

# CERTIFICAZIONE ACUSTICA E VIBRATORIA DELLE MACCHINE

**INAIL**

Manuale operativo

**2020**

**COLLANA SALUTE E SICUREZZA**





# CERTIFICAZIONE ACUSTICA E VIBRATORIA DELLE MACCHINE

**INAIL**

Manuale operativo

**2020**

## **Pubblicazione realizzata da**

### **Inail**

Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

### **Coordinamento scientifico**

Pietro Nataletti<sup>1</sup>

### **Autori**

Patrizio Fausti<sup>2</sup>, Cristina Marescotti<sup>2</sup>, Francesco Pompoli<sup>2</sup>, Andrea Santoni<sup>2</sup>, Eleonora Carletti<sup>3</sup>, Francesca Pedrielli<sup>3</sup>, Alessandro Peretti<sup>4</sup>, Jacopo Griguolo<sup>5</sup>, Pietro Nataletti<sup>1</sup>, Antonio Moschetto<sup>1</sup>

### **Editing e grafica**

Pina Galzerano<sup>1</sup>, Emanuela Giuli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

<sup>2</sup> Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

<sup>3</sup> Imamoter - Istituto per le macchine agricole e movimento a terra - Consiglio nazionale delle ricerche

<sup>4</sup> Scuola di specializzazione in medicina del lavoro, Università di Padova

<sup>5</sup> Tecnico competente in acustica ambientale

### **per informazioni**

**Inail** - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

Via Fontana Candida, 1 - 00078 Monte Porzio Catone (RM)

[dmil@inail.it](mailto:dmil@inail.it); [p.nataletti@inail.it](mailto:p.nataletti@inail.it)

**[www.inail.it](http://www.inail.it)**

©2020 Inail

ISBN 978-88-7484-654-2

Gli autori hanno la piena responsabilità delle opinioni espresse nelle pubblicazioni, che non vanno intese come posizioni ufficiali dell'Inail.

Le pubblicazioni vengono distribuite gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

## PREMESSA

Il presente manuale è stato predisposto nell'ambito del progetto Bric Inail ID26 del Piano delle attività di ricerca Inail 2016 - 2018 , dal titolo *Definizione di linee guida innovative, basate sullo stato dell'arte attuale, ai fini della progettazione, costruzione, certificazione e bonifica di macchine, attrezzature e ambienti di lavoro a basso rischio di esposizione a rumore e vibrazioni per i lavoratori*.

L'intero progetto ha avuto lo scopo di definire le procedure e le tecniche più adeguate da utilizzare nei vari ambiti, con l'obiettivo di ridurre il rischio di esposizione a rumore e vibrazioni per i lavoratori. I principali settori oggetto di studio sono stati i seguenti:

- progettazione acustica di ambienti di lavoro industriali e non;
- progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo;
- certificazione acustica e vibratoria delle macchine.

Per ciascuno dei suddetti settori sono stati studiati uno o più casi studio nell'ambito dei quali sono state eseguite sperimentazioni, analisi e simulazioni. Gli esempi descritti nei casi studio hanno permesso di eseguire specifici approfondimenti e contribuiscono a semplificare il trasferimento delle conoscenze e l'applicazione delle procedure descritte nei manuali.

I manuali prodotti nell'ambito di questo progetto non sono rivolti solo a tecnici altamente qualificati ma si prestano anche ad una fruizione da parte di personale di diverso livello come progettisti, costruttori, utilizzatori di macchine ed apparecchiature, datori di lavoro, responsabili della sicurezza, tecnici dei servizi di prevenzione delle Asl ed altri.

Per quanto riguarda il presente manuale sulla *Certificazione acustica e vibratoria delle macchine*, oltre ad un quadro generale legislativo e normativo e alle procedure per la certificazione acustica e vibratoria delle macchine, è stato effettuato un approfondito censimento delle norme UNI, EN, ISO, oltre alla manualistica e ad altre norme internazionali utilizzate nella prassi consolidata.

Il manuale affronta gli aspetti relativi alla certificazione delle macchine, non il rischio di esposizione e relativi obblighi del datore di lavoro, per il quale si rimanda alla manualistica presente nel sito Inail e nel Portale agenti fisici (PAF).

Il manuale si pone l'obiettivo di fornire una immediata operatività agli addetti aziendali e industriali e ai loro consulenti. Infatti, la possibilità di consultare le schede tecniche relative alle norme censite fornisce una visione di insieme di tutte le norme applicabili,

suddivise per settore (rumore e vibrazioni). Inoltre, il database, una volta implementato su supporto informatico, permetterà di eseguire ricerche specifiche per le principali tipologie di macchine e attrezzature, permettendo di individuare le peculiarità e le differenze e indirizzare l'utente verso le scelte più appropriate per ciascuna tipologia di macchina.

Il manuale costituisce uno degli strumenti operativi per la riduzione dei rischi previsti dal comma 3ter del d.lgs. 81/2008.

Sergio Iavicoli  
*Direttore del Dipartimento di medicina,  
epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale*

# INDICE

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	9
1.1	Contenuti del manuale	9
<b>2</b>	<b>Quadro su legislazione e normativa tecnica</b>	11
2.1	Introduzione	11
2.2	Il 'nuovo approccio' e gli strumenti legislativi	11
2.3	Valutazione della conformità	13
2.3.1	Moduli per la valutazione della conformità	14
2.3.2	Dichiarazione UE di conformità	19
2.3.3	Marcatura CE	20
2.4	Organismi notificati e accreditamento	21
2.5	Rapporto tra leggi e norme - Norme armonizzate	22
2.6	Norme di tipo A, tipo B e tipo C	24
2.7	Norme tecniche ed enti di normazione	25
<b>3</b>	<b>La certificazione acustica delle macchine</b>	26
3.1	Obblighi legislativi per il rumore	26
3.1.1	Direttiva macchine (2006/42/CE)	26
3.1.2	Direttiva sull'emissione acustica ambientale delle macchine destinate a funzionare all'aperto (2000/14/CE)	31
3.1.3	Direttiva 2003/10/CE	34
3.2	Norme tecniche generali - Rumore	35
3.2.1	Norme generali per la caratterizzazione delle emissioni acustiche delle macchine	35
3.2.2	Norme generali per la Direttiva 2006/42/CE	35
3.2.3	Norme generali per la Direttiva 2000/14/CE	36
3.3	Norme tecniche di prodotto - Rumore	36
3.4	Descrizione database norme - Rumore	37
<b>4</b>	<b>La certificazione vibratoria delle macchine</b>	39
4.1	Obblighi legislativi per le vibrazioni	39
4.1.1	Direttiva macchine (2006/42/CE)	39
4.1.2	Direttiva 2002/44/CE	44
4.2	Norme tecniche generali - Vibrazioni	44
4.2.1	Norme generali per la Direttiva 2006/42/CE	45
4.3	Norme tecniche di prodotto - Vibrazioni	46
4.4	Descrizione database norme - Vibrazioni	46
<b>5</b>	<b>Bibliografia e Sitografia</b>	48

<b>A</b>	<b>Caso studio: rumore e vibrazioni sui trattori agricoli</b>	57
A.1	Materiali e metodi	57
A.1.1	Trattori e dotazioni	57
A.1.2	Superfici di prova	65
A.1.3	Attività esaminate	67
A.1.4	Strumenti, metodi di misura ed elaborazione dei dati	70
A.2	Risultati	74
A.2.1	Dati ed elaborazioni	74
A.3	Analisi dei risultati	82
A.3.1	Rilievi presso l'azienda agricola	82
A.3.2	Rilievi presso il costruttore	97
A.4	Osservazioni	103
A.4.1	Assi delle vibrazioni determinanti il rischio per l'operatore	103
A.4.2	Valori delle vibrazioni determinanti il rischio per l'operatore	104
A.4.3	Attenuazione delle vibrazioni da parte dei sedili	104
A.4.4	Graduatorie dei trattori in termini di rischio	105
A.4.5	Graduatorie dei trattori in termini di vibrazioni complessive sul basamento del sedile	107
A.4.6	Graduatorie dei sedili dei trattori	109
A.5	Considerazioni finali sul caso studio	110
A.5.1	Assi delle vibrazioni determinanti il rischio per l'operatore	110
A.5.2	Accelerazioni determinanti il rischio e graduatorie	111
A.5.3	Impulsività delle accelerazioni sul piano del sedile	112
A.5.4	Carro a rimorchio	112
A.5.5	Attenuazione dei sedili e graduatorie	112
A.5.6	Curva di trasmissibilità delle vibrazioni attraverso il sedile	114
A.5.7	Componenti in frequenza delle accelerazioni	114
A.5.8	Frequenza di risonanza degli pneumatici e del sistema trattore pneumatici	115
A.5.9	Frequenza di risonanza e di eccitazione del sedile	115
A.5.10	Sospensioni	115
A.5.11	Accelerazioni sulle piste a risalti	116
A.5.12	Rumore	116
A.6	Dati di omologazione dei trattori	117
A.6.1	Rumore al posto operatore	118
A.6.2	Vibrazioni	120
A.7	I valori di esposizione sui trattori nel database del PAF	125
A.7.1	Rumore al posto operatore	125
A.7.2	Vibrazioni	127
A.8	Conclusioni	133



<b>B</b>	<b>Norme tecniche</b>	134
B.1	Elenco norme tecniche rumore	134
B.2	Elenco norme tecniche vibrazione	163



# 1 INTRODUZIONE

## 1.1 CONTENUTI DEL MANUALE

Nella prima parte del manuale (capitolo 2) vengono illustrati i principali riferimenti legislativi e normativi derivanti dalle strategie comunitarie, in particolare dalla direttiva 2006/42/CE (direttiva macchine), indirizzate a regolamentare le emissioni acustiche delle macchine e attrezzature rilevanti ai fini della preservazione della salute dei lavoratori. Vengono inoltre fornite le definizioni e le procedure finalizzate alla certificazione acustica e vibratoria, incluse le procedure di valutazione della conformità e la relativa marcatura CE di prodotti.

Nella seconda parte del manuale (capitoli 3 e 4) vengono descritti gli obblighi legislativi e le procedure relative alla certificazione acustica e vibratoria delle macchine, facendo riferimento soprattutto alle indicazioni delle principali direttive europee del settore rumore (2006/42/CE, 2000/14/CE, 2003/10/CE) e vibrazioni (2006/42/CE, 2002/44/CE). Vengono inoltre descritte sinteticamente le principali norme tecniche generali e fatti alcuni cenni sulla struttura delle norme tecniche di prodotto.

