo dosimetrico” che misura in continuo e “personalmente”, quindi nei nostri successivi calcoli abbiamo tralasciato il calcolo del livello sonoro equivalente ponderato A medio per gli “i-esimi” compiti. Lo stesso discorso per la durata dello “i-esimo” compito, avendo eseguito una sola, continua e personale misurazione per ogni compito.

---

<sup>28</sup> Pag. 25-26, Linee Guida, INAIL, 2015 ;

<sup>29</sup> Punto 3.9, UNI 9432:2011 ;

<sup>30</sup> Pag. 28-29-30, Linee Guida, INAIL, 2015 ;

Per ogni giornata lavorativa si calcola il livello di esposizione giornaliera al rumore del singolo lavoratore, considerando i compiti totali, secondo la formula:

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[ \sum_1^i \frac{\bar{T}_i}{T_{8h}} 10^{0,1 L_{Aeq,i}} \right]$$

dove:

- $L_{Aeq,i}$  è il livello sonoro continuo equivalente ponderato A del compito “i-esimo”;
- $T_i$  (medio) è la media aritmetica delle durate del compito “i-esimo”;
- $T_{8h}$  è la durata di riferimento della giornata lavorativa nominale, pari a 8 ore.

N.B.: Nel nostro caso, come già ricordato, la durata  $T_i$  media corrisponde alla durata  $T$  del compito i-esimo.

La durata di riferimento della giornata lavorativa invece, è stata ridotta del 10% per tener conto delle pause<sup>31</sup>, quindi a 7,2h e la chiamiamo  $T_e$ .

Le formule relative alle incertezze delle misurazioni le tratteremo ampiamente nel capitolo successivo “L’errore delle misure”.

---

<sup>31</sup> Vedi introduzione del Correlatore ;

## L'errore delle misure

La misurazione dell'esposizione al rumore e la valutazione del possibile rischio, così come descritta dalle normative<sup>32-33-34-35</sup> e dai numerosi documenti con "linee guida"<sup>36-37-38</sup> per l'applicazione delle prime, richiede di considerare un grande numero di fattori che possono portare a errori sistematici e a incertezze di misura, in quanto indagini effettuate nei luoghi di lavoro e non in ambienti ideali come i laboratori.

Le norme UNI EN ISO 9612:2011, UNI 9432:2011 e le linee guida sulla valutazione del rischio rumore redatte dall'INAIL nel 2015 e dall'AUSL di Piacenza nel 2011, se correttamente osservate, possono evitare questi errori perché esplicitano la procedura standardizzata<sup>39</sup> da seguire:

- *«Rispettare la posizione corretta del microfono»;*
- *«Evitare i falsi contributi (urti o getti d'aria nel microfono), proteggendo il microfono con un dispositivo antivento o togliendo dal registro della misurazione eventuali artefatti (questa operazione deve essere indicata e giustificata nella relazione di misura)»;*
- *«Controllare attraverso un'attenta analisi del lavoro di aver ricompreso nella misurazione tutti gli eventi acustici significativi».*

Le incertezze delle misure invece, *«qualificando l'effetto aleatorio delle fluttuazioni relative al processo di misura»*<sup>40</sup>, devono essere trattate con le differenti modalità descritte dalla N.T. 9612:2011 (e dalla 9432:2011 per l'incertezza sul livello di picco).

Specificatamente la N.T. 9612:2011 tiene conto di quattro contributi più significativi all'incertezza<sup>41-42</sup>, che sono:

1. *«**Incertezza sul livello di rumore**: variazioni sul lavoro quotidiano, condizioni operative, incertezze nel campionamento e (tutto ciò che) dipende dalla complessità della situazione lavorativa.»;*
2. *«**Incertezza sulla durata di ogni compito**: variazioni nell'esecuzione dei compiti, con durata variabile e di difficile determinazione.»;*

---

<sup>32</sup> Articolo 194, comma 4, D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, "TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO", Rev. Marzo 2011, pag.90 ;

<sup>33</sup> Punto 14, norma UNI EN ISO 9612:2011 ;

<sup>34</sup> Appendice C, UNI EN ISO 9612:2011 ;

<sup>35</sup> Appendice B. 3, UNI 9432:2011 ;

<sup>36</sup> Linee Guida, INAIL, 2015 ;

<sup>37</sup> Linee Guida, AUSL Piacenza, 2011 ;

<sup>38</sup> Documento Incertezza, Mondelli per AssoAcustici, 2015 ;

<sup>39</sup> Linee Guida, AUSL Piacenza, 2011 ;

<sup>40</sup> Linee Guida, AUSL Piacenza, 2011 ;

<sup>41</sup> Documento Incertezza, Mondelli per AssoAcustici, 2015 ;

<sup>42</sup> Pag. 24, Linee Guida, AUSL Piacenza, 2011 ;

3. <<**Incertezza strumentale**: è relativa alla strumentazione e alla calibrazione, dipende dal tipo di strumento utilizzato e dalla sua classe di precisione.>> Nel nostro caso di studio, avendo utilizzato un fonometro conforme alla classe 1 della norma IEC 61672-1:2002, l'incertezza standard è pari a 0,7 dB;
4. <<**Incertezza relativa al posizionamento del microfono**: è dovuta agli effetti di schermo e riflessione creati dal corpo dell'operatore. È in genere posta pari a 1 dB e si basa su dati empirici.>> **Nel nostro caso di studio, poiché usiamo il metodo “dosimetrico” tramite un fonometro integratore, la consideriamo trascurabile.**

Tali contributi assumono valori differenti in base alle 3 diverse strategie di misurazione (per compiti, per mansioni, a giornata intera) adottabili descritte nella 9612:2011 e descritte nel capitolo “Lo standard ISO”.

Nel nostro caso di studio, avendo scelto di adottare la **strategia di misurazione per compiti** i contributi dell'incertezza sono i seguenti, come riportato nelle linee guida INAIL<sup>43-44</sup>:

- *Incertezza estesa del livello di esposizione al rumore ponderato A e normalizzato ad una giornata lavorativa di 8 ore,  $L_{EX, 8h}$  è data da:*

$$U(L_{EX,8h}) = k u(L_{EX,8h})$$

*Pertanto, nella pratica, al fine di dimostrare la conformità ai valori di azione e al valore limite di esposizione stabiliti dalla normativa vigente, il confronto con detti valori avviene utilizzando per il livello di esposizione giornaliera  $L_{EX, 8h}$ , l'estremo superiore del livello monolaterale corrispondente ad un livello di confidenza del 95%:*

$$L'_{EX,8h} = L_{EX,8h} + U(L_{EX,8h})$$

*dove:*

- $U(L_{EX, 8h}) = [k u(L_{EX, 8h})]$  è l'incertezza estesa sul livello di esposizione giornaliera;
- $u(L_{EX, 8h})$  è l'incertezza combinata standard sul livello di esposizione giornaliera;
- $k = 1,65$  è un fattore di copertura, funzione dell'intervallo unilaterale di confidenza del 95%.

---

<sup>43</sup> UNI EN ISO 9612:2011 ;

<sup>44</sup> Linee guida, INAIL, 2015 ;

Per la “Strategia 1, misurazioni basate sui compiti”, l’incertezza combinata standard è:

$$u(L_{EX,8h}) = \sqrt{\sum_1^i \left[ c_{1a,i}^2 (u_{1a,i}^2 + u_{2,i}^2 + u_{3,i}^2) + (c_{1b,i} u_{1b,i})^2 \right]}$$

dove:

- $c_{1a,i}$  è il coefficiente di sensibilità:  $c_{1a,i} = \frac{T_i}{T_e} 10^{0,1(L_{Aeq,i} - L_{EX,8h})}$ ,

in cui

- $T_i$  è la durata del compito  $i$ -esimo;
- $T_e$  è il tempo di riferimento pari a 7,2 ore;
- $L_{Aeq,i}$  è il livello sonoro continuo equivalente ponderato A del compito  $i$ -esimo;
- $L_{EX,8h}$  è il livello di esposizione giornaliera a rumore.

- $u_{1a,i}$  è l’incertezza standard dovuta al campionamento del livello di rumore del compito  $i$ -esimo:

$$u_{1a,i} = \sqrt{\frac{1}{i(i-1)} \left[ \sum_1^i (L_{Aeq,i} - \bar{L}_{Aeq,i})^2 \right]}$$

in cui:

- $i$  è il numero totale dei campioni e anche l’indice numerico **nel nostro caso**;
- $L_{Aeq,i}$  è il livello sonoro continuo equivalente ponderato A del campione  $i$ ;
- $\bar{L}_{Aeq,i}$  (medio) è la media aritmetica di un numero  $i$  di livelli sonori continui equivalenti ponderati A misurati per il compito  $i$ -esimo:  $\bar{L}_{Aeq,i} = \frac{1}{i} \sum_1^i L_{Aeq,i}$ .

- $u_{2,i}$  è l’incertezza standard dovuta alla strumentazione usata per la misura dei compiti: tale valore è funzione della conformità normativa della strumentazione utilizzata e si ricava tramite la seguente tabella:

Tipo di strumentazione	Incetezza standard dB
Fonometro conforme alla IEC 61672-1:2002, classe 1	0,7
Misuratore personale dell’esposizione sonora conforme alla IEC 61252	1,5
Fonometro conforme alla IEC 61672-1:2002, class 2	1,5

- $u_3$  è l'incertezza standard dovuta alla posizione della strumentazione: si basa su dati empirici ed è posta pari ad 1. **Nel nostro caso, considerate le fonti a sostegno del metodo “dosimetrico”, la riteniamo trascurabile.**<sup>45-46-47</sup>

- $c_{1b,i}$  è il coefficiente di sensibilità:  $c_{1b,i} = 4,34 \frac{c_{1a}}{T_i}$ ,

in cui:

- $c_{1a,i}$  è il coefficiente di sensibilità (calcolato così come riportato nei passaggi precedenti);
  - $T_i$  è la durata del compito  $i$ -esimo considerato.
- $u_{1b,i}$  è l'incertezza standard dovuta alla durata dei compiti  $i$ -esimi ed è calcolata in base alle durate misurate mediante misurazioni indipendenti:

$$u_{1b,i} = \sqrt{\frac{1}{i(i-1)} [\sum_1^i (T_i - \bar{T}_i)^2]}$$

in cui:

- $i$  è il numero totale di osservazioni durata dei compiti (**nel nostro caso 1 osservazione per compito**);
- $T_i$  è la durata del compito  $i$ -esimo relativo all'osservazione  $i$ -esima;
- $\bar{T}_i$  (media) è la media delle durate del compito  $i$ -esimo considerato relativa alle osservazioni totali.

Il contributo  $c_{1b,i} u_{1b,i}$  dovuto all'incertezza rispetto alla durata dei compiti, è preso in considerazione per quei compiti la cui durata è variabile ed è stata ottenuta come media di un numero  $i$  di osservazioni.

Notiamo che nei nostri calcoli le incertezze standard dovute ai campionamenti e alla durata dei compiti  $i$ -esimi risultano trascurabili, perché avendo adottato il metodo “dosimetrico”, abbiamo eseguito una sola, continua e personale misurazione per ogni compito e quindi queste incertezze, che come si riconosce dalle stesse formule altro non sono che deviazioni standard (anche dette scarti quadratici medi), sono nulle.

<sup>45</sup> Vedi introduzione del Correlatore Dottor Arcaleni ;

<sup>46</sup> Vedi causa 262/02 presso Trib. Ancona Sez. Lavoro in cui il Correlatore Arcaleni ha preso parte come CTU ;

<sup>47</sup> Atzeri e Cocco, in “La Medicina del Lavoro”, 2004, vedi note precedenti ;

## Il metodo “dosimetrico”

Le N.T. 9612:2011<sup>48</sup> e 9432:2011<sup>49</sup>, le Linee Guida INAIL<sup>50</sup> e AUSL Piacenza<sup>51</sup>, il documento dell’OMS<sup>52</sup> e altri vari studi pubblicati su riviste di Medicina del Lavoro, di Igiene Industriale o di Ingegneria Acustica, illustrano due metodi di misurazione:

- la procedura indiretta<sup>53</sup> che consiste nel porre, al posto del lavoratore, un fonometro montato su un treppiede a circa 150 cm dal suolo e misurare l’esposizione sonora per punti fissi (a volte chiamati anche punti campione<sup>54</sup>) e per tempi di misura che abbiano una durata almeno pari a quella del fenomeno che si analizza. Questa procedura presuppone una scrupolosissima raccolta di informazioni tra i lavoratori o i responsabili di produzione per poter scegliere i punti campione più rappresentativi e i tempi di misura che descrivano interamente almeno un ciclo produttivo;
- il metodo “dosimetrico” (anche detto campionamento personale<sup>55</sup>) che descriviamo sotto e che già dal nome esprime il legame tra lavoratore e strumento di misura.

Il metodo “dosimetrico”, nella sua formulazione “classica” descritta dalle N.T. 9612:2011, 9432:2011 e dalle linee guida diffuse dall’INAIL o dai Servizi Sanitari Regionali<sup>56</sup>, consiste nell’uso di misuratori personali dell’esposizione sonora (anche detti “dosimetri”, da qui il nome del metodo) fissati sulla persona *«nei casi in cui non sia possibile misurare l’esposizione di un lavoratore con un fonometro, ad esempio, quando il rumore da valutare presenta caratteristiche di variabilità ed imprevedibilità, oppure quando non è possibile effettuare una fonometria con un fonometro portato a mano [...]»*<sup>57</sup>.

Essi devono essere conformi alle norme CEI EN 61252/A1:2001 e CEI EN 61672-1:2014 per rispettare i requisiti della classe 1 o 2, la stessa dei fonometri integratori che applicano al segnale una delle curve di ponderazione A o C; le buone pratiche consigliano difatti l’uso di dosimetri in *classe 1: fonometro per misure da laboratorio o sul campo in condizioni acustiche definite*.

---

<sup>48</sup> UNI EN ISO 9612:2011 ;

<sup>49</sup> UNI 9432:2011 ;

<sup>50</sup> Linee Guida, INAIL, 2015 ;

<sup>51</sup> Linee Guida, AUSL Piacenza, 2011 ;

<sup>52</sup> Documento OMS sul rumore in ambiente lavorativo, capitolo 6 ;

<sup>53</sup> Atzeri e Cocco, Medicina del lavoro, 2004, volume 3 anno di pubblicazione 95;

<sup>54</sup> Atzeri e Cocco, Medicina del lavoro, 2004, volume 3 anno di pubblicazione 95;

<sup>55</sup> Atzeri e Cocco, Medicina del lavoro, 2004, volume 3 anno di pubblicazione 95;

<sup>56</sup> “Linee guida per l’applicazione del D. Lgs. 81/08 n. 09: Misurazione dell’esposizione e valutazione del rischio rumore Titolo VIII Capo II D. Lgs 81/08”, S.S.R. Emilia-Romagna, A.U.S.L. di Piacenza, Arcari e AA.VV., giugno 2011 ;

<sup>57</sup> “LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE”, INAIL, 2015:

[https://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/DOCUMENTAZIONE/rumore\\_documentazione/La%20valutazione%20del%20rischio%20rumore.pdf?lg=IT](https://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/DOCUMENTAZIONE/rumore_documentazione/La%20valutazione%20del%20rischio%20rumore.pdf?lg=IT) ;

Questo perché per i dosimetri è comune fungere da strumenti che diano la misura istantanea del rumore, mentre per poter essere usati in una misurazione del rumore ai fini della valutazione del rischio, dovrebbero almeno essere in grado di analizzare e registrare la sequenza cronologica del rumore misurato.