Nell'ultimo paragrafo di ciascuno di questi capitoli, viene fornita una breve descrizione delle informazioni relative al database normativo, sia come elenco che come schede tecniche per ciascuna norma. In questi paragrafi, in particolare, si descrivono i campi nei quali è strutturato il database che possono essere poi utilizzati per agevolare la ricerca delle informazioni necessarie, quando sarà implementato su supporto informatico.

Negli elenchi delle norme (riportati negli allegati B.1 e B.2), sono state elencate ed analizzate circa 400 norme per il rumore e circa 100 norme per le vibrazioni. Il database di schede tecniche di sintesi per ciascuna norma rappresenta uno strumento fondamentale per perseguire l'obiettivo di fornire indicazioni procedurali per la certificazione acustica e vibratoria delle macchine.

Le norme sono state censite e classificate, considerando sia quelle di carattere generale che quelle specifiche di prodotto, tenendo conto della loro applicabilità in laboratorio o in campo, mettendo in risalto sia le diverse condizioni operative che le diverse condizioni di misura.

Il database delle schede tecniche di ciascuna norma, una volta implementato su supporto informatico, potrà essere aggiornato ed ampliato seguendo le revisioni e gli aggiornamenti normativi, così da mantenere aggiornate le informazioni.

Nell'allegato A del manuale è riportata la descrizione del caso studio relativo ai trattori agricoli che, com'è noto, espongono gli operatori a rumore e vibrazioni. Si è scelta questa tipologia di macchine in quanto la sua diffusione è estremamente rilevante in Italia (quasi 2 milioni di unità) e le stesse risultano in larga misura obsolete in quanto il rinnovo di questi mezzi stenta a decollare. Pertanto, questa indagine risulta particolarmente importante anche a fini igienistici.

Nell'ambito del caso studio sui trattori agricoli è stato preso in esame un gruppo di macchine di potenza simile ma con differenti dotazioni tecnologiche (sospensioni, cabina, sedile). Sono state eseguite misurazioni comparative di rumore e vibrazioni, nelle normali condizioni di lavoro, variando alcuni parametri operativi (velocità, pressione di gonfiaggio pneumatici, tipo di lavorazione, tipologia di percorso, ecc.). Le finalità hanno riguardato sia l'individuazione delle criticità delle procedure di certificazione che la valutazione dei parametri che maggiormente determinano i livelli di rumore e vibrazioni.

## 2 QUADRO SU LEGISLAZIONE E NORMATIVA TECNICA

### 2.1 INTRODUZIONE

Le strategie comunitarie per il controllo del rumore emesso dalle attrezzature di lavoro, e dalle macchine in modo particolare, vedono il loro inizio in svariati documenti di indirizzo, che hanno a loro volta fornito la base per l'emanazione di direttive indirizzate a regolamentare le emissioni acustiche, ai fini della preservazione della salute dei lavoratori e della qualità dell'ambiente [1].

La normativa di armonizzazione dell'Unione si applica ai prodotti destinati a essere immessi, o messi in servizio, sul mercato e a qualsiasi operazione successiva di messa a disposizione fino a quando il prodotto raggiunge l'utilizzatore finale. Un prodotto ancora presente nella catena di distribuzione è soggetto agli obblighi della normativa di armonizzazione dell'Unione fintanto che si tratta di un prodotto nuovo. In questo processo sono individuati diversi operatori economici, quali fabbricanti, rappresentanti autorizzati, distributori e importatori, ciascuno con un proprio ruolo, obblighi e responsabilità. L'utilizzatore finale non è uno degli operatori economici responsabili ai sensi della normativa di armonizzazione dell'Unione: questo significa che eventuali operazioni o transazioni effettuate dall'utilizzatore finale in relazione al prodotto non sono soggette alla normativa di armonizzazione dell'Unione, ma potrebbero rientrare in un altro regime normativo, in particolare a livello nazionale. Quando il prodotto viene messo in servizio dal datore di lavoro per essere utilizzato dai suoi dipendenti, il datore di lavoro è assimilato all'utilizzatore finale. Pertanto, la normativa di armonizzazione dell'Unione si applica a prodotti finiti, di nuova fabbricazione, ma anche a prodotti usati e di seconda mano importati da un paese terzo quando entrano nel mercato dell'Unione per la prima volta, indipendentemente dalla forma di vendita (anche tramite commercio elettronico) [1].

### 2.2 IL NUOVO APPROCCIO E GLI STRUMENTI LEGISLATIVI

La libera circolazione dei beni all'interno dell'Unione europea è una pietra miliare del mercato unico. Tuttavia, l'obiettivo della creazione di un mercato unico (dicembre 1992) non avrebbe potuto realizzarsi senza un nuovo approccio di regolamentazione che fissasse i requisiti essenziali generali, che riducesse il controllo delle autorità pubbliche prima dell'immissione nel mercato di un prodotto e che integrasse anche la garanzia di qualità e altre moderne tecniche di valutazione della conformità.

Storicamente, la legislazione dell'UE sui prodotti si è evoluta attraverso quattro fasi principali:

- l'approccio tradizionale, o **vecchio approccio**, con testi dettagliati contenenti tutti i necessari requisiti tecnici e amministrativi;

- il **nuovo approccio**, formulato nel 1985 [2] che limitava il contenuto della legislazione a 'requisiti essenziali' lasciando la definizione dei dettagli tecnici a norme armonizzate europee; questo a sua volta ha determinato lo sviluppo di una politica europea di normazione a sostegno della legislazione;
- lo sviluppo di strumenti per la **valutazione della conformità**, resi necessari dall'attuazione dei vari atti di armonizzazione dell'Unione, del nuovo e del vecchio approccio;
- il nuovo quadro legislativo adottato nel luglio 2008 e basato sul nuovo approccio, che ha completato il quadro legislativo generale con tutti gli elementi necessari ai fini dell'efficacia in termini di valutazione della conformità, accreditamento e vigilanza del mercato, compreso il controllo dei prodotti dei paesi extra-UE.

Elementi cardine del nuovo quadro legislativo (NLF - New Legislative Framework) sono il regolamento (CE) n. 765/2008 [3] e la decisione n. 768/2008/CE [4] che riuniscono tutti gli elementi necessari per garantire, da un lato, la sicurezza dei prodotti industriali e la loro conformità ai requisiti imposti dalle direttive e, dall'altro, il corretto funzionamento del mercato unico.

Il regolamento (CE) n. 765/2008 ha stabilito la base giuridica per l'accREDITAMENTO e la vigilanza del mercato e ha consolidato il significato della marcatura CE, riempiendo così un vuoto esistente.

La decisione n. 768/2008/CE ha aggiornato, armonizzato e consolidato i vari strumenti tecnici già utilizzati nell'attuale normativa di armonizzazione dell'Unione (non solo nelle direttive del nuovo approccio): le definizioni, i criteri per la designazione e la notifica degli organismi di valutazione della conformità, le regole per il processo di notifica, le procedure di valutazione della conformità (moduli) e le regole per il loro utilizzo, i meccanismi di salvaguardia, le responsabilità degli operatori economici e i requisiti di tracciabilità. Importanti orientamenti per l'attuazione delle disposizioni e dei concetti definiti nel nuovo quadro legislativo sono riportati nella Blue guide, che ha l'ambizione di spiegare nel dettaglio i diversi elementi del nuovo quadro legislativo e di contribuire a una migliore comprensione generale del sistema, affinché la normativa venga attuata correttamente e risulti efficace per la tutela di interessi pubblici quali la salute e la sicurezza, i consumatori, l'ambiente e la pubblica sicurezza, nonché per il corretto funzionamento del mercato interno per gli operatori economici [1].

Per realizzare gli obiettivi stabiliti nei trattati, l'UE adotta diversi tipi di atti legislativi. Alcuni si applicano in tutti i paesi dell'UE, altri solo in alcuni di essi. Si riportano qui di seguito le loro principali differenze, indicando quali di essi sono vincolanti e quali no [5].

- **Regolamenti**: un regolamento è un atto legislativo vincolante. Deve essere applicato in tutti i suoi elementi nell'intera Unione europea. Non necessita di un atto di recepimento nazionale.
- **Direttive**: una direttiva è un atto legislativo che stabilisce un obiettivo che tutti i paesi dell'UE devono realizzare. Tuttavia, spetta ai singoli paesi definire attraverso disposizioni nazionali (atti di recepimento) come tali obiettivi vadano raggiunti.
- **Decisioni**: una decisione è vincolante per i suoi destinatari (ad esempio un paese dell'UE o una singola impresa) ed è direttamente applicabile.

- **Raccomandazioni:** una raccomandazione non è vincolante. Una raccomandazione consente alle istituzioni europee di rendere note le loro posizioni e di suggerire linee di azione senza imporre obblighi giuridici a carico dei destinatari.
- **Pareri:** un parere è uno strumento che permette alle istituzioni europee di esprimere la loro posizione senza imporre obblighi giuridici ai destinatari. Un parere non è vincolante. Può essere emesso dalle principali istituzioni dell'UE (Commissione, Consiglio, Parlamento), dal Comitato delle regioni e dal Comitato economico e sociale europeo. Durante il processo legislativo, i comitati emettono pareri che riflettono il loro specifico punto di vista, regionale o economico e sociale.

Oltre agli atti giuridici previsti dai trattati, le istituzioni dell'Unione dispongono anche di altri strumenti d'azione per modellare l'ordinamento giuridico dell'UE. Nella prassi dell'Unione gli strumenti più importanti sono in primis le risoluzioni, le dichiarazioni e i programmi d'azione. Anche i libri bianchi e i libri verdi sono di notevole importanza nella prassi dell'Unione. I libri bianchi pubblicati dalla Commissione contengono proposte concrete per le misure dell'UE da adottare in una determinata area politica. I libri verdi mirano a fornire spunti di riflessione su argomenti specifici a livello europeo e costituiscono la base per una consultazione e discussione pubblica sulla complessità dei temi trattati al loro interno. In taluni casi forniscono l'impulso per lo sviluppo di norme giuridiche che vengono poi illustrate nei libri bianchi [6].