Essenziale è inoltre la presenza dei calibratori, rispettanti la norma CEI EN 60942:2003, «*per mantenere la sensibilità acustica del complesso microfono-fonometro stabile nel tempo*»<sup>58</sup> cioè per effettuare una periodica calibrazione, mentre la taratura periodica è raccomandata dagli stessi produttori di fonometri almeno ogni due anni o dopo eventi traumatici riguardanti la strumentazione.

Il metodo “dosimetrico”, come elaborato dal Correlatore il Dottor Roberto Arcaleni a partire dal 1996 e da pochissimi altri professionisti in Italia<sup>59</sup>, è un’evoluzione del suddetto metodo.

Tale evoluzione del metodo dosimetrico sta nell’uso di un fonometro integratore di classe 1, rispondente cioè alla norma suddetta CEI EN 61672-1:2014, come se fosse un dosimetro, usandolo quindi come un “misuratore personale di esposizione”.

Lo strumento è portato a spalla con l’ausilio di una sacca opportunamente modificata e con un cavo prolunga da 5 m che si collega al preamplificatore e al microfono protetto da uno schermo antivento e fissato sul caschetto del lavoratore dal lato dell’orecchio destro (nel nostro caso la scelta dell’orecchio analizzato è libera e arbitraria), ad una distanza di circa 10 cm dall’apertura del canale uditivo.

L’elmetto, con calotta esterna in polietilene e omologazione EN-357, presenta un supporto per il sostegno del preamplificatore e del microfono, posizionabile in corrispondenza dell’orecchio destro o sinistro all’occorrenza. Tale sostegno è in alluminio, in modo che sia rigido abbastanza per sostenere il peso della parte ricettiva dello strumento e al contempo flessibile per poterne regolare la distanza dal meato acustico esterno. Per evitare fenomeni di risonanza e di vibrazione che si potrebbero verificare nel nudo alluminio, tale supporto è rivestito di pelle, che è un materiale privo di caratteristiche foniche e termina con un anello in fibra sintetica dove effettivamente si infila il preamplificatore col microfono montato sulla punta.

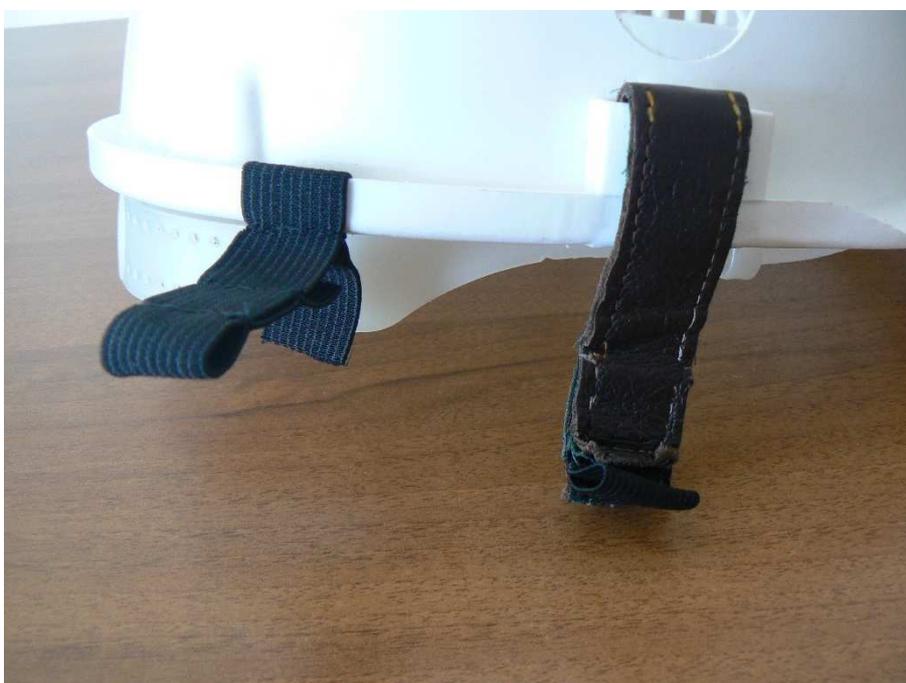
---

<sup>58</sup> Manuale, Rev. 4.4, del Fonometro HD2110L della Delta OHM, pag. 68 ;

<sup>59</sup> “La valutazione dell’esposizione professionale al rumore: procedure, errore di misura, criterio di decisione”, Atzeri S. e Cocco P.L., in “La Medicina del Lavoro”, Med Lav 2004; 95, 3: 198-210 ;



*Figura 1 - Caschetto in PE, omologato EN-357, con supporti per preamplificatore e microfono*



*Figura 2 - Particolare del supporto in alluminio rivestito di pelle per azzerare le caratteristiche foniche*



*Figura 3 - Sacca per portare a spalla il fonometro*

Lo strumento usato è un Fonometro Integratore di Classe 1 e Analizzatore di Spettro, modello HD2110L e prodotto dalla Delta OHM di Caselle di Selvazzano (PD), che permette di effettuare sia l'analisi statistica campionando il livello sonoro  $L_{eq}$  e  $L_{pk}$  con ponderazioni A e C, sia l'analisi spettrale in tempo reale per bande d'ottava.



*Figura 4 - Fonometro Integratore HD2110L della Delta OHM con preamplificatore e microfono montati (foto tratta dal Manuale d'uso, Rev. 4.4)*



*Figura 5 - Corpo del fonometro*

Le altre componenti dello strumento degne di nota sono il microfono, prodotto dalla PCB Piezotronics e il calibratore.



*Figura 6 - A sinistra il microfono 377B02 della PCB Piezotronics con numero seriale 315807, a destra l'antivento in spugna e il preamplificatore HD2110PEL della Delta OHM con numero seriale 19030404*

Il calibratore usato per la calibrazione acustica effettuata antecedentemente alle misurazioni è un Sound Calibrator Type 4231 94 et 114 dB SPL – 1000 Hz n. 3021904 della Brüel et Kjaer che

rispetta le norme IEC 60492:2003 per la classe 1 e la classe LS e ANSI S 1.40-2006, fornito con il fonometro stesso. Qualora non si disponga di un calibratore, è possibile compiere una calibrazione elettrica per quanto non sia raccomandata se non <per tenere sotto controllo le derive dello strumento>><sup>60</sup>.



Figura 7 - Calibratore acustico Sound Calibrator Type 4231 della Brüel & Kjær

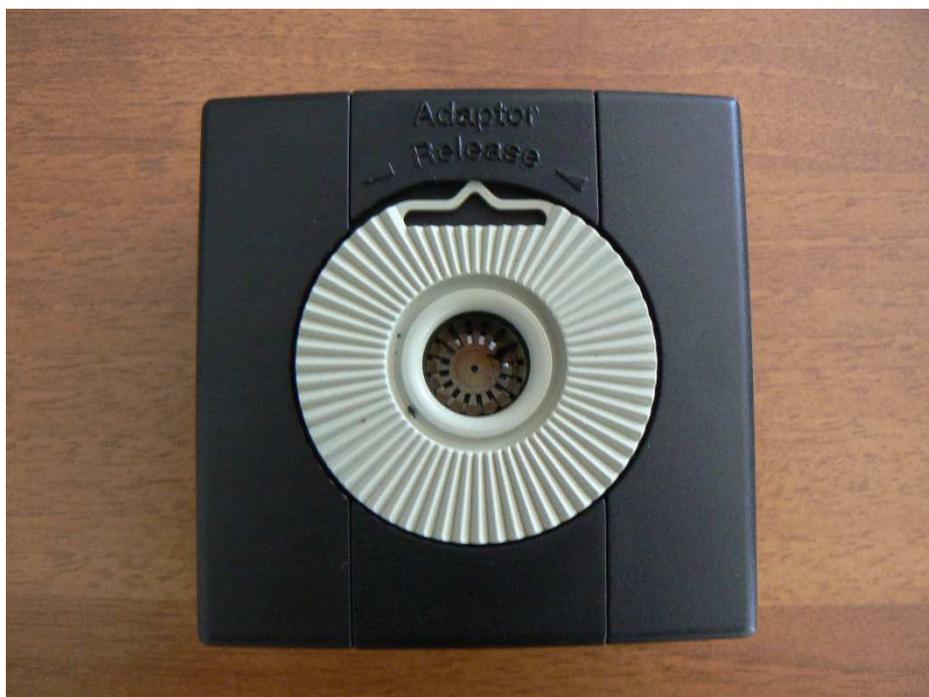


Figura 8 - Alloggiamento microfono (una volta montato sul preamplificatore collegati al fonometro) per la calibrazione acustica

<sup>60</sup> Manuale, Rev. 4.4, del Fonometro HD2110L della Delta OHM, pag. 66 ;

## Le misure

L'azienda presso cui si è svolta l'indagine fonometrica di tipo dosimetrico, la GM Meccanica s.r.l. di Montelupone (MC), in attività da oltre vent'anni, si occupa di carpenteria metallica e di lavorazioni meccaniche come la deformazione a controllo numerico e a raggio variabile, la curvatura, calandratura e lo stampaggio di tubi e profili in genere.<sup>61</sup>

La ditta ha 31 dipendenti e l'orario di lavoro di 8 ore giornaliere, per tutti i reparti, è distribuito dalle 7:30 alle 12:00 e dalle 13:30 alle 17:00.

Solo il reparto verniciatura ha una distribuzione differente delle 8 ore lavorative, dalle 6:00 alle 15:30, con pausa dalle 12:00 alle 13:30.

L'indagine fonometrica è stata suddivisa in due giornate, 25 e 27 agosto 2020, per circa 120 minuti nel primo giorno e circa 74 minuti durante il secondo giorno, per un totale di 194 minuti che corrispondono a 3 ore e 14 minuti.

Le misurazioni effettuate sono state 16, ricoprenti a volte un singolo compito (corrispondente magari alla mansione) e altre volte una intera mansione (includente quindi più compiti).

Come prescritto dalle N.T., si è prima provveduto a reperire informazioni sull'attività lavorativa svolta dai lavoratori, tramite un colloquio con alcuni di loro e con il responsabile della produzione, così da adottare una strategia di misurazione che fosse la più rappresentativa possibile del lavoro svolto giornalmente per le varie tipologie di operai e di mansioni.

Le indicazioni della 9432:2011, della 9612:2011 e delle varie linee guida INAIL e AUSL Piacenza, hanno suggerito l'adozione di una strategia basata sui compiti, eseguendo delle misurazioni significative per ogni compito per poi rapportarle a una tipica giornata lavorativa di 8 ore.<sup>62</sup>

L'analisi del lavoro ha evidenziato delle caratteristiche generali più o meno comuni a tutti i lavoratori sottoposti ad indagine dosimetrica:

1. elevata mobilità;
2. differenti macchinari e utensili con differenti emissioni sonore;
3. concomitanza di più lavorazioni;
4. grande variazione nei compiti giornalieri;

---

<sup>61</sup> GM Meccanica s.r.l., sito ufficiale: <http://www.gmmeccanica.com/> ;

<sup>62</sup> "La valutazione del rischio rumore", INAIL, edizione 2015, pag. 79 ;

I suddetti punti determinano grandi variazioni nei livelli di pressione sonora continua e di picco, perché un lavoratore può passare da locali con compiti assegnati come l'apposizione di etichette adesive che equivalgono a livelli di rumore  $L_{Aeq}$  pari a circa 62-64 dB a locali contigui in cui lo stesso operaio ha come compito il taglio di alcuni segmenti di tubi con una sega a disco e quindi con punte di  $L_{Aeq}$  superiori a 93 dB.

Una considerazione fondamentale comune a tutte le misurazioni, è che si è proceduto cautelativamente non effettuando misurazioni durante le pause tecniche e fisiologiche o gli spostamenti (a volte anche superiori ai 50 metri dovendo passare da un capannone all'altro per un diverso compito) e facendo misurazioni anche di macchinari e lavorazioni che si eseguono raramente o per un ridotto numero di ore a settimana.

Questo significa che è stato appositamente richiesto ai lavoratori di svolgere il compito "peggiore" dal punto di vista del rumore, nonostante l'effettiva superfluità per l'attività lavorativa prevista per quel giorno (il 25 o il 27 agosto 2020, a seconda della mansione o del compito).

Presentiamo i lavoratori analizzati e le loro mansioni, comprensive di più compiti misurati singolarmente o misurati continuativamente e poi estrapolate dalle registrazioni e dalle informazioni sull'attività lavorativa.

Una prima tabella serve per evidenziare le 16 misurazioni effettuate e i singoli elementi come la data e l'orario, la durata o i livelli medi di pressione sonora equivalente e di picco.

Nella tabella, seguendo le N.T. e le linee guida, si usano le parole "compito", singola attività lavorativa, e "mansione", insieme dei compiti di un lavoratore.

Per tali definizioni e se corrispondenti alle informazioni raccolte con l'analisi delle attività lavorative, un lavoratore che esegua un solo compito durante la misurazione (e quindi durante la sua giornata lavorativa) generalmente vedrà riconosciuto quel compito come mansione. Si vedano come esempio la misura "GMM4" e "GMM16".

Al contrario la "GMM6", rappresenta l'eccezione, cioè il lavoratore che avendo più compiti per la propria mansione, è stato registrato durante l'esecuzione di un solo compito; le mansioni (insieme di più compiti e quindi di più misurazioni di livelli sonori) saranno analizzate nel dettaglio nelle pagine seguenti.

Le planimetrie nelle pagine successive chiariranno la divisione delle mansioni in compiti svolti con macchinari e attrezzi anche a distanze considerevoli tra loro (si veda la mansione 2, il cui compito 2.7 prevede addirittura di spostarsi in un nuovo stabile, attraversando una strada aperta al traffico).

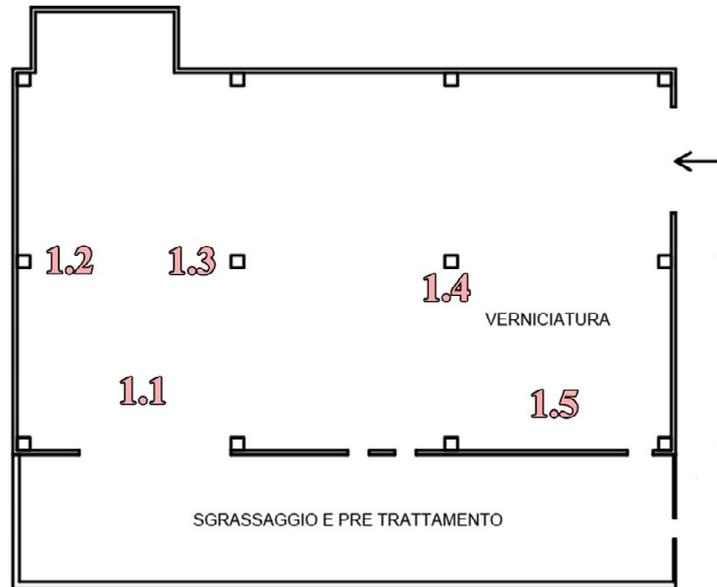
Nella stessa tabella sono presenti i valori medi (calcolati con Excel applicando la funzione “MEDIA” sulle misure che il fonometro integra ogni 0,5 secondi) di  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  e i valori massimi di  $L_{Cpk}$  per ogni misura (calcolati applicando la funzione “MAX” di Excel ai valori di  $L_{Cpk}$ ).