Uno strumento molto utilizzato che spesso accompagna gli atti legislativi è rappresentato dalle Linee guida. Le linee guida sono da intendersi puramente come documento di orientamento esplicativo dello spirito con il quale è stato predisposto un atto legislativo. Esse non devono essere considerate una posizione ufficiale della Commissione. Solo il testo degli atti di armonizzazione dell'Unione ha valore giuridico e fa fede in caso di divergenze con il contenuto della relativa guida. In certi casi possono riscontrarsi differenze tra le disposizioni di un atto di armonizzazione dell'UE e il contenuto della relativa guida, in particolare in presenza di disposizioni leggermente divergenti nei singoli atti che la guida non può descrivere in modo esauriente. L'interpretazione vincolante della legislazione UE è di esclusiva competenza della Corte di giustizia dell'Unione europea. La Commissione europea, o qualsiasi soggetto che agisce in suo nome, non sarà ritenuta in alcun modo responsabile dell'uso che potrà essere fatto delle informazioni contenute in alcuna guida.

### 2.3 VALUTAZIONE DELLA CONFORMITÀ

L'introduzione del nuovo approccio ha reso necessaria la messa a punto di un'adeguata politica di valutazione della conformità, il cosiddetto approccio globale. Il Consiglio ha quindi elaborato procedure consolidate di valutazione della conformità (detti moduli) e le regole per la loro selezione e il loro uso nelle direttive. Pertanto, ogni atto legislativo (del vecchio o del nuovo approccio) in materia di prodotti contiene due elementi importanti:

- le prescrizioni legislative che disciplinano le caratteristiche dei prodotti interessati;

- le procedure di valutazione della conformità eseguite dal fabbricante per dimostrare che un prodotto è conforme a tali prescrizioni legislative prima dell'immissione sul mercato.

L'obiettivo essenziale di una procedura di valutazione della conformità è dimostrare che i prodotti immessi sul mercato sono conformi ai requisiti definiti nelle disposizioni della legislazione pertinente. In estrema sintesi, il processo che deve portare alla attestazione della conformità, deve essere composto di varie fasi:

- individuazione delle direttive applicabili al prodotto;
- analisi dei requisiti oggetto di regolamentazione da parte delle direttive: dall'analisi dei rischi alle caratteristiche specifiche, quali, per esempio, rumore ed emissioni gassose;
- definizione delle procedure in sede di progetto atte al raggiungimento dell'obiettivo prefisso;
- individuazione del modulo per l'attestazione di conformità idoneo alla propria struttura aziendale e conforme a quelli consentiti dalle varie direttive;
- realizzazione pratica delle misure individuate, con o senza intervento di una terza parte.

Ciascuna di queste fasi è intrinsecamente critica, e tutte debbono essere intraprese con eguale determinazione per garantire il successo del sistema.

La normativa di armonizzazione dell'Unione istituisce procedure di valutazione della conformità obbligate per il fabbricante, oppure gli concede la facoltà di scegliere tra varie procedure. Poiché traggono origine dalla decisione n. 768/2008/CE, le procedure di valutazione della conformità nella normativa di armonizzazione dell'Unione si mantengono coerenti, a vantaggio della trasparenza della valutazione della conformità dei prodotti, soprattutto quando a un prodotto si applicano più atti legislativi di armonizzazione.

Infatti, poiché la normativa di armonizzazione dell'Unione copre un'ampia gamma di prodotti, rischi e impatti che possono sovrapporsi e integrarsi a vicenda, può essere necessario prendere in esame diversi atti legislativi per uno stesso prodotto, poiché quest'ultimo può essere messo a disposizione o messo in servizio solo se risulta conforme a tutte le disposizioni applicabili e quando sia stata effettuata la valutazione della conformità ai sensi di tutta la vigente normativa di armonizzazione dell'Unione. Poiché i rischi contemplati dai requisiti di vari atti di armonizzazione dell'Unione riguardano solitamente diversi aspetti che in molti casi sono complementari tra loro, risulta necessaria l'applicazione simultanea dei vari atti legislativi. Il prodotto deve pertanto essere progettato e fabbricato conformemente a tutta la normativa di armonizzazione dell'Unione applicabile ed essere sottoposto alle procedure di valutazione della conformità ai sensi di tutta la legislazione applicabile, se non disposto altrimenti.

### 2.3.1 Moduli per la valutazione della conformità

La valutazione, e successiva attestazione, della conformità in base ai moduli, come



definiti ai sensi della decisione n. 768/2008/CE, dipende dall'intervento della parte interessata (fabbricante) o di un terzo (organismo notificato) e riguarda la fase di progettazione, di fabbricazione del prodotto o entrambe. La scelta dei moduli applicabili alle varie normative di armonizzazione dell'Unione è normalmente lasciata alla discrezionalità del legislatore che, in funzione delle diverse tipologie di prodotti e delle caratteristiche del comparto produttivo (applicando un principio di proporzionalità fra misure richieste e risultato atteso), sceglierà quelli più idonei.

Sono previsti otto moduli (denominati con le lettere da A a H) che stabiliscono la responsabilità del fabbricante (e del suo rappresentante autorizzato) e il grado di coinvolgimento dell'organismo interno accreditato o dell'organismo di valutazione della conformità notificato. Diversi di questi moduli presentano varianti.

I moduli differiscono tra loro in base alla fase di sviluppo del prodotto (ad esempio, fase di progettazione, di prototipazione o di produzione piena), al tipo di valutazione da effettuare: dai moduli più 'leggeri', quale il controllo interno della produzione, a quelli più 'completi', quale la garanzia di qualità totale, con esame UE del progetto. Per far fronte ai moderni processi di fabbricazione, i moduli prevedono non solo i processi di valutazione della conformità dei prodotti ma anche di valutazione della gestione della qualità, lasciando al legislatore la facoltà di decidere quali siano i più appropriati in ciascun settore.

In Figura 1 i moduli oggi disponibili per l'attestazione della conformità sono suddivisi in base alla fase di sviluppo del prodotto nella quale vanno applicati. In particolare:

#### Modulo A - Controllo interno della produzione

Riguarda progettazione e produzione. È lo stesso fabbricante a garantire la conformità dei prodotti alle prescrizioni legislative (nessun esame UE del tipo).

#### Modulo A1 - Controllo interno della produzione unito a prove ufficiali del prodotto

Riguarda progettazione e produzione. Modulo A + prove su aspetti specifici del prodotto effettuate da un organismo interno accreditato o sotto la responsabilità di un organismo notificato scelto dal fabbricante.

#### Modulo A2 - Controllo interno della produzione unito a controlli ufficiali effettuati a intervalli casuali

Riguarda progettazione e produzione. Modulo A + controlli sul prodotto a intervalli casuali effettuati da un organismo notificato o da un organismo interno accreditato.

#### Modulo B - Esame UE del tipo

Riguarda la progettazione. È sempre seguito da altri moduli con i quali si dimostra la conformità dei prodotti al tipo UE approvato. Un organismo notificato esamina il progetto tecnico e/o il campione di un tipo e verifica e attesta che soddisfi i requisiti dello strumento legislativo ad esso applicabile, rilasciando un certificato di esame UE del tipo. L'esame UE del tipo si può effettuare in tre modi: 1) tipo di produzione, 2) combinazione tra tipo di produzione e tipo di progetto e 3) tipo di progetto.

### Modulo C - Conformità al tipo UE basata sul controllo interno della produzione

Riguarda la produzione e segue il modulo B. Il fabbricante controlla internamente la sua produzione al fine di garantire la conformità del prodotto al tipo UE approvato in base al modulo B.

### Modulo C1 - Conformità al tipo UE basata sul controllo interno della produzione unito a prove del prodotto sotto controllo ufficiale

Riguarda la produzione e segue il modulo B. Il fabbricante controlla internamente la sua produzione al fine di garantire la conformità del prodotto al tipo UE approvato in base al modulo B. Modulo C + prove su aspetti specifici del prodotto effettuate da un organismo interno accreditato o sotto la responsabilità di un organismo notificato scelto dal fabbricante (a meno di specifiche limitazioni date dal legislatore).

### Modulo C2 - Conformità al tipo UE basata sul controllo interno della produzione unito a prove del prodotto sotto controllo ufficiale effettuate a intervalli casuali

Riguarda la produzione e segue il modulo B. Il fabbricante controlla internamente la sua produzione al fine di garantire la conformità del prodotto al tipo UE approvato in base al modulo B. Modulo C + prove su aspetti specifici del prodotto effettuate a intervalli casuali da un organismo notificato o un organismo interno accreditato.

### Modulo D - Conformità al tipo UE basata sulla garanzia della qualità nel processo di produzione

Riguarda la produzione e segue il modulo B. Il fabbricante adotta un sistema di garanzia della qualità per la produzione (fabbricazione e ispezione del prodotto finale) al fine di garantire la conformità al tipo UE. L'organismo notificato valuta il sistema di qualità.

### Modulo D1 - Garanzia della qualità del processo di produzione

Riguarda progettazione e produzione. Il fabbricante adotta un sistema di garanzia della qualità per la produzione (fabbricazione e ispezione del prodotto finale) al fine di garantire la conformità alle prescrizioni legislative (nessun tipo UE, modulo utilizzato come modulo D senza modulo B). L'organismo notificato valuta il sistema di qualità per la produzione (fabbricazione e ispezione del prodotto finale).

### Modulo E - Conformità al tipo UE fondata sulla garanzia della qualità del prodotto

Riguarda la produzione e segue il modulo B. Il fabbricante adotta un sistema di garanzia della qualità (= qualità della produzione senza la fase di fabbricazione) per l'ispezione del prodotto finale e le prove al fine di garantire la conformità al tipo UE. Un organismo notificato valuta il sistema di qualità. L'idea alla base del modulo E è simile a quella alla base del modulo D: entrambi si fondano su un sistema di qualità e seguono il modulo B, con la differenza che il sistema di qualità ai sensi del modulo E mira a garantire la qualità del prodotto finale, mentre il sistema di qualità ai sensi del modulo D (e D1) mira a garantire la qualità dell'intero processo di produzione (che comprende

la fase di fabbricazione e la prova del prodotto finale). Il modulo E è quindi simile al modulo D senza le disposizioni relative al processo di fabbricazione.

**Modulo E1 - Garanzia della qualità fornita dall'ispezione e dalla prova del prodotto finale**  
Riguarda progettazione e produzione. Il fabbricante adotta un sistema di garanzia della qualità (= qualità della produzione senza la fase di fabbricazione) per l'ispezione del prodotto finale e le prove al fine di garantire la conformità alle prescrizioni legislative (nessun tipo UE, modulo utilizzato come modulo E senza modulo B). L'organismo notificato valuta il sistema di qualità. L'idea alla base del modulo E1 è simile a quella alla base del modulo D1: entrambi si fondano su un sistema di qualità, con la differenza che il sistema di qualità ai sensi del modulo E1 mira a garantire la qualità del prodotto finale, mentre il sistema di qualità ai sensi del modulo D1 mira a garantire la qualità dell'intero processo di produzione (che comprende la fase di fabbricazione e la prova del prodotto finale). Il modulo E1 è quindi simile al modulo D1 senza le disposizioni relative al processo di fabbricazione.