Mansioni (evidenziate con colori diversi) e numero dei relativi compiti	Nome misura (e nome descrittivo dei compiti, con codice collegato alla mansione)	Data e ora di inizio della misura	Durata misura (s) e percentuali su una giornata lavorativa tipica	$L_{Aeq}$ medio dei compiti (dB)	$L_{Cpk}$ medio dei compiti (dB)	$L_{Cpk}$ massimo dei compiti (dB)	Numero dei compiti per ogni misurazione
<b>Mansione 1 (5 Compiti totali)</b>	GMM1	25/08/2020 10:18	1224,0 (50%)	77,7	95,3	117,3	<b>3 Compiti</b>
	1.1, Gestione binario		85%	77,2	95,3	117,3	
	1.2, Molatura		7,5%	80,7	97,0	110,7	
	1.3, Lucidatura		7,5%	80,6	94,5	107,2	
	GMM2	25/08/2020 10:42	64,5 (50%)	78,9	97,9	99,9	<b>2 Compiti</b>
	1.4, Verniciatura robotizzata		75%	78,6	97,7	99,7	
1.5, Verniciatura manuale		25%	79,7	98,3	99,9		
<b>Mansione 2 (7 Compiti totali)</b>	GMM3	25/08/2020 10:53	654,0 (20%)	81,4	93,3	125,4	<b>3 Compiti</b>
	2.1, Brossatura		33%	73,7	90,5	112,1	
	2.2, Saldatura		33%	85,1	95,7	125,4	
	2.3, Carteggiatura		33%	85,3	93,6	114,1	
<b>Mansione 3 (1 Compito totale)</b>	GMM4	25/08/2020 11:22	796,5 (100%)	87,0	93,1	119,4	<b>1 Compito</b>
	3.1, Controllo CL3 e pulizia con aria compressa		100%	^	^	^	
<b>Mansione 4 (1 Compito totali)</b>	GMM5	25/08/2020 11:41	510,5 (100%)	85,8	92,6	122,4	<b>1 Compito</b>
	4.1, Controllo CL1 + CL4 e brevi rifiniture (< 30 s) con mola fissa		100%	^	^	^	

Mansioni (evidenziate con colori diversi) e numero dei relativi compiti	Nome misura (e nome descrittivo dei compiti, con codice collegato alla mansione)	Data e ora di inizio della misura	Durata misura (s) e percentuali su una giornata lavorativa tipica	L <sub>Aeq</sub> medio dei compiti (dB)	L <sub>Cpk</sub> medio dei compiti (dB)	L <sub>Cpk</sub> massimo dei compiti (dB)	Numero dei compiti per ogni misurazione
<b>Mansione 2 (7 Compiti totali)</b>	GMM6	25/08/2020 15:04	520,0 (20%)	75,2	94,4	118,8	<b>1 Compito</b>
	2.4, Tagliatrice		100%	^	^	^	
	GMM7	25/08/2020 15:17	617,5 (20%)	80,8	91,6	118,6	<b>1 Compito</b>
	2.5, Presse ad aria compressa		100%	^	^	^	
	GMM8	25/08/2020 15:36	802,0 (20%)	81,2	96,1	131,5	<b>1 Compito</b>
2.6, Granigliatura con decalaminatrice		100%	^	^	^		
<b>Mansione 5 (5 Compiti totali)</b>	GMM9	25/08/2020 16:01	261,5 (20%)	64,1	77,5	98,7	<b>1 Compito</b>
	5.1, Pre-assemblaggio piccoli componenti		100%	^	^	^	
	GMM10	25/08/2020 16:07	283,0 (20%)	62,0	76,7	101	<b>1 Compito</b>
	5.2, Apposizione etichette		100%	^	^	^	
	GMM11	25/08/2020 16:37	587,5 (20%)	83,5	93,8	117,7	<b>1 Compito</b>
	5.3, Scantonatrice		100%	^	^	^	
	GMM12	25/08/2020 16:49	449,0 (20%)	83,6	94,5	117,2	<b>1 Compito</b>
	5.4, Sega a disco automatica a doppia testa		100%	^	^	^	
	GMM13	25/08/2020 16:58	329,5 (20%)	93,9	102,1	125,6	<b>1 Compito</b>
5.5, Sega a disco fissa manuale a una testa		100%	^	^	^		

Mansioni (evidenziate con colori diversi) e numero dei relativi compiti	Nome misura (e nome descrittivo dei compiti, con codice collegato alla mansione)	Data e ora di inizio della misura	Durata misura (s) e percentuali su una giornata lavorativa tipica	L <sub>Aeq</sub> medio dei compiti (dB)	L <sub>Cpk</sub> medio dei compiti (dB)	L <sub>Cpk</sub> massimo dei compiti (dB)	Numero dei compiti per ogni misurazione
<b>Mansione 6 (4 Compiti totali)</b>	GMM14	27/08/2020 10:09	2629,0 (100%)	81,5	91,1	131,8	<b>4 Compiti</b>
	6.1, Piegatubi automatica $\varnothing 52$ e brevi tagli di tubi con sega a disco		25%	79,5	90,9	131,8	
	6.2, Piegatubi automatica $\varnothing 80$		25%	83,6	89,2	110,1	
	6.3, Piegatubi automatica $\varnothing 25-30$		25%	82,8	90,5	114,2	
	6.4, Due troncatrici in contemporanea		25%	82,4	92,6	120,2	
<b>Mansione 2 (7 Compiti totali)</b>	GMM15	27/08/2020 11:00	1172,5 (20%)	88,7	102,6	121,8	<b>1 Compito</b>
	2.7, Molatura telai		100%	^	^	^	
<b>Mansione 7 (1 Compito totale)</b>	GMM16	27/08/2020 11:25	633,5 (100%)	76,0	90,4	114,6	<b>1 Compito</b>
	7.1, Controllo saldatura robotizzata		100%	^	^	^	

Di seguito vi sono le planimetrie dell'azienda, in cui abbiamo riportato le posizioni delle mansioni e dei relativi compiti svolti dai lavoratori (ringraziamo la GM Meccanica per la concessione):



- 1.1** Gestione binario
- 1.2** Molatura
- 1.3** Lucidatura
- 1.4** Verniciatura robotizzata
- 1.5** Verniciatura manuale

*Figura 9 – Stabile Principale, Piano Interrato, Scala 1:100, Reparto Verniciatura, Mansione 1*

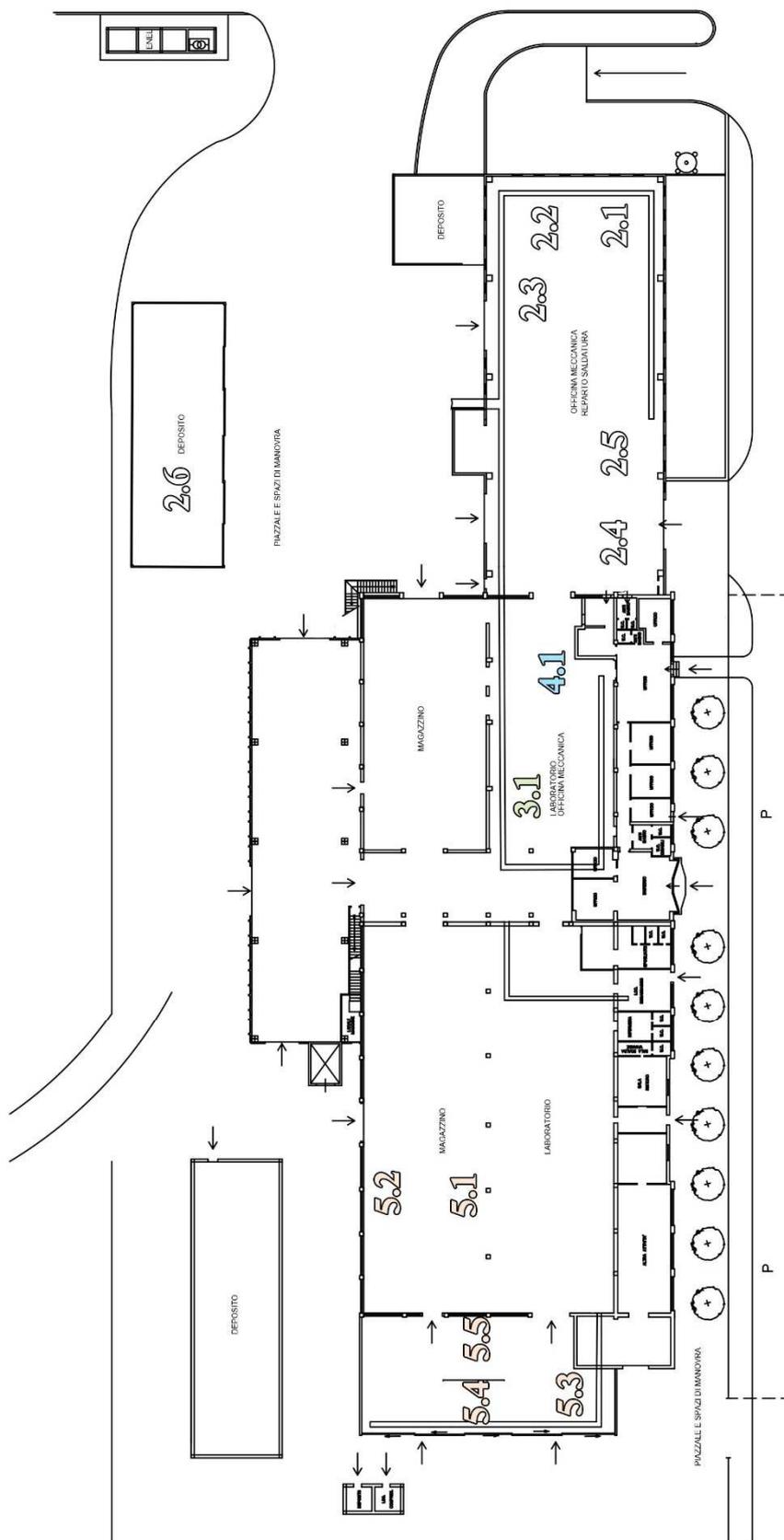
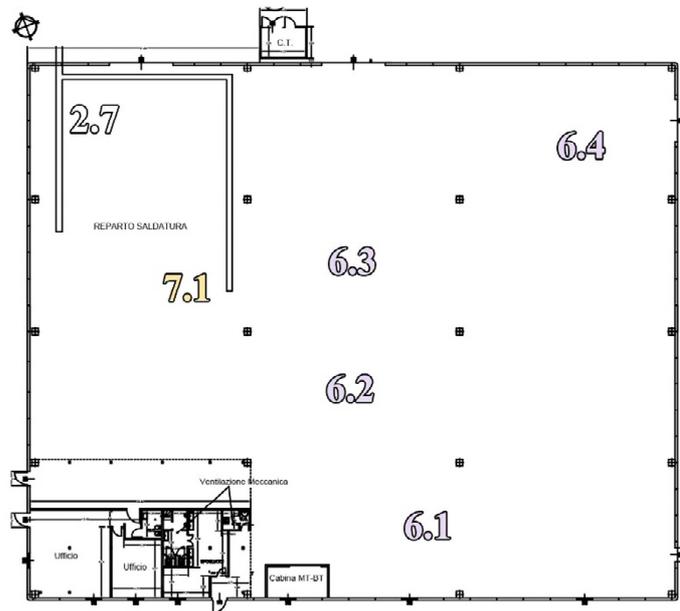


Figura 10 - Stabile Principale, Piano Terra, Scala 1:200,  
 Reparti Officina Meccanica - Magazzino - Saldatura - Taglio, Mansioni 2 - 3 - 4 - 5

- |                     |                   |                       |                        |
|---------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|
| 2.1 Brossatura      | 3.1 Controllo CL3 | 4.1 Controllo CL1+CL4 | 5.1 Pre-assemblaggio   |
| 2.2 Saldatura       |                   |                       | 5.2 Etichettatura      |
| 2.3 Carteggiatura   |                   |                       | 5.3 Scantonatrice      |
| 2.4 Tagliatrice     |                   |                       | 5.4 Seg a doppio disco |
| 2.5 Presse          |                   |                       | 5.5 Seg a disco        |
| 2.6 Decalaminatrice |                   |                       |                        |



2.7 Molatura

6.1 Piegatubi  $\varnothing 52$

7.1 Saldatura robotizzata

6.2 Piegatubi  $\varnothing 80$

6.3 Piegatubi  $\varnothing 25-30$

6.4 Troncatrici

Figura 11 - Stabile Nuovo, Piano Terra, Scala 1:100, Reparto Piegatura e Taglio tubi - Saldatura, Mansioni 2 - 6 - 7

Analizziamo adesso nel dettaglio le mansioni e i compiti di cui abbiamo misurato i livelli sonori.

Reparto Verniciatura, misure “GMM1” e “GMM2”;

Mansione 1 divisa in 5 compiti definiti a cui si alternano 2 lavoratori:

Mansioni (evidenziate con colori diversi) e numero dei relativi compiti	Nome misura (e nome descrittivo dei compiti, con codice collegato alla mansione)	Data e ora di inizio della misura	Durata misura (s) e percentuali su una giornata lavorativa tipica	L <sub>Aeq</sub> medio dei compiti (dB)	L <sub>Cpk</sub> medio dei compiti (dB)	L <sub>Cpk</sub> massimo dei compiti (dB)	Numero dei compiti per ogni misurazione
<b>Mansione 1 (5 Compiti totali)</b>	<b>GMM1</b>	25/08/2020 10:18	1224,0 (50%)	77,7	95,3	117,3	<b>3 Compiti</b>
	1.1, Gestione binario		85%	77,2	95,3	117,3	
	1.2, Molatura		7,5%	80,7	97,0	110,7	
	1.3, Lucidatura		7,5%	80,6	94,5	107,2	
	<b>GMM2</b>	25/08/2020 10:42	64,5 (50%)	78,9	97,9	99,9	<b>2 Compiti</b>
	1.4, Verniciatura robotizzata		75%	78,6	97,7	99,7	
	1.5, Verniciatura manuale		25%	79,7	98,3	99,9	

Nella misurazione “GMM1” abbiamo registrato i livelli di rumore del lavoratore i cui compiti sono la gestione dei supporti, dei tubi, dei raccordi, ecc. prodotti in altri reparti, che egli pone sospesi ad un binario al soffitto ed effettua, quando necessario, operazioni di molatura e lucidatura.

Questi compiti si effettuano in contemporanea a quelli relativi al contiguo reparto verniciatura vero e proprio (misura “GMM2”).

Nella misura “GMM2” il lavoratore è addetto alla verniciatura dei prodotti finiti, in un locale separato ma compreso nella zona in cui opera anche “GMM1” e la effettua in due modi, uno che opera in continuo attraverso la verniciatura robotizzata, l’altro in modalità manuale, tramite una pistola a pressione con aria compressa, che il lavoratore usa in caso di pezzi dalle forme complesse quindi più raramente.