#### **Modulo F - Conformità al tipo UE basata sulla verifica del prodotto**

Riguarda la produzione e segue il modulo B. Il fabbricante garantisce la conformità dei prodotti fabbricati al tipo UE approvato. L'organismo notificato effettua esami (prove di ogni prodotto o controlli statistici) atti ad accertare la conformità dei prodotti al tipo UE. Il modulo F è come il modulo C2 ma l'organismo notificato effettua controlli più sistematici sui prodotti.

#### **Modulo F1 - Conformità basata sulla verifica del prodotto**

Riguarda progettazione e produzione. Il fabbricante garantisce la conformità dei prodotti fabbricati alle prescrizioni legislative. L'organismo notificato effettua esami (prove di ogni prodotto o controlli statistici) atti ad accertare la conformità dei prodotti alle prescrizioni legislative (nessun tipo UE, modulo utilizzato come modulo F senza modulo B). Il modulo F1 è come il modulo A2 ma l'organismo notificato effettua controlli più dettagliati sui prodotti.

#### **Modulo G - Conformità basata sulla verifica dell'unità**

Riguarda progettazione e produzione. Il fabbricante garantisce la conformità dei prodotti fabbricati alle prescrizioni legislative. L'organismo notificato verifica ogni singolo prodotto al fine di garantire la conformità alle prescrizioni legislative (nessun tipo UE).

#### **Modulo H - Conformità basata sulla garanzia qualità totale**

Riguarda progettazione e produzione. Il fabbricante applica un sistema di qualità totale atto a garantire la conformità alle prescrizioni legislative (nessun tipo UE). L'organismo notificato valuta il sistema di qualità.

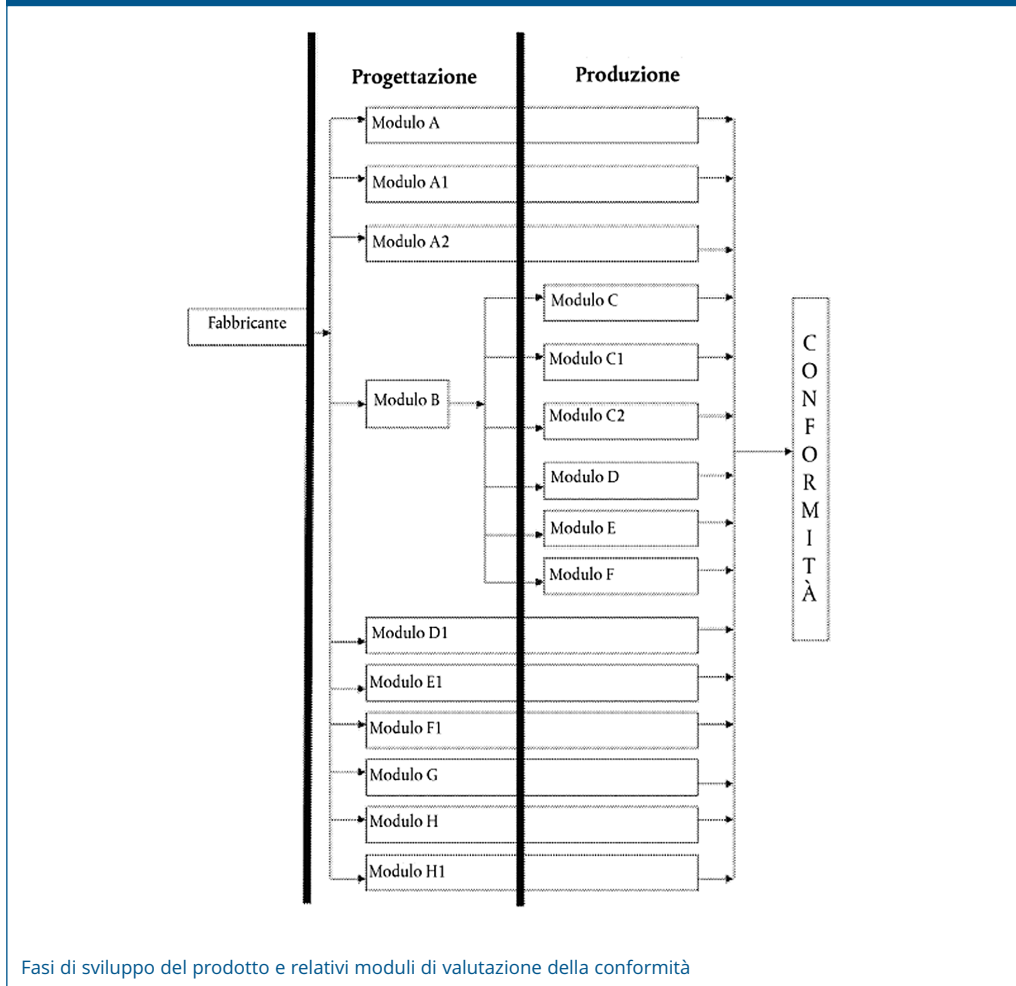
#### **Modulo H1 - Conformità basata sulla garanzia qualità totale e sull'esame del progetto**

Riguarda progettazione e produzione. Il fabbricante applica un sistema di qualità totale

atto a garantire la conformità alle prescrizioni legislative (nessun tipo UE). L'organismo notificato valuta il sistema di qualità e il progetto del prodotto e rilascia un certificato di esame UE del progetto. Rispetto al modulo H, il modulo H1 prevede che l'organismo notificato effettui un esame più dettagliato del progetto del prodotto. Il certificato di esame UE del progetto non deve essere confuso con il certificato di esame UE del tipo del modulo B, che attesta la conformità di un campione 'rappresentativo della produzione prevista' in modo che la conformità dei prodotti possa essere verificata a fronte di tale campione. Il certificato di esame UE del progetto del modulo H1 non prevede un campione, ma attesta che la conformità del progetto del prodotto è stata controllata e certificata da un organismo notificato.

Figura 1

## Moduli di valutazione della conformità



(La Guida blu all'attuazione della normativa UE sui prodotti 2016 (Blue guide), Gazzetta ufficiale dell'Unione europea C 272 del 26/07/2016)

### 2.3.2 Dichiarazione UE di conformità

Il fabbricante, o il suo rappresentante autorizzato stabilito nell'Unione, prima di immettere un prodotto sul mercato, deve preparare e firmare una dichiarazione UE di conformità nell'ambito della procedura di valutazione della conformità prevista dalla normativa di armonizzazione dell'Unione. La dichiarazione UE di conformità è il documento che attesta che il prodotto soddisfa tutti i requisiti pertinenti della normativa applicabile. Con la preparazione e la firma della dichiarazione UE di conformità, il fabbricante si assume la responsabilità della conformità del prodotto.

Il contenuto della dichiarazione UE di conformità si riferisce al modello di dichiarazione contenuto nell'allegato III della decisione n. 768/2008/CE o a un modello allegato direttamente alla normativa di armonizzazione settoriale dell'Unione in questione.

Il modello di dichiarazione della decisione n. 768/2008/CE contiene le seguenti informazioni:

1. un numero di identificazione del prodotto (questo numero non deve necessariamente essere unico per ciascun prodotto, ma può riferirsi a un numero di prodotto, di lotto, di tipo o di serie, a discrezione del fabbricante);
2. il nome e l'indirizzo del fabbricante o del rappresentante autorizzato che rilascia la dichiarazione;
3. la conferma che la dichiarazione è rilasciata sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante;
4. l'identificazione del prodotto che ne consenta la rintracciabilità. Si tratta sostanzialmente di qualsiasi informazione aggiuntiva al punto 1 che descriva il prodotto e ne consenta la rintracciabilità. Può contenere un'immagine, laddove sia rilevante per l'identificazione del prodotto, ma ciò è comunque a discrezione del fabbricante, salvo quando vi sia un obbligo specifico nella normativa di armonizzazione dell'Unione;
5. tutta la pertinente normativa di armonizzazione dell'Unione nei confronti della quale è dichiarata la conformità; norme o altre specifiche tecniche (anche nazionali) cui si è fatto riferimento, riportate in modo preciso, completo e chiaro, con l'indicazione della versione e/o della data della norma pertinente;
6. il nome e il numero di identificazione dell'eventuale organismo notificato coinvolto nella procedura di valutazione della conformità e, se del caso, il riferimento al pertinente certificato;
7. tutte le eventuali informazioni supplementari necessarie (ad esempio classe, categoria);
8. data di rilascio della dichiarazione (potrebbe trattarsi di qualsiasi data dopo il completamento della valutazione della conformità); firma e titolo o timbro equivalente della persona autorizzata.

Quando a uno stesso prodotto si applicano vari atti di armonizzazione dell'Unione, il fabbricante o il rappresentante autorizzato presenta un'unica dichiarazione di conformità per tutti gli atti applicabili al prodotto. Al fine di ridurre l'onere amministrativo a carico degli operatori economici e di facilitare il suo adeguamento alla modifica di uno

degli atti dell'Unione applicabili, la dichiarazione unica può essere un fascicolo comprendente le singole dichiarazioni di conformità pertinenti.

### 2.3.3 Marcatura CE

La marcatura CE è un indicatore fondamentale (ma non una prova) della conformità del prodotto alla legislazione dell'UE e consente la libera circolazione dei prodotti all'interno del mercato dello Spazio economico europeo (SEE, ossia Stati membri dell'UE e taluni paesi EFTA (European Free Trade Association): Islanda, Norvegia e Liechtenstein) e della Turchia, a prescindere dal fatto che siano fabbricati nel SEE, in Turchia o in un altro paese. Agli Stati membri del SEE non è consentito limitare l'immissione sul mercato di prodotti muniti di marcatura CE, salvo quando un tale provvedimento sia giustificato in base a una prova della mancata conformità del prodotto. Questo vale anche per i prodotti fabbricati in paesi terzi e venduti nel SEE.

La marcatura CE non indica che un prodotto è stato fabbricato nell'Unione europea, bensì indica la sua conformità a tutti i requisiti stabiliti dagli atti di armonizzazione dell'Unione in questione. Di conseguenza è da considerarsi un'informazione essenziale per le autorità degli Stati membri e per altre parti interessate (ad esempio i distributori). La marcatura CE non serve per scopi commerciali, ossia non è uno strumento di marketing. La marcatura CE è il risultato visibile di un intero processo che comprende la valutazione della conformità in senso lato e indica che un prodotto è dichiarato conforme alla normativa di armonizzazione dell'Unione dal fabbricante.

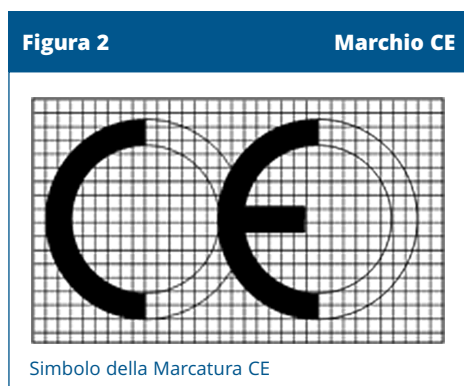
Il fabbricante, a prescindere che sia stabilito all'interno o all'esterno dell'Unione, è il soggetto che in ultima analisi è responsabile della conformità del prodotto alle disposizioni della normativa di armonizzazione dell'Unione e dell'apposizione della marcatura CE. Il fabbricante può nominare un rappresentante autorizzato che provveda ad apporre la marcatura CE per suo conto. Apponendo la marcatura CE, il fabbricante dichiara sotto la sua esclusiva responsabilità (e a prescindere dal fatto che nella procedura di valutazione della conformità sia intervenuta una terza persona) la conformità a tutte le prescrizioni giuridiche necessarie per ottenere la marcatura CE.

Se l'importatore, il distributore o un altro operatore immette dei prodotti sul mercato con il proprio nome o con il proprio marchio ovvero li modifica, assume le responsabilità del fabbricante, che comprendono la responsabilità della conformità del prodotto e dell'apposizione della marcatura CE. In tal caso deve disporre di informazioni sufficienti sulla progettazione e sulla fabbricazione del prodotto, poiché nell'apporre la marcatura CE se ne assume la responsabilità giuridica.

È opportuno notare che non tutti i prodotti devono recare la marcatura CE. L'obbligo o l'esclusione sono indicati nei singoli atti di armonizzazione dell'Unione. Alcuni di questi atti, inoltre, prevedono pittogrammi o marcature aggiuntive che sono complementari e non si sovrappongono alla marcatura CE.

Ove prevista, la marcatura CE deve essere apposta in modo visibile, leggibile e indelebile sul prodotto o sulla relativa targhetta segnaletica. Tuttavia, qualora la natura del prodotto non lo consenta o non lo giustifichi, deve essere apposta sull'eventuale imballaggio e/o sulla documentazione di accompagnamento.

Il requisito della visibilità comporta che la marcatura CE sia facilmente accessibile per tutte le parti interessate. Per garantire la leggibilità, generalmente, è richiesta un'altezza minima di 5 mm ma vari atti legislativi consentono una deroga alle dimensioni minime della marcatura CE per elementi o componenti di piccole dimensioni. Inoltre, in circostanze normali non deve poter essere eliminata senza lasciare tracce visibili. Ciò non significa comunque che la marcatura CE debba essere parte integrante del prodotto. Il regolamento (CE) n. 765/2008 e la decisione n. 768/2008/CE stabiliscono che la marcatura CE deve avere le dimensioni, il formato e le proporzioni definite nell'allegato II del regolamento (CE) n. 765/2008 e mostrate in Figura 2. La marcatura CE può comunque assumere aspetti diversi (ad es. a colori, a caratteri pieni/vuoti).



(Direttiva macchine 2006/42/CE)

## 2.4 ORGANISMI NOTIFICATI E ACCREDITAMENTO

Gli organismi notificati sono organismi di valutazione della conformità che sono stati ufficialmente designati dalle rispettive autorità nazionali per svolgere le procedure di valutazione della conformità ai sensi della normativa di armonizzazione dell'Unione applicabile quando occorre l'intervento di terzi.

Un organismo notificato non può essere il fabbricante, il rappresentante autorizzato, un fornitore o un loro concorrente commerciale, e l'organismo non può offrire o fornire (né avere offerto o fornito) consulenze o pareri a una qualsiasi delle parti sopraccitate in materia di progettazione, costruzione, commercializzazione o manutenzione dei prodotti interessati. Questo non esclude comunque la possibilità di scambi di informazioni e orientamenti di carattere tecnico tra il fabbricante, il rappresentante autorizzato, i fornitori e l'organismo notificato. Gli organismi notificati sono, e devono rimanere, terze parti indipendenti dai loro clienti e da altre parti interessate. Lo stato giuridico dell'organismo che richiede la notifica, sia esso pubblico o privato, è irrilevante a condizione che ne siano garantite l'indipendenza, l'imparzialità e l'integrità e che l'organismo sia identificabile come persona giuridica titolare di diritti e obblighi.

Ciascuno Stato membro deve designare un'autorità di notifica responsabile della valutazione, della notifica e del monitoraggio degli organismi di valutazione della conformità. L'autorità di notifica si assume la piena responsabilità in merito alla competenza degli organismi che notifica.

L'accreditamento effettuato ai sensi della serie di norme EN ISO/IEC 17000 da organismi di accreditamento riconosciuti a livello nazionale e membri della cooperazione europea per l'accreditamento (EA) è una valutazione tecnica della competenza dell'organismo di valutazione della conformità che richiede la notifica. Pur non essendo un requisito obbligatorio, è comunque uno strumento importante e privilegiato per valutare la competenza e l'integrità degli organismi da notificare. Per questo motivo, le autorità nazionali di notifica dovrebbero considerarlo come la base tecnica migliore per la valutazione degli organismi di valutazione di conformità, al fine di ridurre le differenze tra i criteri applicati per la notifica.

Benché l'accreditamento sia lo strumento privilegiato per la verifica della competenza degli organismi di valutazione della conformità, gli stati membri possono procedere essi stessi alla valutazione. Dall'entrata in vigore del regolamento (CE) n. 765/2008 (1 gennaio 2010), occorre fornire alla Commissione e agli altri stati membri le necessarie prove atte a dimostrare che l'organismo oggetto della valutazione soddisfa tutti i requisiti normativi pertinenti. L'organismo notificato è inoltre soggetto a controlli periodici, simili alle prassi stabilite dalle organizzazioni di accreditamento.

Al fine di garantire il necessario livello di fiducia nell'imparzialità e nella competenza tecnica degli organismi di valutazione della conformità, nonché nei rapporti e certificati rilasciati dagli stessi, le autorità nazionali che effettuano la valutazione senza accreditamento dovrebbero fornire informazioni dettagliate e complete che descrivano le modalità con cui l'organismo candidato alla notifica è stato valutato come qualificato a svolgere le funzioni oggetto della notifica e dimostrino che esso soddisfa i criteri applicabili relativi agli organismi notificati. Queste informazioni, collegate a una data notifica, sono messe a disposizione della Commissione e degli altri Stati membri tramite lo strumento elettronico di notifica NANDO (New Approach Notified and Designated Organisations) [7].

## 2.5 RAPPORTO TRA LEGGI E NORME - NORME ARMONIZZATE

Per norma si intende una specifica tecnica adottata da un organismo di normazione riconosciuto, per applicazione ripetuta o continua, alla quale non è obbligatorio conformarsi. L'applicazione delle norme tecniche è obbligatoria solo se tale obbligo è riportato in un atto legislativo.

Dal 1985 con l'avvento della nuova strategia in materia di armonizzazione tecnica e normalizzazione (nuovo approccio), sono stati fissati i seguenti principi:

- l'armonizzazione legislativa si limita ai requisiti essenziali (preferibilmente requisiti relativi a prestazioni o requisiti funzionali) che i prodotti immessi sul mercato UE devono rispettare per poter circolare liberamente all'interno dell'UE;



- le specifiche tecniche dei prodotti che rispettano i requisiti essenziali fissati nella legislazione vengono definite in norme armonizzate che si possono applicare unitamente alla legislazione;
- i prodotti fabbricati nel rispetto delle norme armonizzate godono della presunzione di conformità, ossia sono ritenuti conformi ai corrispondenti requisiti essenziali della legislazione applicabile;
- l'applicazione delle norme armonizzate rimane volontaria e il fabbricante può sempre applicare altre specifiche tecniche per soddisfare i requisiti (assumendosi però l'onere di dimostrare che tali specifiche tecniche rispondono alle esigenze dei requisiti essenziali).

Le norme armonizzate sono norme europee alle quali il regolamento (UE) n. 1025/2012 [8] e la legislazione di armonizzazione settoriale dell'Unione conferiscono un significato particolare. È importante però notare che la definizione di una norma armonizzata non contiene alcun riferimento alla pubblicazione del titolo nella G.U. UE. Finché il titolo di una norma armonizzata non è pubblicato nella G.U. UE, la norma armonizzata, o parte di essa, non conferisce la presunzione di conformità ai requisiti essenziali o agli altri requisiti cui intende riferirsi.

Le norme armonizzate sono formulate e pubblicate come le altre norme europee, in base ai regolamenti interni delle organizzazioni europee di normazione. Ai sensi di tali regolamenti, tutte le norme europee devono essere recepite a livello nazionale dagli organismi nazionali di normazione: le norme europee in questione devono cioè essere rese disponibili come norme nazionali identiche e tutte le norme nazionali in contrasto con esse devono essere ritirate entro un determinato periodo di tempo.

La normativa di armonizzazione dell'Unione è intesa a garantire la libera circolazione dei prodotti conformi al livello di protezione elevato previsto dalla legislazione applicabile. Gli Stati membri non possono quindi vietare, limitare o impedire la messa a disposizione di tali prodotti, ma hanno comunque la facoltà di mantenere o adottare, in linea con il trattato (in particolare gli articoli 34 e 36 del TFUE [9]) disposizioni nazionali aggiuntive per quanto riguarda l'uso di specifici prodotti intesi per la protezione di lavoratori o altri utilizzatori, o dell'ambiente. Tali disposizioni nazionali non possono imporre la modifica di un prodotto fabbricato conformemente alle disposizioni della legislazione applicabile, né influenzare le condizioni della sua messa a disposizione.