I due lavoratori si possono anche scambiare i compiti in base all’occorrenza dell’attività lavorativa prevista e tra di loro vi sono frequenti contatti e quindi molti spostamenti che attenuano il livello di pressione sonora, perciò possiamo considerare “GMM1” e “GMM2” una sola mansione formata da 5 compiti (o due macro-compiti “GMM1: pre-verniciatura” e “GMM2: verniciatura”).

Poiché le due misurazioni sono state effettuate in modo continuativo e sono nello stesso reparto “verniciatura”, cautelativamente si è calcolata la media dei livelli sonori ponderati secondo A e secondo C, per questo abbiamo un  $L_{Aeq}$  medio e un  $L_{Cpk}$  medio per ogni “macro compito”.

Al valore medio  $L_{Aeq}$  di ogni compito applichiamo le formule dell’esposizione giornaliera  $L_{ex,8h}$  e dell’incertezza totale standard da applicarvi, con tutte le incertezze e i livelli sonori richiesti per effettuare questi calcoli, esattamente come descritto nei capitoli “Lo standard ISO” e “L’errore delle misure”.

Per l’esposizione giornaliera, dovendo considerare una giornata lavorativa di 8 ore, si è effettuata una stima, basandosi sulle informazioni fornite dai lavoratori riguardo alla probabilità di effettuare tali compiti durante una **tipica giornata lavorativa**.

Considerato quanto scritto dal Correlatore, il Dott. Arcaleni, in una giornata di 8 ore di lavoro, se il 10% di questo tempo è da considerarsi “pause fisiologiche”<sup>63</sup>, allora il tempo effettivo  $T_e$  di lavoro è dato da:

$$T_e = 8h - 10\% \cong 7,2h \text{ (in formato decimale)}$$

Questo tempo effettivo  $T_e$  possiamo considerarlo valevole per tutte le mansioni e considerarlo come la durata di riferimento della giornata lavorativa nominale di 8 ore.

Il livello di esposizione giornaliera al rumore  $L_{EX, 8h (M-1)}$  per la mansione 1 quindi è dato:

$$L_{EX,8h (M-1)} = 10 \log \left[ \sum_{c=1}^5 \frac{T_{c-iesimo}}{7,2} 10^{0,1L_{Aeq,c-iesimo}} \right] = 78,4 \text{ dB(A)}$$

I contributi delle singole incertezze sono dati da:

$$\text{coefficiente di sensibilità: } c_{1a,1} = \frac{T_{c,i}}{7,2} 10^{0,1(L_{Aeq,i} - L_{EX,8h})}$$

$$\text{coefficiente di sensibilità: } c_{1b,1} = 4,34 \frac{c_{1a,1}}{T_{c,i}}$$

*incertezza standard dovuta al campionamento:*

$$u_{1a,i} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \left[ \sum_{c=1}^n (L_{Aeq,i} - \bar{L}_{Aeq,1})^2 \right]} \cong 0$$

<sup>63</sup> Vedi Introduzione del Correlatore Dott. Arcaleni ;

*incertezza standard dovuta alla durata:*

$$u_{1b,i} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \left[ \sum_{c=1}^n (T_{c,i} - \bar{T}_{c,1})^2 \right]} \cong 0$$

N.B.: Nel nostro caso la  $u_{1a,i}$  si annulla perché avendo usato un fonometro integratore come misuratore personale di esposizione sonora, seguendo il metodo “dosimetrico”, è stata eseguita una sola misurazione ( $n = 1$ ) continua per ogni compito, quindi il livello sonoro continuo equivalente ponderato A della misura  $L_{Aeq,i}$  corrisponde alla media aritmetica del numero (nel nostro caso 1) di livelli sonori continui equivalenti ponderati A misurati per il compito i-esimo.

Lo stesso vale la  $u_{1b,i}$ , perché la durata del compito 1.i-esimo considerato relativa alla singola osservazione effettuata  $T_{c,i}$  è pari alla media delle durate del compito 1.i-esimo considerato relativa alle osservazioni totali ( $n = 1$ )  $\bar{T}_{c,1}$ ;

*incertezze standard dovuta alla strumentazione:  $u_{2,1} = 0,7 \text{ dB(A)}$*

L'uso di un fonometro integratore di classe 1, conforme alla CEI EN 61672-1:2014, comporta una incertezza stabilita dalla norma 9612:2011 pari a 0,7 dB.<sup>64</sup>

*incertezza standard dovuta alla posizione del microfono:  $u_3 = 0$*

**Tale incertezza, che in genere vale 1,0 dB e che si basa su dati empirici<sup>65</sup>, la assumiamo trascurabile grazie all'uso del metodo dosimetrico, come scritto nell'introduzione.<sup>66</sup>**

*incertezza combinata standard sul livello di esposizione giornaliera:*

$$u(L_{EX,8h}) = \sqrt{\sum_{c=1}^5 \left[ c_{1a,i}^2 (u_{1a,i}^2 + u_{2,i}^2 + u_3^2) + (c_{1b,i} u_{1b,i})^2 \right]} = [dB(A)]$$

<sup>64</sup> UNI EN ISO 9612:2011;

<sup>65</sup> UNI EN ISO 9612:2011;

<sup>66</sup> Vedi Introduzione del Correlatore e articolo Atzeri-Cocco in “La Medicina del Lavoro”, anno 2004, volume 3 ;

incertezza estesa sul livello di esposizione giornaliera:

$$U(L_{EX,8h}) = [k u(L_{EX,8h})] = [dB(A)]$$

con  $k = 1,65$  che è il fattore di copertura,  
funzione dell'intervallo unilaterale di confidenza del 95%.

Dopo aver calcolato l'incertezza estesa sul livello di esposizione giornaliera  $U(L_{EX, 8h})$  e  $L_{EX, 8h}$ , per determinare la conformità del livello di esposizione giornaliera al rumore ai valori di azione e al valore limite di esposizione stabiliti dal D. Lgs. 81/2008, si utilizza l'estremo superiore dell'intervallo monolaterale corrispondente ad un livello di confidenza del 95% di  $L_{EX, 8h}$ :

$$L'_{EX,8h} = L_{EX,8h} + U(L_{EX,8h}) = dB(A)$$

$$L'_{EX,8h} = 78,4 + 0,63 = 79,03 \text{ dB(A)}$$

I valori relativi agli i-esimi compiti, usati nel e per il calcolo delle incertezze e dell'esposizione giornaliera, sono contenuti nella sottostante tabella:

Mansione 1 – Reparto Verniciatura										
Compito	T <sub>c, i</sub> %	T <sub>c, i</sub> (h)	L <sub>Aeq</sub> (dB)	L <sub>Cpk max</sub> (dB)	c <sub>1a, i</sub>	c <sub>1b, i</sub>	u <sub>1a, i</sub> (dBA)	u <sub>1b, i</sub> (dBA)	u <sub>2, i</sub> (dBA)	u <sub>3</sub> (dBA)
1.1	42,5	3,06	77,2	117,3	0,32	0,45	0	0	0,7	0
1.2	3,75	0,27	80,7	110,7	0,06	0,96	0	0	0,7	0
1.3	3,75	0,27	80,6	107,2	0,06	0,96	0	0	0,7	0
1.4	37,5	2,70	78,6	99,7	0,39	0,63	0	0	0,7	0
1.5	12,5	0,90	79,7	99,9	0,17	0,82	0	0	0,7	0
totale	100%	7,2 h								
u (L <sub>EX, 8h</sub> )	0,38 dB(A)									
U (L <sub>EX, 8h</sub> )	0,63 dB(A)									
L <sub>EX, 8h</sub>	78,4 dB(A)									
L' <sub>EX, 8h</sub>	79,03 dB(A)									

Immagini dei compiti costituenti la mansione 1 e dei grafici delle misure “GMM1” e “GMM2”:

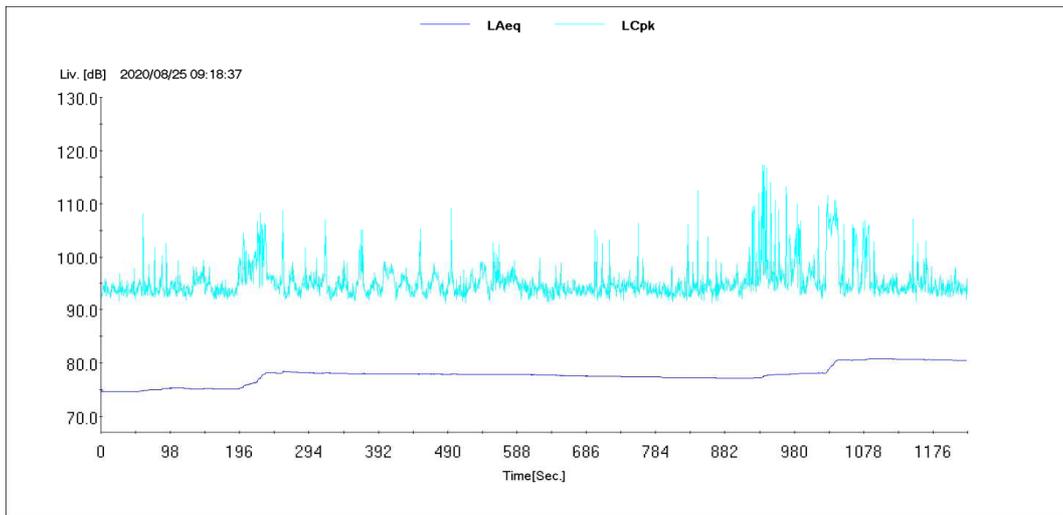


Figura 12 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM1 (Mansione 1, compiti 1.1, 1.2 e 1.3)



Figura 13 – Mansione 1, Compito 1.1, Gestione binario con prodotti finiti



Figura 14 – Mansione 1, Compito 1.2, Molatura di un supporto



Figura 15 – Mansione 1, Compito 1.3, Lucidatura di un tubo

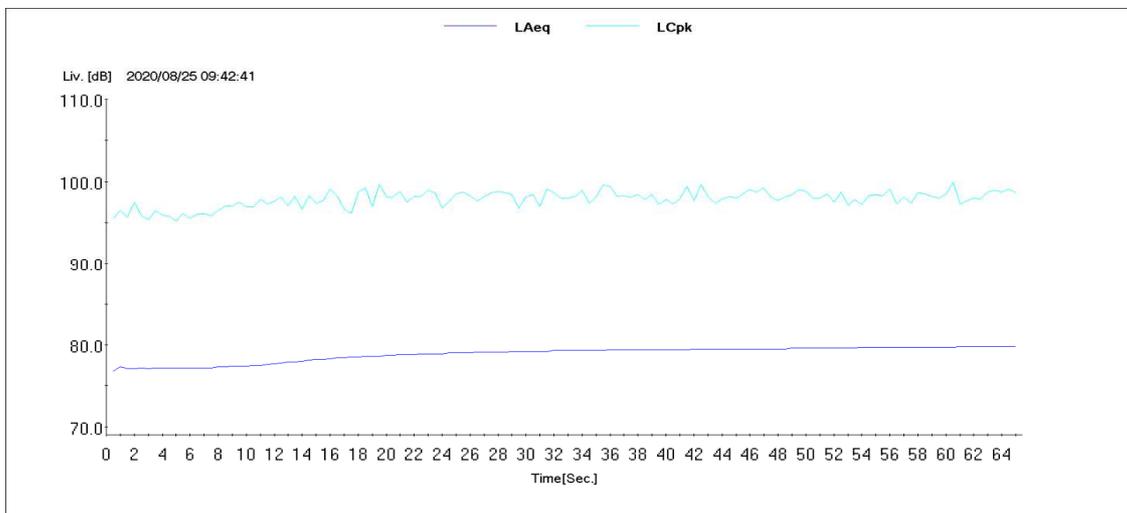
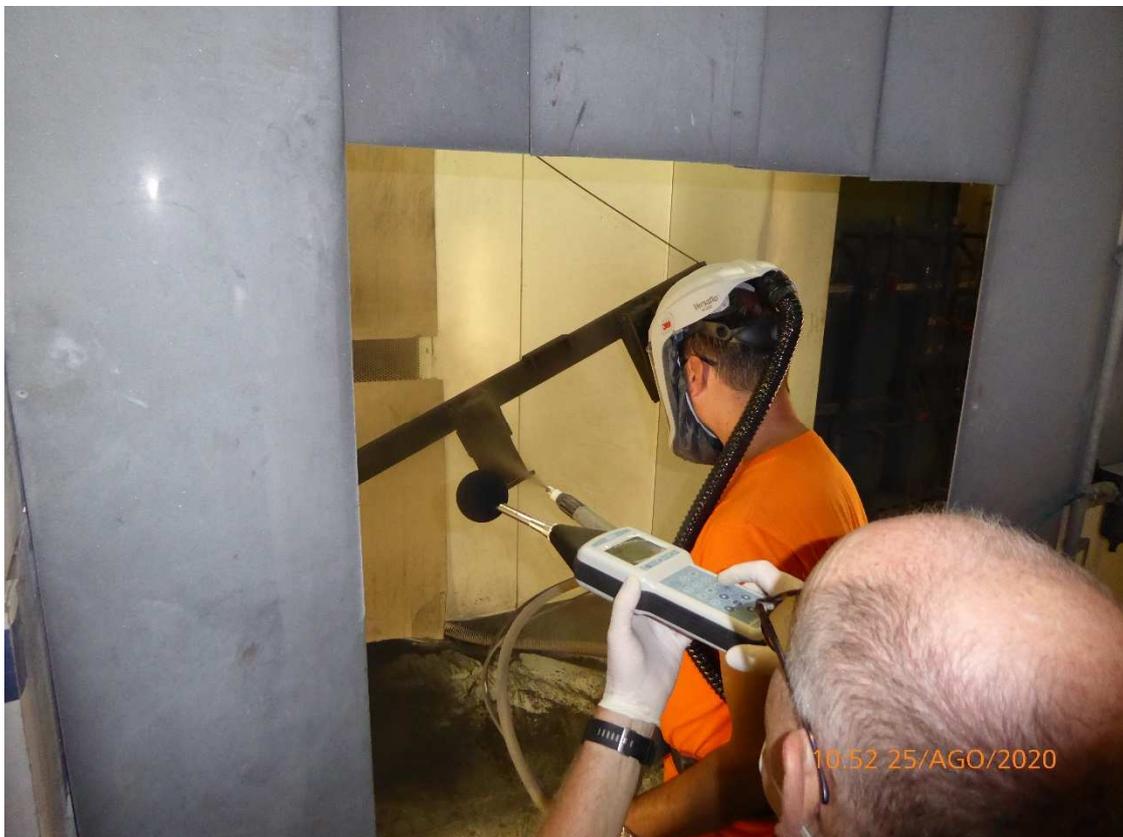


Figura 16 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM2 (Mansione 1, compiti 1.4 e 1.5)



*Figura 17 – Mansione 1, Compito 1.4, Centro di controllo verniciatura robotizzata*



*Figura 18 – Mansione1, Compito 1.5, Verniciatura manuale tramite pistola a pressione con aria compressa*

Reparto Saldatura e Officina Meccanica, misure “GMM3”, “GMM6”, “GMM7”, “GMM8” e “GMM15”;

Mansione 2 divisa in 7 compiti definiti a cui si alternano almeno 5 lavoratori:

Mansioni (evidenziate con colori diversi) e numero dei relativi compiti	Nome misura (e nome descrittivo dei compiti, con codice collegato alla mansione)	Data e ora di inizio della misura	Durata misura (s) e percentuali su una giornata lavorativa tipica	L <sub>Aeq</sub> medio dei compiti (dB)	L <sub>Cpk</sub> medio dei compiti (dB)	L <sub>Cpk</sub> massimo dei compiti (dB)	Numero dei compiti per ogni misurazione	
<b>Mansione 2 (7 Compiti totali)</b>	GMM3	25/08/2020 10:53	654,0 (20%)	81,4	93,3	125,4	<b>3 Compiti</b>	
	2.1, Brossatura		33%	73,7	90,5	112,1		
	2.2, Saldatura		33%	85,1	95,7	125,4		
		2.3, Carteggiatura		33%	85,3	93,6	114,1	
	GMM6	25/08/2020 15:04	520,0 (20%)	75,2	94,4	118,8	<b>3 Compiti</b>	
	2.4, Tagliatrice		100%	^	^	^		
	GMM7	25/08/2020 15:17	617,5 (20%)	80,8	91,6	118,6		
	2.5, Presse ad aria compressa		100%	^	^	^		
	GMM8	25/08/2020 15:36	802,0 (20%)	81,2	96,1	131,5	<b>1 Compito</b>	
	2.6, Granigliatura con decalaminatrice		100%	^	^	^		
GMM15	27/08/2020 11:00	1172,5 (20%)	88,7	102,6	121,8			
	2.7, Molatura telai		100%	^	^	^		

La Mansione 2 è il primo esempio di mansione con compiti svolti in postazioni a diversa distanza l’una d’altra, come si può osservare dalle planimetrie a pagg. 30-31.