Come detto sopra, se il fabbricante sceglie di applicare le norme armonizzate, i prodotti in questione godono di presunzione di conformità; pertanto se nella documentazione tecnica da predisporre si dimostra di aver certificato il prodotto seguendo le norme armonizzate, tale prodotto può essere immesso sul mercato senza vincolo alcuno. Ovviamente, potranno essere comunque effettuate eventuali azioni di sorveglianza al fine di verificare la reale applicazione di dette norme in fase di produzione. Viceversa, se il fabbricante decide di non avvalersi delle norme armonizzate, o dette norme non dovessero essere disponibili, si dovrà dare evidenza nella documentazione tecnica del raggiungimento dei requisiti essenziali richiesti dalla direttiva.

## 2.6 NORME DI TIPO A, TIPO B E TIPO C

Relativamente alle macchine, la direttiva di nuovo approccio 2006/42/CE (direttiva macchine) raggruppa le norme tecniche in tre tipologie: norme di tipo A (generali), norme di tipo B (sicurezza) e norme di tipo C (di prodotto o categoria di macchine).

Le norme di tipo A (generali) specificano concetti di base, terminologia e principi di progettazione applicabili a tutte le categorie di macchinari. L'applicazione di tali norme, da sole, pur fornendo un quadro essenziale per la corretta applicazione della Direttiva macchine, non è sufficiente per garantire la conformità ai requisiti essenziali di salute e sicurezza della Direttiva e pertanto non fornisce una presunzione di conformità.

Le norme di tipo B (sicurezza) riguardano aspetti specifici della sicurezza della macchina o tipi specifici di protezione che possono essere utilizzati con una vasta gamma di macchine. L'applicazione delle specifiche delle norme di tipo B conferisce una presunzione di conformità ai requisiti essenziali della direttiva macchine a cui esse si riferiscono se una norma di tipo C o la valutazione dei rischi del fabbricante indicano che la soluzione tecnica specificata dalla norma di tipo B è adeguata per la particolare categoria o modello di macchina in questione.

Le norme di tipo C (di prodotto o categoria di macchine) forniscono specifiche per una data categoria di macchine. I diversi tipi di macchine che appartengono alla categoria coperta da una norma di tipo C hanno un uso previsto simile e comportano pericoli simili. Le norme di tipo C possono far riferimento a norme di tipo A o B, indicando quali delle specifiche della norma di tipo A o B sono applicabili alla categoria di macchina di cui trattasi. Quando, per un dato aspetto di sicurezza della macchina, una norma di tipo C si discosta dalle specifiche di una norma di tipo A o B, le specifiche della norma di tipo C prevalgono sulle specifiche della norma di tipo A o B. L'applicazione delle specifiche di una norma di tipo C sulla base della valutazione dei rischi del fabbricante conferisce una presunzione di conformità ai requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute della direttiva macchine coperti dalla norma. Talune norme di tipo C si compongono di varie parti: una prima parte che fornisce le specifiche generali applicabili a una famiglia di macchine, seguita da una serie di parti che forniscono le specifiche per le varie categorie di macchine appartenenti a quella famiglia, a integrazione o modifica delle specifiche generali della parte 1. Per le norme di tipo C organizzate in questo modo, la presunzione di conformità ai requisiti essenziali della direttiva macchine deriva dall'applicazione della prima parte generale insieme alla pertinente parte specifica della norma.

È importante precisare che la presunzione di conformità legata a una specifica norma armonizzata si riferisce solo agli aspetti tecnici da essa trattati. Ad esempio, la presunzione di conformità di una norma sui dispositivi di blocco consente di presumere che tali dispositivi siano conformi, ma non ovviamente che la macchina sia conforme a tutti gli altri punti specificati in Allegato I della direttiva 2006/42/CE. Sia le norme di prodotto (tipo C) che quelle generali (tipo A e tipo B) elencate nell'ambito dell'applicazione della direttiva 2006/42/CE, sono pubblicate sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione europea (G.U. UE) e rientrano quindi tra le norme armonizzate applicabili per conseguire la conformità del prodotto alla direttiva specifica.

## 2.7 NORME TECNICHE ED ENTI DI NORMAZIONE

La maggior parte delle norme tecniche utilizzate nel settore della certificazione acustica e vibratoria delle macchine è sviluppata da Enti di normazione a livello nazionale (UNI in Italia), europeo (CEN) o internazionale (ISO).

UNI è la sigla dell'Ente nazionale italiano di unificazione, un ente privato che elabora e pubblica le norme tecniche per quasi tutti i settori industriali, commerciali e del terziario. EN è la sigla che identifica le norme elaborate dal CEN (Comité Européen de Normalisation), Organismo di normazione europea. Come detto precedentemente, i Paesi membri del CEN devono obbligatoriamente recepire le norme europee (che, nel caso dell'Italia, diventano UNI EN) così da uniformare la normativa tecnica in tutta Europa.

ISO (International Organisation for Standardisation) è la sigla che identifica le norme elaborate dall'ISO, L'Organizzazione internazionale per la standardizzazione. Le norme ISO sono quindi applicabili in tutto il mondo e ogni Paese può decidere di adottarle come norme nazionali anche se non lo sono state a livello europeo. In Italia, ad esempio, la sigla può essere UNI ISO se adottata solo dall'UNI e non dal CEN, oppure UNI EN ISO se adottata anche a livello europeo. L'adozione di una norma ISO da parte del CEN e viceversa, è regolamentata dal cosiddetto accordo di Vienna (Vienna Agreement), formalizzato nel 1991. L'ISO sviluppa anche altre tipologie di documenti come ad esempio le specifiche tecniche (Technical Specifications - TS) e i rapporti tecnici (Technical Reports - TR).

Un altro settore industriale che ha specifici enti di normazione è quello che riguarda l'elettrotecnica e l'elettronica, per il quale esistono il CEI (Comitato elettrotecnico italiano), il CENELEC (Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique) e l'IEC (International electrotechnical commission).

L'ISO collabora strettamente con l'IEC, così come, a livello nazionale l'UNI collabora con il CEI e a livello europeo il CEN collabora con il CENELEC. Anche tra IEC e CENELEC c'è un accordo di collaborazione sancito a Dresda sempre nel 1991.

Questa collaborazione tra i vari enti di normazione europei ed internazionali tende a stabilire delle procedure di approvazione parallele e veloci, che però a volte non determinano un consenso unanime.

## 3 LA CERTIFICAZIONE ACUSTICA DELLE MACCHINE

### 3.1 OBBLIGHI LEGISLATIVI PER IL RUMORE

A livello di regolamentazione, può essere definito il seguente quadro generico [10]:

- la direttiva macchine 2006/42/CE [11] che impone ai fabbricanti, responsabili dei rischi provocati dal rumore della propria macchina, di ridurre tali rischi al livello minimo, in base al progresso tecnico e alla possibilità di disporre di mezzi atti a contenere il rumore - essa non fissa limiti sulle emissioni acustiche;
- la direttiva 2000/14/CE [12] che si applica a talune categorie di macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto - in alcuni casi essa prevede dei limiti di emissione acustica;
- la direttiva 2003/10/CE [13] relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dal rumore - essa fissa i valori limite di esposizione dei lavoratori secondo i livelli giornalieri di esposizione e i livelli di pressione acustica di picco.

#### 3.1.1 Direttiva macchine (2006/42/CE)

La direttiva 2006/42/CE [11], anche nota come direttiva macchine, definisce i requisiti essenziali in materia di sicurezza e di salute pubblica ai quali devono rispondere le macchine/attrezzature in occasione della loro progettazione, fabbricazione e del loro funzionamento prima della loro immissione sul mercato europeo. Essa si applica a tutte le macchine/attrezzature che ricadono nel campo di applicazione riportato in art.1.

Il testo iniziale della direttiva, a livello europeo, e il suo recepimento a livello italiano d.lgs. n. 17 del 27/01/2010 [14], hanno subito modifiche e correzioni come riassunto in Figura 3.

Figura 3		Direttiva 2006/42/CE e s.m.i.		
<p>► <b>B</b> DIRETTIVA 2006/42/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 17 maggio 2006 relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE (rifusione) (Testo rilevante ai fini del SEE) (GU L 157 del 9.6.2006, pag. 24)</p>				
Modificata da:		Gazzetta ufficiale		
		n.	pag.	data
► <b>M1</b>	Regolamento (CE) n. 596/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio del 18 giugno 2009	L 188	14	18.7.2009
► <b>M2</b>	Direttiva 2009/127/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009	L 310	29	25.11.2009
► <b>M3</b>	Regolamento (UE) n. 167/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio del 5 febbraio 2013	L 60	1	2.3.2013
► <b>M4</b>	Direttiva 2014/33/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014	L 96	251	29.3.2014
Rettificata da:				
► <b>C1</b>	Rettifica, GU L 76 del 16.3.2007, pag. 35 (2006/42/CE)			
Schema riepilogativo delle modifiche apportate alla direttiva 2006/42 e del recepimento italiano				

(Direttiva 2006/42/CE del Parlamento europeo e del consiglio del 17 maggio 2006)

La nuova versione della direttiva macchine presenta un duplice scopo [10]:

- armonizzare i requisiti di sicurezza e di tutela della salute relativi alla progettazione e alla costruzione delle macchine a livello dell'UE. Per tutelare la sicurezza e la salute delle persone rispetto ai rischi associati alle macchine, gli Stati membri devono assicurare la corretta applicazione delle norme della direttiva macchine.
- garantire la libera circolazione delle macchine nel mercato dell'UE. Tale aspetto sottolinea l'importanza economica e sociale della direttiva, poiché la definizione di un quadro regolamentare armonizzato per la progettazione e la costruzione delle macchine riveste un'importanza economica vitale per il settore della meccanica a livello europeo. Si ha inoltre che macchine più sicure danno un importante contributo alla riduzione dei costi sociali degli infortuni e dei danni alla salute, sia in ambiente lavorativo che domestico.

Definiti gli obiettivi di tale direttiva, si riportano di seguito i principali punti che trattano nello specifico il rumore: partendo dalle specifiche di progettazione da adottare per la riduzione di tale rischio, fino ad arrivare alla documentazione necessaria per la marcatura CE.