Ad esempio, il compito 2.7 “Molatura dei telai” è svolto nello stabile nuovo, che si trova al di là di una strada aperta al traffico, ad una distanza di almeno 40 metri dai capannoni in cui si eseguono gli altri compiti.

Il trasferimento (a piedi) che un operaio si trova a compiere non è stato misurato in termini di esposizione al rischio rumore, sempre a scopo cautelativo, volendo misurare solo le condizioni peggiori.

Il compito 2.6 “Granigliatura effettuata tramite macchina decalaminatrice” si svolge al di là di un piazzale largo circa 20 metri, in una costruzione chiamata “deposito”.

I compiti 2.1 “Brossatura”, 2.2 “Saldatura”, 2.3 “Carteggiatura”, 2.4 “Tagliatrice SCHIAVI GTH 420” e 2.5 “Presse ad aria compressa OMET” sono invece svolti tutti nel reparto “Officina Meccanica - Saldatura”.

Eseguiamo i calcoli necessari, trascurando la scrittura delle formule che per chiarezza abbiamo riportato solo nella Mansione 1 (e nei capitoli “Lo standard ISO” e “L’errore delle misure”):

Mansione 2, Reparto Officina Meccanica - Saldatura										
Compito	$T_{c,i} \%$	$T_{c,i} \text{ (h)}$	$L_{Aeq} \text{ (dB)}$	$L_{Cpk} \text{ max (dB)}$	$c_{1a,i}$	$c_{1b,i}$	$u_{1a,i} \text{ (dBA)}$	$u_{1b,i} \text{ (dBA)}$	$u_{2,i} \text{ (dBA)}$	$u_3 \text{ (dBA)}$
2.1	6,67	0,48	73,7	112,1	0,01	0,09	0	0	0,7	0
2.2	6,67	0,48	85,1	125,4	0,09	0,81	0	0	0,7	0
2.3	6,67	0,48	85,3	114,1	0,09	0,81	0	0	0,7	0
2.4	20,00	1,44	75,2	118,8	0,03	0,09	0	0	0,7	0
2.5	20,00	1,44	80,8	118,6	0,10	0,30	0	0	0,7	0
2.6	20,00	1,44	81,2	131,5	0,11	0,33	0	0	0,7	0
2.7	20,00	1,44	88,7	121,8	0,59	1,78	0	0	0,7	0
totale	100%	7,2 h								
$u$ ( $L_{EX, 8h}$ )	0,44									
	dB(A)									
$U$ ( $L_{EX, 8h}$ )	0,73									
	dB(A)									
$L_{EX, 8h}$	84,00									
	dB(A)									
$L'_{EX, 8h}$	84,73									
	dB(A)									

Immagini dei compiti costituenti la mansione 2 e dei grafici delle misure “GMM3”, “GMM6”, “GMM7”, “GMM8” e “GMM15”:

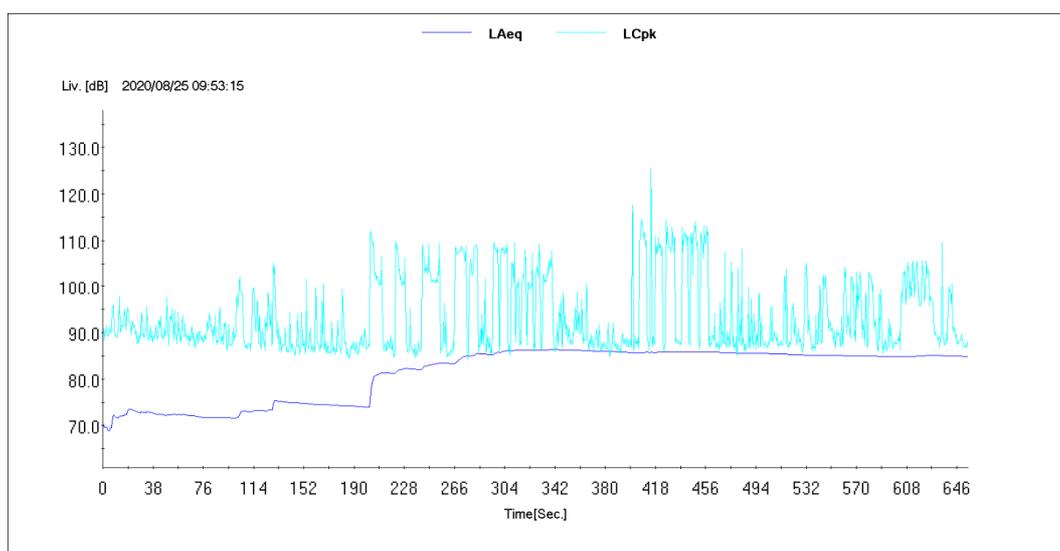


Figura 19 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM3 (Mansione 2, compiti 2.1, 2.2 e 2.3)



*Figura 20 - Mansione 2, Compito 2.1, Brossatura su alluminio*



*Figura 21 - Mansione 2, Compito 2.2, Saldatura di alcune staffe*



*Figura 22 - Mansione 2, Compito 2.3, Carteggiatura*

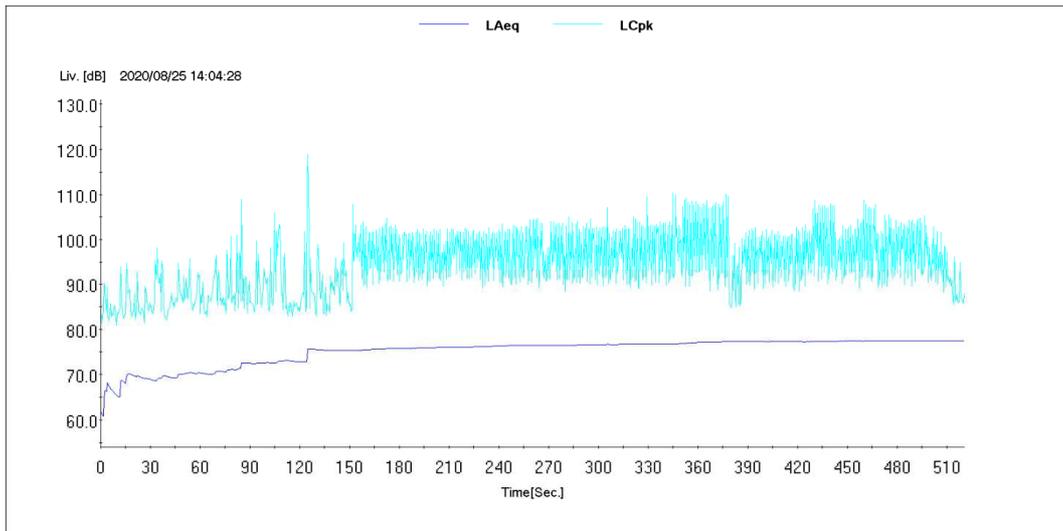


Figura 23 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM6 (Mansione 2, compito 2.4)



Figura 24 - Mansione 2, Compito 2.4, Tagliatrice SCHIAVI GTH 420

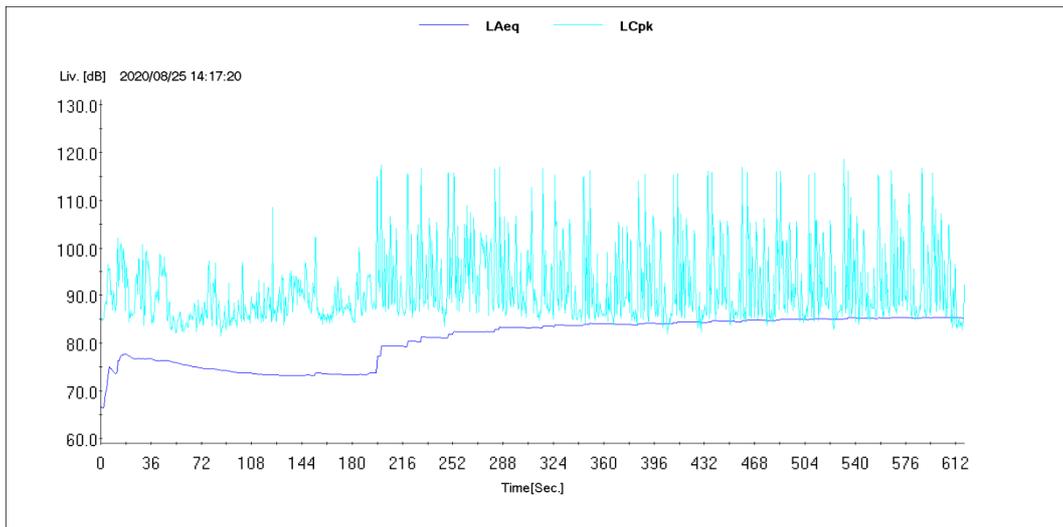


Figura 25 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM7 (Mansione 2, compito 2.5)



Figura 26 - Mansione 2, Compito 2.5, Presse ad aria compressa OMET

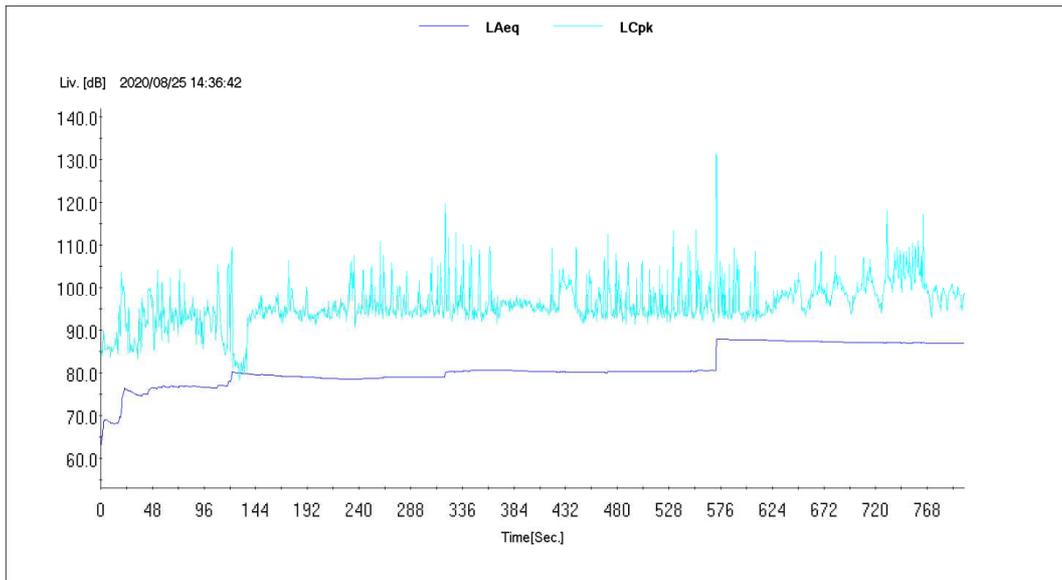


Figura 27 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM8 (Mansione 2, compito 2.6)



Figura 28 - Mansione 2, Compito 2.6, Granigliatura di tubi su grucce usando una decalaminatrice

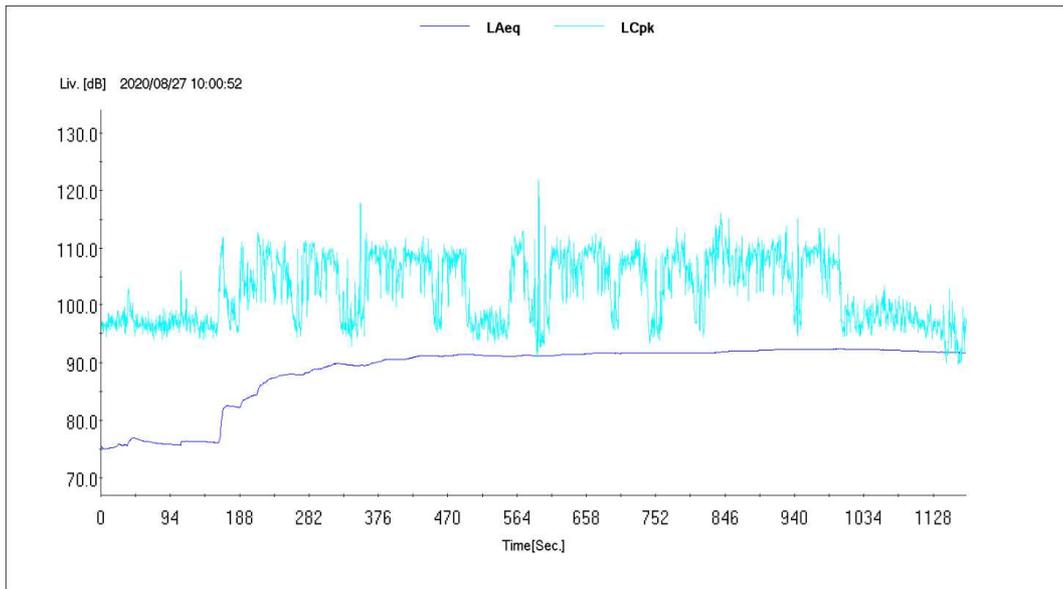


Figura 29- Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM15 (Mansione 2, compito 2.7)



Figura 30 - Mansione 2, Compito 2.7, Molatura di alcuni telai (compito svolto nello stabile nuovo)

Reparto Laboratorio e Officina Meccanica, misura “GMM4”;

Mansione 3 divisa in 1 compito:

Mansioni (evidenziate con colori diversi) e numero dei relativi compiti	Nome misura (e nome descrittivo dei compiti, con codice collegato alla mansione)	Data e ora di inizio della misura	Durata misura (s) e percentuali su una giornata lavorativa tipica	$L_{Aeq}$ medio dei compiti (dB)	$L_{Cpk}$ medio dei compiti (dB)	$L_{Cpk}$ massimo dei compiti (dB)	Numero dei compiti per ogni misurazione
<b>Mansione 3 (1 Compito totale)</b>	GMM4	25/08/2020 11:22	796,5 (100%)	87,0	93,1	119,4	<b>1 Compito</b>
	3.1, Controllo CL3 e brevi pulizie con aria compressa		100%	^	^	^	

La Mansione 3 consiste in un solo compito, che chiamiamo 3.1, ed è la gestione di un Centro di Lavoro (CL3) EMMEGI SATELLITE XL in cui viene effettuata la finitura automatica di estrusi anodizzati, con operazioni automatizzate di foratura, bordatura e filettatura.