#### **Allegato I - 1.5.8 Rumore [11]**

*La macchina deve essere progettata e costruita in modo tale che i rischi dovuti all'emissione di rumore aereo siano ridotti al livello minimo, tenuto conto del progresso tecnico e della possibilità di disporre di mezzi atti a limitare il rumore, in particolare alla fonte. Il livello dell'emissione di rumore può essere valutato in riferimento ai dati comparativi di emissione di macchine simili.*

In questo punto, viene quindi trattato l'argomento riguardante i rischi associati all'esposizione degli operatori e di altre persone al rumore generato dalle macchine. Ricordando che il danno all'udito è cumulativo e irreversibile, le principali cause sul posto di lavoro sono due: l'esposizione prolungata nel tempo al rumore e l'esposizione al rumore impulsivo ad alta energia (quest'ultimo può causare una repentina perdita dell'udito). Il danno permanente all'apparato uditivo non risulta essere l'unica problematica associata all'esposizione al rumore, ma si possono presentare anche le seguenti: disturbi uditivi, quale l'acufene (percezione di suoni in assenza di una fonte esterna); affaticamento e stress, che possono contribuire al verificarsi di infortuni sul posto di lavoro dovuti alle interferenze di comunicazione.

Risulta significativo ribadire la differenza intercorrente fra l'esposizione delle persone al rumore e l'emissione del rumore da parte della macchina. Se quest'ultima risulta infatti essere una proprietà intrinseca della macchina, l'esposizione delle persone al rumore prodotto dalla macchina dipende da notevoli fattori quali: l'installazione della macchina, le condizioni operative della stessa, le caratteristiche del posto di lavoro, l'emissione acustica proveniente da altre fonti, la posizione delle persone rispetto alla fonte di rumore, la durata dell'esposizione, l'uso di dispositivi di protezione personale.

Questi aspetti sono oggetto degli atti nazionali che recepiscono la direttiva 2003/10/CE [13] relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dal rumore.

Il fabbricante, ai fini della prevenzione dei rischi dovuti all'emissione acustica, deve tener conto dei *Principi di integrazione della sicurezza* di cui al punto 1.1.2 dell'Allegato I [11] che prevedono delle azioni da eseguire in uno specifico ordine di priorità:

- **prima fase** - misure intrinseche a livello di progetto. È necessario agire in fase di progettazione e costruzione per ridurre le emissioni acustiche alla fonte. Questo risulta essere il metodo più efficace per ridurre i rischi di esposizione, ma necessita di una fase di studio per l'individuazione delle sorgenti di generazione di rumore nel sistema analizzato.
- **seconda fase** - protezioni o dispositivi di sicurezza. Vanno adottate le misure di protezione integrate che fanno da complemento alle misure per la riduzione del rumore alla fonte, consentendo in tal modo un'ulteriore riduzione delle emissioni acustiche. I principali sistemi di limitazione sono: dotazione di barriere acustiche attorno alla macchina o alle singole fonti di rumore; dotazione di barriere di isolamento acustico attorno alla postazione lavoro o di guida (cabine).
- **terza fase** - informazioni per l'utilizzatore e mezzi di protezioni complementari. Bisogna garantire un'adeguata informazione dell'utilizzatore sulle emissioni acustiche residue in modo che possano essere adottate le misure di protezione necessarie riguardanti l'installazione della macchina, la progettazione del posto di lavoro e la fornitura di dispositivi di protezione individuale (DPI).

Per valutare l'adeguatezza delle misure preventive adottate, come citato nella seconda parte del punto 1.5.8 della direttiva [11], si può fare riferimento al metodo di comparazione di dati di macchine simili. Questo approccio consiste nel mettere a confronto il valore dell'emissione acustica misurata sulla macchina in questione con i valori misurati su macchine simili appartenenti alla stessa famiglia. Si intendono 'simili', macchine destinate a svolgere le stesse funzioni con caratteristiche di prestazioni equivalenti. I parametri che descrivono tali prestazioni vengono solitamente specificati nei metodi di misurazione dei livelli di emissione acustici: la nuova macchina deve essere inoltre soggetta alla stessa procedura di misurazione eseguita per la macchina comparativa. L'applicazione di tale approccio deve basarsi sia su una metodica standardizzata di misurazione delle grandezze acustiche (in modo tale da essere facilmente riproducibile), sia su dati comparativi che siano affidabili e rappresentativi. Un metodo di confronto dei dati sulle emissioni acustiche delle macchine è fornito dalla norma UNI EN ISO 11689 [15].

**Allegato I – 1.7.4.2 Contenuto delle istruzioni [11]**

*Ciascun manuale di istruzioni deve contenere, se del caso, almeno le informazioni seguenti:*

*(...)*

*j) le istruzioni per l'installazione e il montaggio volte a ridurre il rumore e le vibrazioni prodotti;*

*(...)*

*u) le seguenti informazioni relative all'emissione di rumore aereo:*

- *il livello di pressione acustica dell'emissione ponderato A nei posti di lavoro, se supera 70 dB(A); se tale livello non supera 70 dB(A), deve essere indicato;*
- *il valore massimo della pressione acustica istantanea ponderata C nei posti di lavoro, se supera 63 Pa (130 dB rispetto a 20  $\mu$ Pa);*
- *il livello di potenza acustica ponderato A emesso dalla macchina, se il livello di pressione acustica dell'emissione ponderato A nei posti di lavoro supera 80 dB(A).*

*I suddetti valori devono essere o quelli misurati effettivamente sulla macchina in questione, oppure quelli stabiliti sulla base di misurazioni effettuate su una macchina tecnicamente comparabile e rappresentativa della macchina da produrre.*

*Quando si tratta di una macchina di grandissime dimensioni, invece del livello di potenza acustica ponderato A, possono essere indicati livelli di pressione acustica dell'emissione sonora ponderati A in appositi punti intorno alla macchina.*

*Allorché non sono applicate le norme armonizzate, i dati acustici devono essere misurati utilizzando il codice di misurazione più appropriato per la macchina in questione. Ogni qualvolta sono indicati i valori dell'emissione acustica, devono essere specificate le incertezze relative a tali valori. Devono essere descritte le condizioni di funzionamento della macchina durante la misurazione e i metodi utilizzati per effettuarla.*

*Se il posto o i posti di lavoro non sono o non possono essere definiti, i livelli di pressione acustica ponderati A devono essere misurati a 1 m dalla superficie della macchina e a 1.60 m di altezza dal suolo o dalla piattaforma di accesso. Devono essere indicati la posizione e il valore della pressione acustica massima.*

*Qualora vi siano specifiche direttive comunitarie che prevedono altre indicazioni per la misurazione del livello di pressione acustica o del livello di potenza acustica, esse vanno applicate e non si applicano le prescrizioni corrispondenti del presente punto.*

*(...).*

Dopo aver specificato le condizioni di montaggio e installazione della macchina (punto j) necessarie a ridurre l'emissione sonora della macchina, nel punto u) della direttiva vengono specificate le informazioni relative alle emissioni di rumore aereo che devono essere riportate nella [dichiarazione sull'emissione di rumore](#). Gli scopi di tale dichiarazione sono i seguenti:

- fornire informazioni agli utilizzatori per scegliere la macchina con le minori emissioni sonore;
- fornire informazioni ai datori di lavoro in fase di valutazione dei rischi dovuti all'esposizione dei lavoratori ad agenti fisici, quali il rumore.

Per quanto riguarda quest'ultimo punto, si ricorda che i dati forniti dal fabbricante sono relativi alla singola macchina e non all'installazione di questa nell'ambiente di lavoro, luogo in cui deve essere desunto il livello di esposizione in funzione dell'ambiente stesso e delle ulteriori fonti di rumore circostanti.

Le informazioni da riportare nella dichiarazione sull'emissione di rumore riguardano tre diversi parametri:

- il livello di pressione sonora di emissione ponderato A  $L_{pA}$ , nel posto/i di lavoro. Tale grandezza deve essere determinata per un periodo di tempo tale da rappresentare un ciclo di lavorazione completo della macchina. Essendo un valore che riguarda l'emissione della singola macchina, si devono escludere contributi prodotti dall'ambiente in cui si trova la macchina (riflessioni) come pure da fonti di rumore esterne (altre sorgenti indipendenti dalla macchina oggetto di valutazione). Questa grandezza va misurata per tutte le macchine, seguendo delle norme tecniche opportune, indipendentemente dal fatto che la macchina sia considerata rumorosa. Nelle istruzioni per l'uso si deve riportare il valore misurato, nel caso esso superi i 70 dB(A); nel caso il valore fosse inferiore, si deve comunque indicare che il valore non supera i 70 dB(A).
- il livello di pressione sonora di picco ponderato C  $L_{pC,peak}$ . Tale grandezza rappresenta il massimo valore raggiunto dalla pressione sonora ponderata C in un periodo di tempo tale da rappresentare un ciclo di lavorazione completo della macchina. Questo valore è importante per macchine che emettano un forte rumore impulsivo. Nelle istruzioni per l'uso, si deve semplicemente indicare se il valore misurato supera 63 Pa (corrispondenti a 130 dB).
- il livello di potenza sonora ponderato A  $L_{wA}$ . Tale grandezza rappresenta l'energia sonora emessa dalla macchina per via aerea ed è una grandezza molto importante in quanto è indipendente dal luogo di installazione. Poiché per determinate macchine, la misura che porta alla determinazione di  $L_{wA}$  potrebbe essere complessa, questa grandezza dovrà essere misurata e dichiarata nelle istruzioni per l'uso solamente se il livello di pressione sonora di emissione ponderato A,  $L_{pA}$  definito nel primo punto, supera 80 dB(A) in almeno uno dei posti di lavoro.

Il secondo paragrafo del punto u), stabilisce che i valori da dichiarare devono essere misurati o sulla macchina in esame, o possono essere desunti dai valori misurati per una macchina o una famiglia di macchine che siano tecnicamente paragonabili a quella considerata.

Il terzo paragrafo riguarda le macchine di elevate dimensioni per le quali la determinazione del livello di potenza sonora  $L_{wA}$  potrebbe essere estremamente complessa. In questo caso, la direttiva stabilisce che quest'ultima grandezza può essere sostituita con il livello di pressione sonora di emissione ponderato A,  $L_{pA}$ , rilevato in specifici punti intorno alla macchina. Per determinare se una certa categoria di macchine sia da considerare o meno di dimensioni molto grandi, si dovranno considerare sia la distribuzione che la direzionalità delle sorgenti di rumore sulla macchina, nonché lo sforzo richiesto per determinare il livello di potenza acustica,  $L_{wA}$ . Il fatto che la macchina possa



essere considerata di elevate dimensioni, deve essere specificato nella norma tecniche di riferimento.