Il lavoratore, che si occupa dell'introduzione e della rimozione dell'estruso, asporta da ultimo i residui della lavorazione con una pistola ad aria compressa.

Eseguiamo i calcoli necessari, trascurando la scrittura delle formule che per chiarezza abbiamo riportato solo nella Mansione 1 (e nei capitoli “Lo standard ISO” e “L'errore delle misure”):

Mansione 3, Reparto Laboratorio - Officina										
Compito	$T_{c,i} \%$	$T_{c,i} (h)$	$L_{Aeq}$ (dB)	$L_{Cpk}$ max (dB)	$c_{1a,i}$	$c_{1b,i}$	$u_{1a,i}$ (dBA)	$u_{1b,i}$ (dBA)	$u_{2,i}$ (dBA)	$u_3$ (dBA)
3.1	100	7,2	87,0	119,4	1,00	0,60	0	0	0,7	0
<b>totale</b>	<b>100%</b>	<b>7,2 h</b>								
$u$ ( $L_{EX, 8h}$ )	0,70									
$U$ ( $L_{EX, 8h}$ )	1,16									
$L_{EX, 8h}$	87,00									
$L'_{EX, 8h}$	88,16									

Immagini dei compiti costituenti la mansione 3 e del grafico della misura “GMM4”:

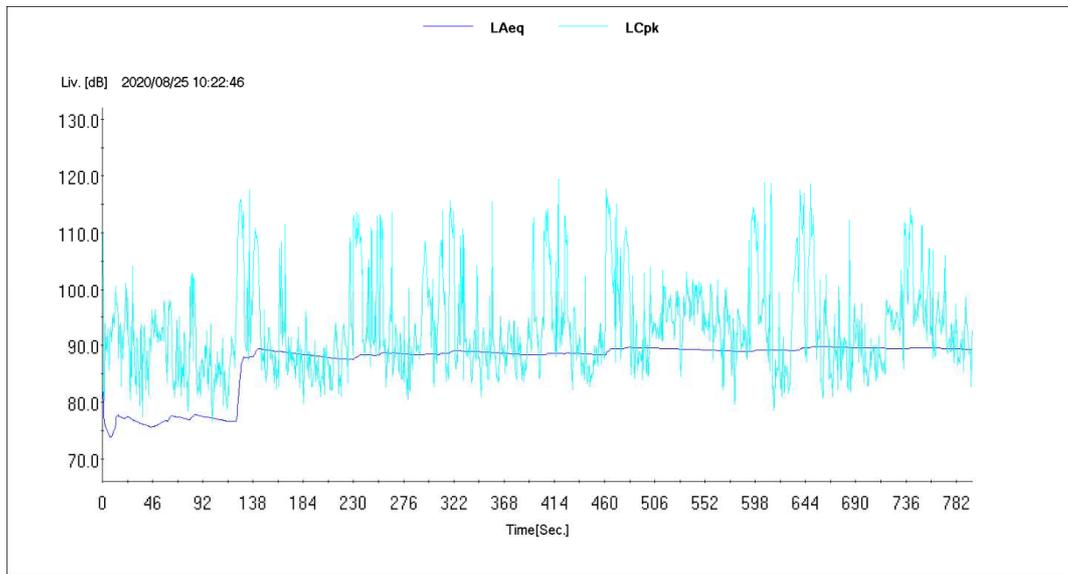


Figura 31 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM4 (Mansione 3, compito 3.1)



Figura 32 - Mansione 3, Compito 3.1, Gestione del CL3 EMMEGI SATELLITE XL per la finitura di estrusi e pulizia finale dai residui con pistola ad aria compressa (al centro in blu nella foto)

Reparto Laboratorio – Officina Meccanica, misura “GMM5”;

Mansione 4 divisa in 1 compito:

Mansioni (evidenziate con colori diversi) e numero dei relativi compiti	Nome misura (e nome descrittivo dei compiti, con codice collegato alla mansione)	Data e ora di inizio della misura	Durata misura (s) e percentuali su una giornata lavorativa tipica	$L_{Aeq}$ medio dei compiti (dB)	$L_{Cpk}$ medio dei compiti (dB)	$L_{Cpk}$ massimo dei compiti (dB)	Numero dei compiti per ogni misurazione
<b>Mansione 4 (1 Compito totali)</b>	GMM5	25/08/2020 11:41	510,5 (100%)	85,8	92,6	122,4	<b>1 Compito</b>
	4.1, Controllo CL1+CL4 e brevi rifiniture (< 30 s) con mola fissa		100%	^	^	^	

La Mansione 4, svolta attiguamente alla Mansione 3 e come essa costituita da un unico compito, che chiamiamo 4.1, consiste nella gestione di 2 centri di lavoro che lavorano in contemporanea, introducendo e rimuovendo i pezzi e pulendoli con aria compressa. Il Centro di Lavoro 1 CL1, uguale al CL3 della Mansione 3, esegue in maniera automatizzata operazioni di foratura e filettatura di estrusi anodizzati. Il CL4 svolge una simile funzione ma si compone di un tunnel di plexiglass chiuso che isola maggiormente dal rumore. Qualora sia necessario, l’operaio esegue delle brevi rifiniture con una mola fissa degli estrusi lavorati al CL4.

Eseguiamo i calcoli necessari, trascurando la scrittura delle formule che per chiarezza abbiamo riportato solo nella Mansione 1 (e nei capitoli “Lo standard ISO” e “L’errore delle misure”):

Mansione 4, Reparto Laboratorio – Officina Meccanica										
Compito	$T_{c,i} \%$	$T_{c,i} (h)$	$L_{Aeq}$ (dB)	$L_{Cpk}$ max (dB)	$C_{1a,i}$	$C_{1b,i}$	$u_{1a,i}$ (dBA)	$u_{1b,i}$ (dBA)	$u_{2,i}$ (dBA)	$u_3$ (dBA)
4.1	100	7,2	85,8	122,4	1,00	0,60	0	0	0,7	0
totale	100%	7,2 h								
$u$ ( $L_{EX, 8h}$ )	0,70									
$U$ ( $L_{EX, 8h}$ )	1,16									
$L_{EX, 8h}$	85,80									
$L'_{EX, 8h}$	86,96									

Immagini dei compiti costituenti la mansione 4 e del grafico della misura “GMM5”:

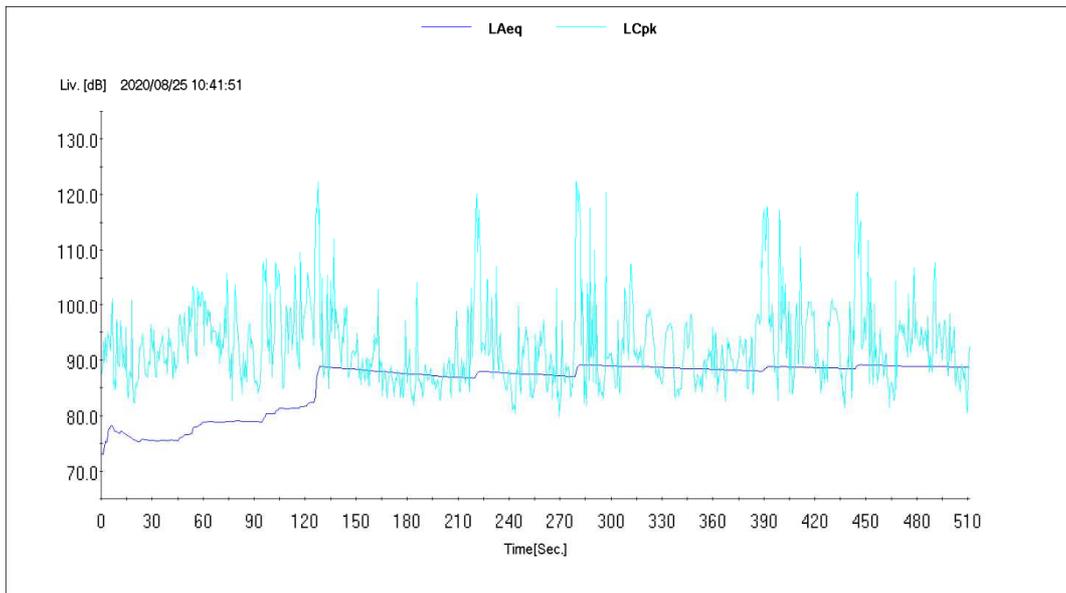


Figura 33 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM5 (Mansione 4, compito 4.1)



Figura 34 - Mansione 4, Compito 4.1, Gestione CL1 per finitura automatizzata di estrusi anodizzati e pulizia dai residui con pistola ad aria compressa (in azzurro a sinistra nella foto)



*Figura 35 - Mansione 4, Compito 4.1, Gestione CL4, in funzione contemporaneamente al CL1*



*Figura 36 - Mansione 4, Compito 4.1, Molatura estrusi*

Reparto Magazzino e Laboratorio, misure “GMM9”, “GMM10”, “GMM11”, “GMM12”, “GMM13”;

Mansione 5 divisa in 4 compiti:

Mansioni (evidenziate con colori diversi) e numero dei relativi compiti	Nome misura (e nome descrittivo dei compiti, con codice collegato alla mansione)	Data e ora di inizio della misura	Durata misura (s) e percentuali su una giornata lavorativa tipica	L <sub>Aeq</sub> medio dei compiti (dB)	L <sub>Cpk</sub> medio dei compiti (dB)	L <sub>Cpk</sub> massimo dei compiti (dB)	Numero dei compiti per ogni misurazione
<b>Mansione 5 (5 Compiti totali)</b>	GMM9	25/08/2020 16:01	261,5 (20%)	64,1	77,5	98,7	<b>1 Compito</b>
	5.1, Pre-assemblaggio piccoli componenti		100%	^	^	^	
<b>Mansione 5 (5 Compiti totali)</b>	GMM10	25/08/2020 16:07	283,0 (20%)	62,0	76,7	101	<b>1 Compito</b>
	5.2, Apposizione etichette		100%	^	^	^	
	GMM11	25/08/2020 16:37	587,5 (20%)	83,5	93,8	117,7	<b>1 Compito</b>
	5.3, Scantonatrice		100%	^	^	^	
	GMM12	25/08/2020 16:49	449,0 (20%)	83,6	94,5	117,2	<b>1 Compito</b>
	5.4, Sega a disco automatica a doppia testa		100%	^	^	^	
	GMM13	25/08/2020 16:58	329,5 (20%)	93,9	102,1	125,6	<b>1 Compito</b>
5.5, Sega a disco fissa manuale a una testa		100%	^	^	^		

La Mansione 5 si svolge nel Reparto Magazzino e Taglio e si compone di 5 compiti, in cui si alternano almeno 3 lavoratori.

I compiti, svolti contemporaneamente, 5.1 “Pre-assemblaggio di piccoli componenti” e 5.2 “Apposizione di etichette su piccoli prodotti imbustati” si caratterizzano dall’esposizione dei

lavoratori a livelli sonori minori di 65 dB(A) e sono stati eseguiti con il fonometro montato su un treppiede.

Al contrario gli altri compiti 5.3, 5.4, 5.5, rispettivamente “Scantonatrice”, “Sega a disco automatica a doppia testa” e “Sega a disco manuale a una testa”, che si svolgono in un locale contiguo che raggruppa questi 3 macchinari, sono caratterizzati da livelli sonori molto elevati, con medie anche superiori a 90 dB(A) per il compito 5.5. Di questi 3 compiti si è posta l’attenzione nel registrare cicli completi di taglio, ad esempio con 7 pezzi eseguiti alla scantonatrice e 30 tagli da parte della sega EMMEGI a disco manuale a una testa.

Eseguiamo i calcoli necessari, trascurando la scrittura delle formule che per chiarezza abbiamo riportato solo nella Mansione 1 (e nei capitoli “Lo standard ISO” e “L’errore delle misure”) [N.B. nel calcolo di  $c_{1a,i}$  e di  $c_{1b,i}$  dei compiti 5.1 e 5.2 si sono scritte 3 cifre decimali invece di due per evitare di considerare in quei casi i coefficienti di sensibilità trascurabili perché molto vicini allo zero]:

Mansione 5, Reparto Magazzino e Taglio										
Compito	$T_{c,i} \%$	$T_{c,i} (h)$	$L_{Aeq} (dB)$	$L_{Cpk} \max (dB)$	$c_{1a,i}$	$c_{1b,i}$	$u_{1a,i} (dBA)$	$u_{1b,i} (dBA)$	$u_{2,i} (dBA)$	$u_3 (dBA)$
5.1	20,00	1,44	64,1	98,7	0,001	0,003	0	0	0,7	0
5.2	20,00	1,44	62,0	101	0,001	0,003	0	0	0,7	0
5.3	20,00	1,44	83,5	117,7	0,08	0,24	0	0	0,7	0
5.4	20,00	1,44	83,6	117,2	0,08	0,24	0	0	0,7	0
5.5	20,00	1,44	93,9	125,6	0,84	2,53	0	0	0,7	0
totale	100%	7,2 h								
u ( $L_{EX, 8h}$ )	0,59 dB(A)									
U ( $L_{EX, 8h}$ )	0,97 dB(A)									
$L_{EX, 8h}$	87,65 dB(A)									
$L'_{EX, 8h}$	88,62 dB(A)									

Immagini dei compiti costituenti la mansione 5 e dei grafici delle misure “GMM9”, “GMM10”, “GMM11”, “GMM12” e “GMM13”:

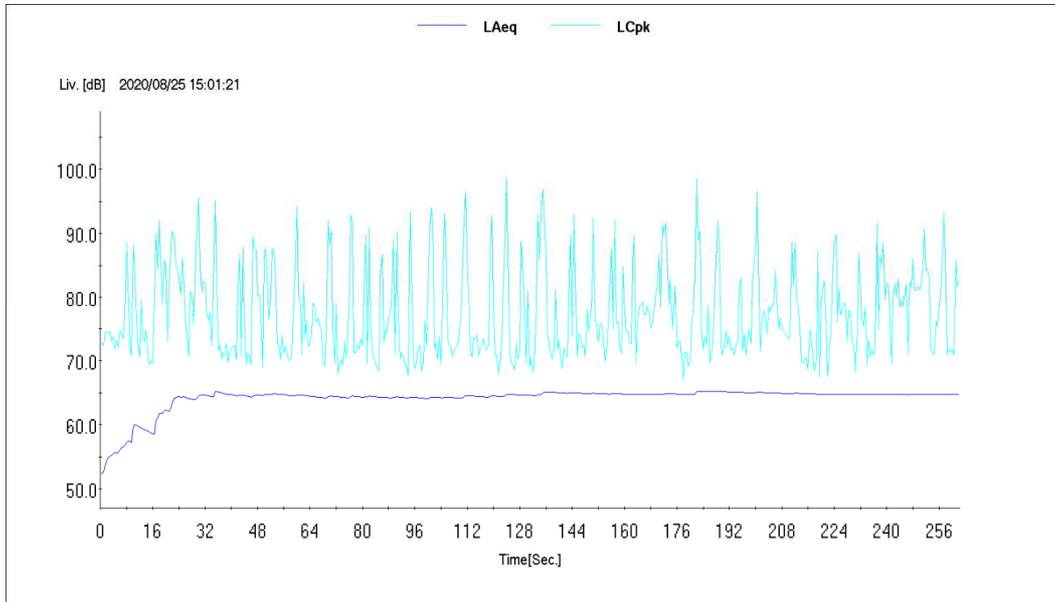


Figura 37 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM9 (Mansione 5, compito 5.1)



Figura 38 - Mansione 5, compito 5.1, Pre-assemblaggio di piccoli componenti, data la posizione seduta del lavoratore intento ad avvitare con un avvitatore elettrico delle placchette, si è optato per l'uso del treppiede all'altezza dell'orecchio

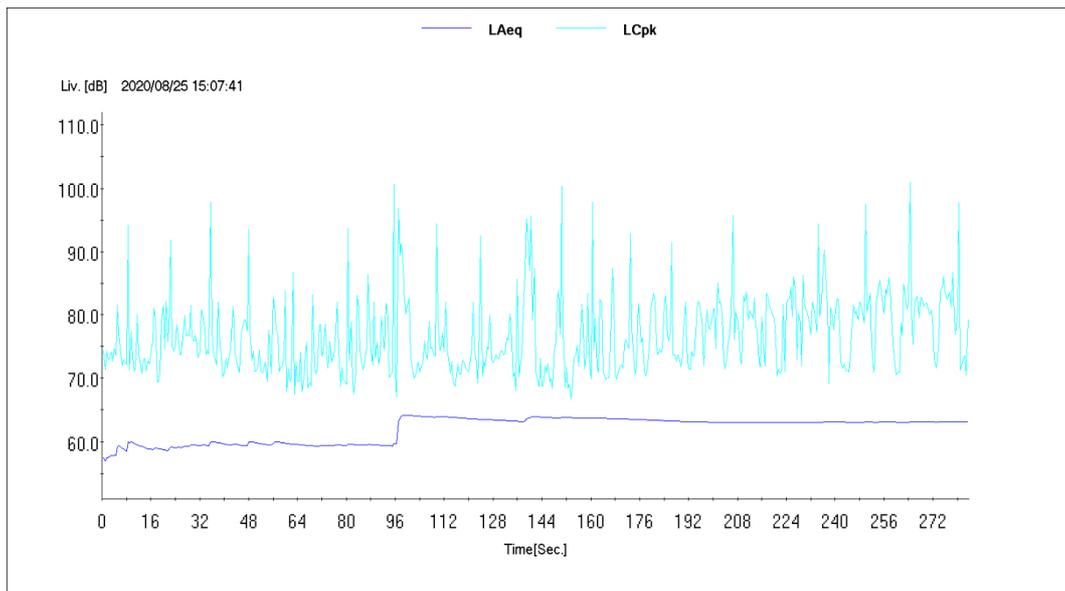


Figura 39 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM10 (Mansione 5, compito 5.2)



Figura 40 - Mansione 5. compito 5.2, Apposizione di etichette su prodotti imbustati. La scelta dell'uso del treppiede è la stessa del compito 5.1

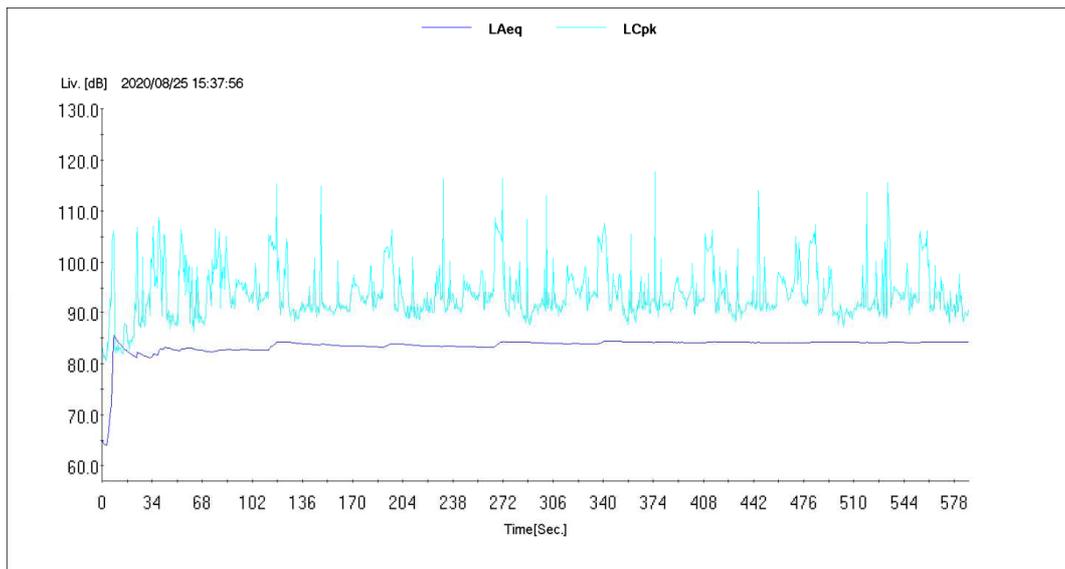


Figura 41 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM11 (Mansione 5, compito 5.3)



Figura 42 - Mansione 5, compito 5.3, Scantonatrice usata per lo smussamento di 7 pezzi

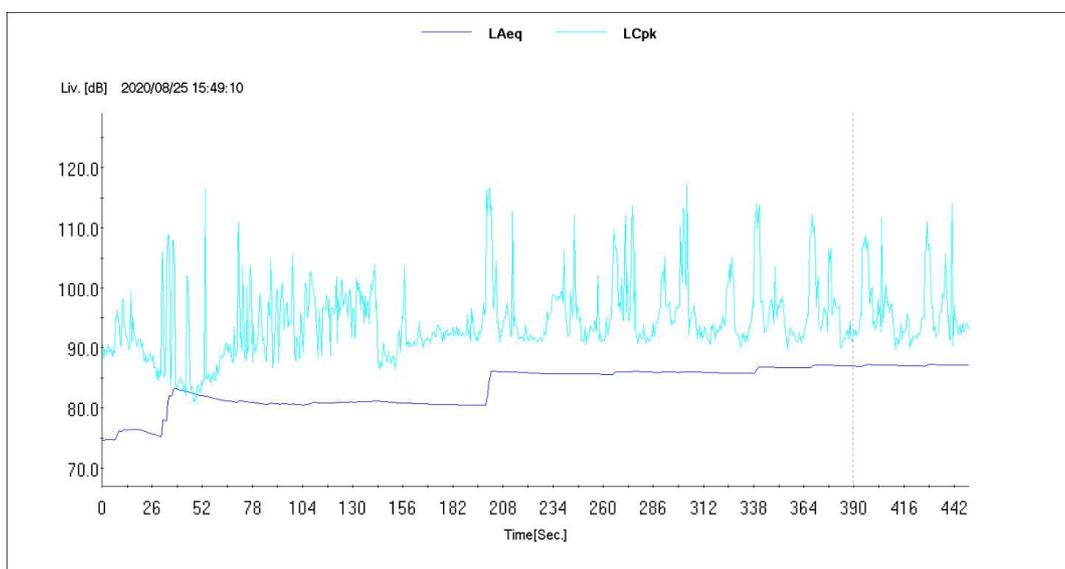


Figura 43 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM12 (Mansione 5, compito 5.4)



Figura 44 - Mansione 5, compito 5.4, Taglio di 2 o 3 estrusi con sega EMMEGI a disco automatica a doppia testa

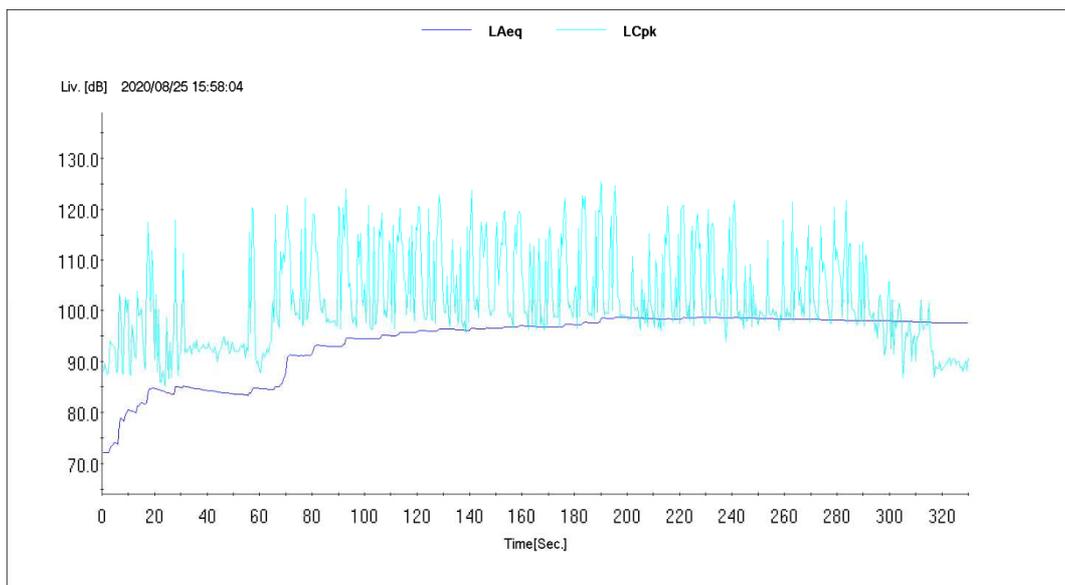


Figura 45 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM13 (Mansione 5, compito 5.5)



Figura 46 - Mansione 5, compito 5.5, Sega EMMEGI 350 a disco fissa a una testa a comando manuale, effettuata misurazione di 30 tagli

Reparto Piegatura e Taglio tubi (nello stabile nuovo), misure “GMM14”;

Mansione 6 divisa in 4 compiti:

Mansioni (evidenziate con colori diversi) e numero dei relativi compiti	Nome misura (e nome descrittivo dei compiti, con codice collegato alla mansione)	Data e ora di inizio della misura	Durata misura (s) e percentuali su una giornata lavorativa tipica	L <sub>Aeq</sub> medio dei compiti (dB)	L <sub>Cpk</sub> medio dei compiti (dB)	L <sub>Cpk</sub> massimo dei compiti (dB)	Numero dei compiti per ogni misurazione
<b>Mansione 6 (4 Compiti totali)</b>	<b>GMM14</b>	27/08/2020 10:09	2629,0 (100%)	81,5	91,1	131,8	<b>4 Compiti</b>
	6.1, Piegatubi automatica $\varnothing 52$ e brevi tagli di tubi con sega a disco		25%	79,5	90,9	131,8	
	6.2, Piegatubi automatica $\varnothing 80$		25%	83,6	89,2	110,1	
	6.3, Piegatubi automatica $\varnothing 25-30$		25%	82,8	90,5	114,2	
	6.4, Due troncatrici in contemporanea		25%	82,4	92,6	120,2	

La Mansione 6 è divisa in 4 compiti dedicati alla piegatura e al taglio dei tubi con l’ausilio di macchine automatiche, differenti in base ai diametri dei tubi.

Le piegatubi sono due di marca BLM e trattano i diametri  $\varnothing 52$  e  $\varnothing 25-30$ , mentre l'altra è di marca PULZER e tratta i diametri  $\varnothing 80$ .

Le due troncatrici che operano in contemporanea durante il taglio dei tubi sono una ADIGE SALA TT640 e PEDRAZZOLI BROWN SN320.

Eseguiamo i calcoli necessari, trascurando la scrittura delle formule che per chiarezza abbiamo riportato solo nella Mansione 1 (e nei capitoli "Lo standard ISO" e "L'errore delle misure"):

Mansione 6, Reparto Piegatura e Taglio tubi										
Compito	T <sub>c,i</sub> %	T <sub>c,i</sub> (h)	L <sub>Aeq</sub> (dB)	L <sub>Cpk</sub> max (dB)	c <sub>1a,i</sub>	c <sub>1b,i</sub>	u <sub>1a,i</sub> (dBA)	u <sub>1b,i</sub> (dBA)	u <sub>2,i</sub> (dBA)	u <sub>3</sub> (dBA)
6.1	25	1,8	79,5	131,8	0,13	0,31	0	0	0,7	0
6.2	25	1,8	83,6	110,1	0,34	0,82	0	0	0,7	0
6.3	25	1,8	82,8	114,2	0,28	0,68	0	0	0,7	0
6.4	25	1,8	82,4	120,2	0,26	0,63	0	0	0,7	0
totale	100%	7,2 h								
u	0,37									
(L <sub>EX, 8h</sub> )	dB(A)									
U	0,61									
(L <sub>EX, 8h</sub> )	dB(A)									
L <sub>EX, 8h</sub>	82,32									
	dB(A)									
L' <sub>EX, 8h</sub>	82,93									
	dB(A)									

Immagini dei compiti costituenti la mansione 6 e dei grafici delle misure "GMM14":

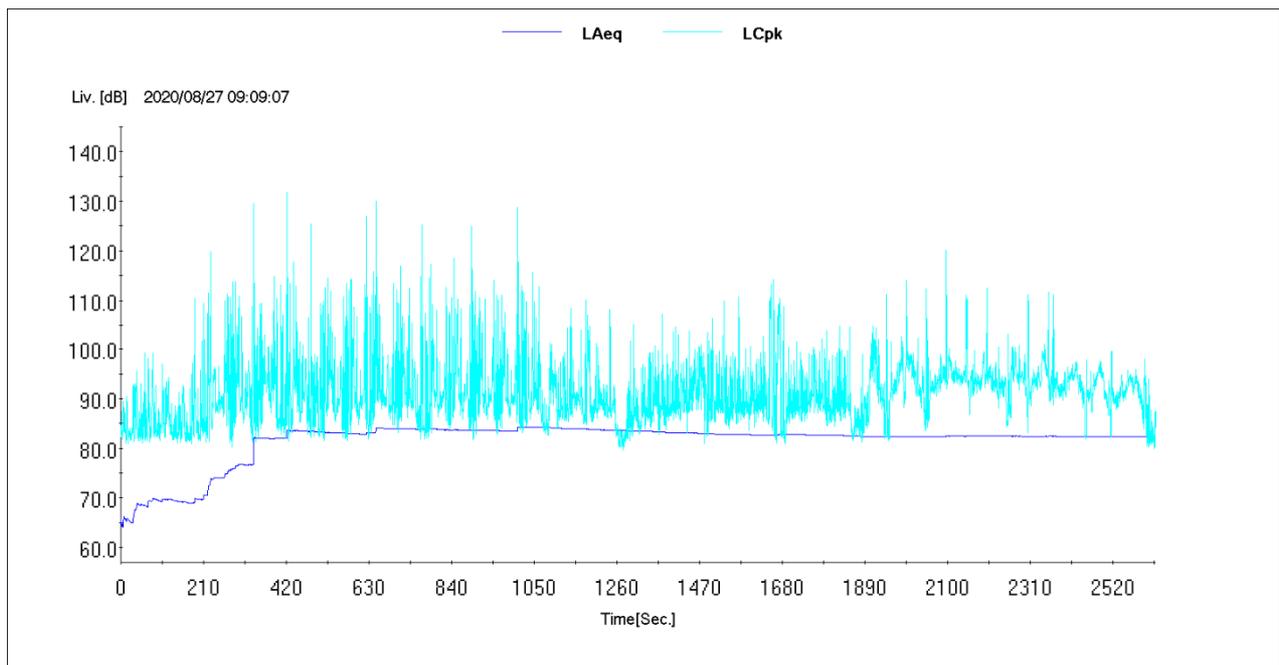


Figura 47 - Grafico Sound Level Meter coi livelli L<sub>Aeq</sub> e L<sub>Cpk</sub> per GMM14 (Mansione 6, compito 6.1, 6.2, 6.3, 6.4)



*Figura 48 – Mansione 6, Parte del compito 6.1, breve taglio di un tubo con sega a disco PEDRAZZOLI*



*Figura 49 - Mansione 6, compito 6.2, Piegatubi idraulica PULZER Ø80*



*Figura 50 - Mansione 6, compito 6.3, Piegatubi a bagno d'olio BLM SWING Ø25-30*



*Figura 51 - Mansione 6, compito 6.4, Troncatrici in contemporanea attività.  
A destra una ADIGE SALA TT640, a sinistra una PEDRAZZOLI BROWN SN320*

Reparto Saldatura robotizzata, misura “GMM16”;

Mansione 7 divisa in 1 compito:

Mansioni (evidenziate con colori diversi) e numero dei relativi compiti	Nome misura (e nome descrittivo dei compiti, con codice collegato alla mansione)	Data e ora di inizio della misura	Durata misura (s) e percentuali su una giornata lavorativa tipica	$L_{Aeq}$ medio dei compiti (dB)	$L_{Cpk}$ medio dei compiti (dB)	$L_{Cpk}$ massimo dei compiti (dB)	Numero dei compiti per ogni misurazione
<b>Mansione 7 (1 Compito totale)</b>	GMM16	27/08/2020 11:25	633,5 (100%)	76,0	90,4	114,6	<b>1 Compito</b>
	7.1, Controllo saldatura robotizzata		100%	^	^	^	

La Mansione 7 si svolge anch'essa nello stabile nuovo, il lavoratore gestisce un ROBOT DI SALDATURA PENDULARE FANUC ARC MATE 100i, introducendo e rimuovendo i pezzi che necessitano di saldatura.

Eseguiamo i calcoli necessari, trascurando la scrittura delle formule che per chiarezza abbiamo riportato solo nella Mansione 1 (e nei capitoli “Lo standard ISO” e “L’errore delle misure”):

Mansione 7, Reparto Saldatura robotizzata										
Compito	$T_{c,i} \%$	$T_{c,i} (h)$	$L_{Aeq}$ (dB)	$L_{Cpk}$ max (dB)	$C_{1a,i}$	$C_{1b,i}$	$u_{1a,i}$ (dBA)	$u_{1b,i}$ (dBA)	$u_{2,i}$ (dBA)	$u_3$ (dBA)
7.1	100	7,2	76,0	114,6	1,00	0,60	0	0	0,7	0
totale	100%	7,2 h								
$u$ ( $L_{EX, 8h}$ )	0,70									
$U$ ( $L_{EX, 8h}$ )	1,16									
$L_{EX, 8h}$	76,00									
$L'_{EX, 8h}$	77,16									

Immagini dei compiti costituenti la mansione 7 e del grafico della misura “GMM16”:

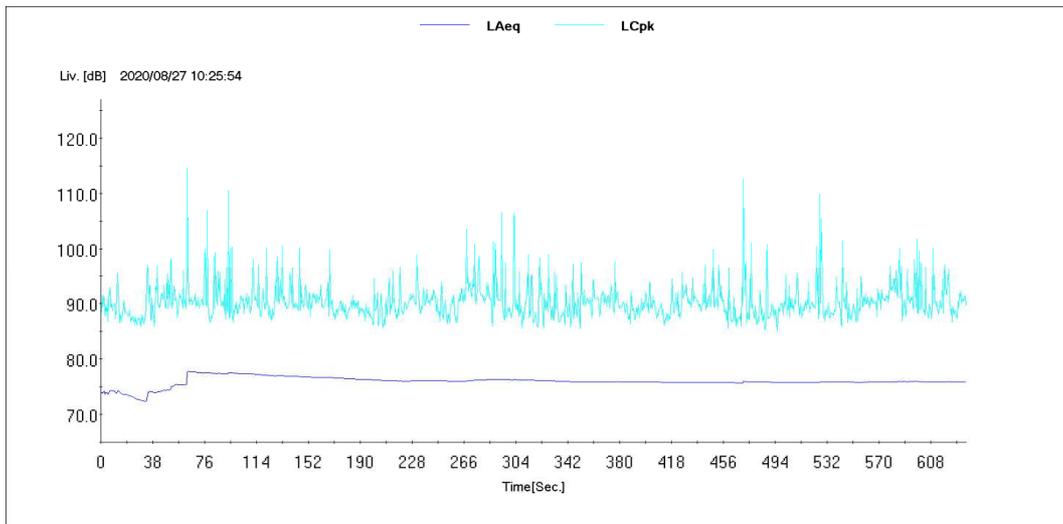


Figura 52 - Grafico Sound Level Meter coi livelli  $L_{Aeq}$  e  $L_{Cpk}$  per GMM16 (Mansione 7, compito 7.1)



Figura 53 - Mansione 7, compito 7.1, controllo del robot saldatore FANUC ARC MATE 100i

## Conclusioni

Dall'indagine fonometrica di tipo dosimetrico effettuata nei giorni 25 e 27 agosto 2020 presso i locali della GM Meccanica s.r.l. di Montelupone (MC), emergono i seguenti risultati.

Sono state individuate **7 mansioni** e i relativi compiti per le quali sono stati misurati i livelli di pressione sonora e i conseguenti livelli di esposizione al rumore.

Mansioni	1 Preparazione per verniciatura e verniciatura	2 Officina meccanica e saldatura	3 Gestione centro di lavoro 3 su estrusi	4 Gestione centri di lavoro 1 e 4 su estrusi	5 Magazzino e taglio estrusi	6 Piegatubi e troncatura tubi	7 Controllo saldatura robotizzata
$U(L_{EX, 8h})$ dB(A)	0,63	0,73	1,16	1,16	0,97	0,61	1,16
$L_{EX, 8h}$ dB(A)	78,40	84,00	87,00	85,80	87,65	82,32	76,00
$L'_{EX, 8h}$ dB(A)	79,03	84,73	88,16	86,96	88,62	82,93	77,16

Dai risultati ottenuti e considerando i valori limite fissati dall'art. 189<sup>67</sup> e le contromisure da attuare in caso di superamento di tali valori per l'art.190<sup>68</sup> del D.Lgs. 81/2008, notiamo che:

- le mansioni 1 e 7 presentano valori di esposizione giornaliera inferiori al Valore Inferiore di Azione fissato a 80 dB(A), quindi non sono necessarie contromisure;
- le mansioni 2 e 6 presentano valori di esposizione giornaliera compresi tra 80 e 85 dB(A), quindi i lavoratori devono essere formati e informati del rischio rumore oltre che dotati di adeguati DPI forniti dal datore di lavoro;
- le mansioni 3, 4 e 5 presentano valori di esposizione giornaliera maggiori del Valore Superiore di Azione fissato a 85 dB(A), quindi deve essere redatto un programma di riduzione delle misure, deve essere prevista la sorveglianza sanitaria, il datore di lavoro deve fornire i DPI e i lavoratori hanno l'obbligo di indossarli. Infine, deve essere garantito il NON SUPERAMENTO del Valore Limite di Esposizione anche con l'adozione dei DPI.

<sup>67</sup> Articolo 189, D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, "TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO", Rev. Marzo 2011 ;

<sup>68</sup> Articolo 190, D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, "TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO", Rev. Marzo 2011 ;

Abbiamo anche notato che l'uso del metodo "dosimetrico" conduce all'**azzeramento** di tre contributi dell'incertezza:

- incertezza standard dovuta al campionamento dei compiti,  $u_{1a, i}$ ;
- incertezza standard dovuta alla durata dei compiti,  $u_{1b, i}$ ;
- incertezza standard dovuta alla posizione del microfono,  $u_3$ .

Questo ci porta a sostenere che le indagini fonometriche condotte con il metodo "dosimetrico" siano più accurate e aderenti all'effettiva condizione di esposizione lavorativa al rischio rumore.

L'auspicio è dunque che, data la validità del metodo "dosimetrico" comprovata da stimati professionisti e professori noti a livello nazionale e internazionale, le norme tecniche vengano aggiornate per adeguare e poter in modo ancor più efficace applicare le metodologie di misura.

Contemporaneamente ci auguriamo che un maggior numero di aziende e di tecnici dediti alle indagini fonometriche applichino il campionamento personale dato che, come evidenziato dal Correlatore e dalle foto presenti nel capitolo "Il metodo dosimetrico", non necessita di strumentazioni particolari.

Così facendo le norme tecniche, che per loro natura sono soggette ad aggiornamenti per l'avanzamento delle tecnologie e delle tecniche, non potranno che allinearsi alla pratica con l'inclusione del metodo illustrato e anzi suggerirne progressi e situazioni di migliore applicazione.

## Bibliografia

- Decreto Legislativo del 9 aprile 2008, n.81, “TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO”, Rev. Marzo 2011 ;
- GM Meccanica s.r.l., sito ufficiale, <http://www.gmmeccanica.com/>;
- Causa n. 262/02 “Riconoscimento malattia professionale per ipoacusia da rumore del 3.6.1999” depositata presso il Tribunale di Ancona, Sezione Lavoro, a cui il Correlatore ha preso parte come CTU ;
- “La valutazione dell’esposizione professionale al rumore: procedure, errore di misura, criterio di decisione”, Atzeri S. e Cocco P.L., in “La Medicina del Lavoro”, Med Lav 2004; 95, 3: 198-210; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15293376/> ;
- “Documento Linee Guida Rumore”, Società Italiana di Medicina del Lavoro (precedentemente anche di Igiene Industriale), edizioni 2003 e 2008 ;
- UNI EN ISO 9612:2011 “Acustica - Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro - Metodo tecnico progettuale”, <http://store.uni.com/catalogo/uni-en-iso-9612-2011> ;
- UNI 9432:2011 “Acustica - Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell’ambiente di lavoro”, <http://store.uni.com/catalogo/uni-9432-2011> ;
- “LINEE GUIDA per la valutazione del rischio rumore”, ISPESL, 2005, [http://spp.unich.it/linee\\_guide/rumore.pdf](http://spp.unich.it/linee_guide/rumore.pdf) ;
- “LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE”, INAIL, 2015, [https://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/DOCUMENTAZIONE/rumore\\_documentazione/La%20valutazione%20del%20rischio%20rumore.pdf?lg=IT](https://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/DOCUMENTAZIONE/rumore_documentazione/La%20valutazione%20del%20rischio%20rumore.pdf?lg=IT) ;
- “Linee guida per l’applicazione del D. Lgs. 81/08 n. 09: Misurazione dell’esposizione e valutazione del rischio rumore Titolo VIII Capo II D. Lgs 81/08”, S.S.R. Emilia-Romagna, A.U.S.L. di Piacenza, Arcari e AA.VV., giugno 2011 , [http://www.ausl.pc.it/sanita\\_publica/materiale\\_informativo/linee\\_guida/LineeGuida\\_09.pdf](http://www.ausl.pc.it/sanita_publica/materiale_informativo/linee_guida/LineeGuida_09.pdf) ;
- “Decreto legislativo n. 81/2008 – Incertezza nella valutazione del rischio rumore”, Mondelli per AssoAcustici, 2015, <http://www.assoacustici.it/wp-content/uploads/2016/06/bologna-2015-mondelli-incertezza-1.pdf> ;
- “Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control”, OMS, [https://www.who.int/occupational\\_health/publications/occupnoise/en/](https://www.who.int/occupational_health/publications/occupnoise/en/) ;

- “Agreement between Task-Based Estimates of the Full-Shift Noise Exposure and the Full-Shift Noise Dosimetry”, Virji et alri, Ann. Occup. Hyg., Vol. 53, No. 3, pp. 201–214, 2009 ; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19282390/> .

## Ringraziamenti

La felice conclusione di un lungo periodo di studi universitari non può prescindere dal ringraziare tutti coloro che mi sono stati vicini in questi anni e che mi hanno sostenuto.

Comincio quindi dalla Professoressa Ruello, mia Relatrice, i cui preziosi consigli uniti all'esperienza e all'infinita pazienza, hanno portato ordine scientifico e tranquillità durante la stesura di questa tesi.

Grazie anche al Dottor Arcaleni, mio Correlatore, e all'azienda ospitante "Sicurezza e Salute", nelle persone della Signora Peverelli e della Signora Cristina, per l'occasione concessami con il tirocinio e la tesi collegata, perché in tal modo ho avuto l'opportunità di immergermi in un ambiente lavorativo e di apprendere tanto, non solo nel campo delle indagini fonometriche e del metodo dosimetrico, ma di tutto quello che riguarda la sicurezza e la salute negli ambienti di lavoro.

Passo poi ai miei genitori, Luigia e Piero, che sono stati i primi a supportarmi e soprattutto supportarmi volenti o nolenti, sia materialmente che spiritualmente e in maniera particolare nell'ultimo, non così semplice, periodo.

Sarei un bugiardo se non ringraziassi subito dopo e con eguale enfasi la mia fidanzata Monica, che da studentessa della stessa facoltà mi ha sempre fornito un valentissimo apporto durante gli studi, condividendone le gioie e i dolori e trovando sempre la voglia e il tempo di starmi accanto, togliendone anche ad essa stessa.

Non posso non includere anche gli amici recenti o di lunga data, cito ad esempio Enrico, Filippo e Luca, i parenti e i miei suoceri che in questi anni mi hanno spronato nel tener duro nonostante le molte difficoltà incontrate.

Un grato e letteralmente cordiale pensiero è doveroso verso tutte quelle colleghe e colleghi studenti con cui ho scambiato consigli e appunti durante questi anni all'Università Politecnica delle Marche.

Grazie anche al personale della biblioteca universitaria che ha affrontato pazientemente le mie frequenti visite e ricerche, in genere dedicate a libri di carattere non ingegneristico.

Infine, ringrazio anche la "GM Meccanica" per avermi accolto come "assistente" del Dottor Arcaleni durante le fonometrie e per aver messo a disposizione la piantina dell'azienda.

Grazie di cuore a tutti!

Dario Girimonte

Ancona, 28 ottobre 2020