Il quarto paragrafo riguarda le normative da utilizzare per la misura del rumore. Poiché le condizioni operative hanno una grande influenza sull'emissione sonora, le misure devono essere eseguite in condizioni che siano riproducibili e rappresentative delle condizioni di utilizzo previste per quella macchina. Nel caso, per una determinata macchina, non siano applicabili le norme armonizzate, i livelli di emissione devono essere determinati utilizzando il codice di misura più adeguato per la macchina in prova. Devono essere inoltre dichiarate, unitamente ai livelli di emissione sonora, le seguenti grandezze e informazioni: i valori di incertezza di misura associati alle singole grandezze acustiche; le condizioni operative e di installazione della macchina; i metodi di misura e le norme utilizzate.

Il quinto paragrafo specifica dove effettuare le misure nel caso non siano definite le postazioni di lavoro per una determinata macchina. Tali postazioni di acquisizione devono poi essere specificate nella dichiarazione, riportando soltanto il valore del livello  $L_{pA}$  massimo.

L'ultimo paragrafo indica che se per una determinata macchina sono presenti direttive comunitarie con differenti o ulteriori specifiche, queste ultime devono essere adottate. In particolare, quindi si riferisce alla direttiva 2000/14/CE [12] sulle macchine e attrezzature destinate a funzionare all'aperto che prevede una specifica marcatura (etichetta) di corredo alla marcatura CE, con l'indicazione del livello di potenza acustica garantito (livello di potenza acustica misurato secondo il metodo definito dall'allegato III della direttiva 2000/14/CE e corretto per tenere conto delle incertezze causate dalla variazione sia nella produzione che nelle procedure di misurazione). Pertanto, per le macchine che rientrano nel campo di applicazione della direttiva 2000/14/CE, il terzo valore da indicare nella dichiarazione sulle emissioni di rumore, è il livello di potenza acustica garantito  $L_{wAg}$  piuttosto che il livello di potenza acustica misurato  $L_{wAm}$ , mentre rimangono invariate le prescrizioni relativamente alle altre due grandezze: il livello di pressione sonora di emissione ponderato A,  $L_{pA}$  e il livello di pressione sonora di picco ponderato C,  $L_{pCpeak}$ .

### **3.1.2 Direttiva sull'emissione acustica ambientale delle macchine destinate a funzionare all'aperto (2000/14/CE)**

La direttiva 2000/14/CE [12] sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri concernenti l'emissione acustica ambientale delle macchine e attrezzature destinate a funzionare all'aperto, è stata emanata per aggiornare la legislazione esistente e salvaguardare il mercato interno attraverso la fusione di sette direttive relative al rumore emesso da prodotti e due direttive sulle procedure di prova. È stata recepita dallo Stato italiano con il d.lgs. n. 262 del 4 settembre 2002 [16].

Il testo iniziale della direttiva, a livello europeo, e del suo recepimento, a livello italiano, hanno subito modifiche e correzioni come riassunto in Figura 4 e in Figura 5.

Figura 4

## Direttiva 2000/14/CE e s.m.i.

<p>► <u>B</u>      <b>DIRETTIVA 2000/14/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO</b>  <b>dell'8 maggio 2000</b>  <b>sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri concernenti l'emissione acustica</b>  <b>ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto</b>  <small>(GU L 162 del 3.7.2000)</small></p>			
<u>Modificata da:</u>		Gazzetta ufficiale	
		n.	pag.
► <u>M1</u>	Direttiva 2005/88/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2005	L 344	44
► <u>M2</u>	Regolamento (CE) n. 219/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 marzo 2009	L 87	109
			data
			27.12.2005
			31.3.2009
<u>Rettificata da:</u>			
► <u>C1</u>	Rettifica, GU L 311 del 12.12.2000, pag. 51 (2000/14/CE)		
► <u>C2</u>	Rettifica, GU L 165 del 17.6.2006, pag. 35 (2005/88/CE)		
Schema riepilogativo delle modifiche apportate alla direttiva 2000/14 e del recepimento italiano			

(Direttiva 2000/14/CE del Parlamento europeo e del consiglio dell'8 maggio 2000)

La direttiva si applica a 57 tipi di macchine/attrezzature per l'uso all'aperto e include settori molto diversi tra loro; i settori più coinvolti sono quelli delle macchine da costruzione, da giardinaggio, quelli per servizi nelle città e i gruppi elettrogeni.

Di tutte le 57 macchine/attrezzature che rientrano nell'ambito di applicazione della direttiva, 22 di esse sono soggette a limiti, mentre le rimanenti hanno solo l'obbligo di marcatura della potenza sonora. L'elenco delle macchine/attrezzature soggette a limiti è riportato nell'art.12 mentre quello delle macchine soggette alla sola marcatura è riportato nell'art.13.

Elemento peculiare della direttiva è la richiesta di dichiarare il livello di potenza sonora garantito sia per le macchine soggette alla sola marcatura che per quelle con i limiti. Tale parametro non è il risultato di una misura isolata, ma deriva da un'analisi statistica della variabilità della rumorosità dell'attrezzatura in esame al variare dell'esemplare e del metodo di rilevazione. Quindi la direttiva richiede un approccio statistico che include la stima dell'incertezza dovuta a variazioni di produzione e quella relativa alla procedura di prova seguita, per ottenere il livello di potenza sonora misurato.

Come per le altre direttive di approccio globale, al costruttore sono offerti diversi moduli di verifica della conformità. Tuttavia, poiché la direttiva risale al 2000 e non è stata ancora soggetta a revisione, i moduli in essa indicati non sono esattamente quelli indicati nella decisione n. 768/2008/CE [4].

Figura 5

## Decreto legislativo n. 262

<b>► B</b>				
DECRETO LEGISLATIVO 4 settembre 2002, n. 262,				
recante attuazione della direttiva 2000/14/CE del Parlamento europeo e del Consiglio dell'8 maggio 2000 concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto				
(GU n. 273 del 21.11.2002 - Supplemento Ordinario n. 214)				
<u>Modificato da:</u>	Gazzetta ufficiale			
	n.	pag.	data	
<b>► M1</b>	Decreto 24 luglio 2006 del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare recante modifiche dell'allegato I - Parte b, del decreto legislativo 4 settembre 2002, n. 262, relativo all'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate al funzionamento all'esterno	182	19	7.8.2006
<b>► M2</b>	Decreto Legislativo 17 febbraio 2017, n. 41 Disposizioni per l'armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico con la direttiva 2000/14/CE e con il regolamento (CE) n. 765/2008, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere i), l) e m) della legge 30 ottobre 2014, n. 161	79	1	4.4.2017
<a href="#">Schema riepilogativo delle modifiche apportate al decreto legislativo n. 262</a>				

Decreto legislativo 4 settembre 2002, n. 262

I moduli di dichiarazione della conformità previsti dalla direttiva, secondo quanto prescritto all'articolo 14, sono quattro. Il primo di questi moduli (esplicitato nell'[allegato V](#) della direttiva 'Controllo interno di fabbricazione') è rivolto alle macchine per le quali non sono previsti limiti cogenti (art.13) e ha attività a carico esclusivo del fabbricante per l'apposizione della marcatura CE e l'indicazione del livello garantito. Gli altri tre moduli sono rivolti alle macchine soggette a limiti di rumore (art.12) e prevedono sempre il coinvolgimento di un organismo notificato, seppure con un livello di coinvolgimento differente:

- modulo esplicitato nell'[allegato VI](#) della direttiva 'Controllo interno della produzione con valutazione della documentazione tecnica e controlli periodici' coinvolge l'organismo notificato sia prima della prima immissione sul mercato sia nelle fasi di produzione. L'organismo notificato deve valutare la documentazione tecnica ma non deve necessariamente effettuare prove di emissione acustica;
- modulo esplicitato nell'[allegato VII](#) della direttiva 'Verifica dell'esemplare unico', coinvolge l'organismo notificato nella verifica di rispondenza della documentazione tecnica alle caratteristiche della macchina e nell'effettuazione delle prove di emissione acustica;
- modulo esplicitato nell'[allegato VIII](#) della direttiva 'Garanzia di qualità totale' coinvolge l'organismo notificato in un ruolo più ampio e fortemente collegato alla struttura organizzativa del fabbricante.

Pur avendo alcune caratteristiche in comune con la famiglia delle direttive di 'nuovo approccio', gli elementi principali della direttiva 2000/14/CE sono tuttavia più correttamente descritti come di 'vecchio approccio' in quanto la direttiva stabilisce valori limite sulle emissioni sonore di alcune macchine/attrezzature ma soprattutto indica, per ogni

tipologia di macchina, la specifica procedura di prova da seguire e non lascia al costruttore la libertà di scegliere tra le norme armonizzate.

La direttiva richiede (art. 11) che su ogni esemplare di macchina sia applicata un'etichetta che, oltre alla marcatura CE, riporti il valore del livello di potenza sonora garantito. Richiede inoltre (art. 8) che il costruttore rediga una dichiarazione di conformità nella quale certifica che la macchina è conforme al disposto della direttiva. Il costruttore risulta così il solo responsabile della dichiarazione.

Con il tempo, la Commissione europea ha considerato l'opportunità di procedere a una possibile revisione della direttiva 2000/14/CE e nel 2011, in un'ottica di semplificazione del contesto normativo, si è trovata ad esaminare la possibilità di fondere la direttiva 2000/14/CE con la direttiva 2006/42/CE (direttiva macchine). Questa possibilità è sorta perché in entrambe le direttive vi sono considerazioni sulla riduzione delle emissioni sonore e vi è pure una sovrapposizione molto significativa tra i loro campi di applicazione. Al termine di diversi studi e discussioni, la Commissione ha deciso di mantenere separate le due direttive soprattutto per l'inconciliabilità di alcune caratteristiche peculiari alla direttiva 2000/14/CE [12] quali, i limiti di emissione legati a specifiche procedure di prova e l'etichetta riportante il livello garantito di rumorosità.

È attualmente in atto il processo di revisione della direttiva 2000/14/CE che prevede il riesame degli elenchi di macchine (art. 12 e art. 13), la revisione dei limiti di emissione o la definizione di nuovi valori per le macchine di nuova introduzione nell'elenco dell'art. 12, l'aggiornamento delle procedure di prova, l'adeguamento delle procedure di valutazione della conformità e, più in generale, l'analisi di tutte le parti della direttiva che possano essere migliorate.

### 3.1.3 Direttiva 2003/10/CE

La direttiva 2003/10/CE [13] è stata adottata il 6 febbraio 2003 dal Parlamento europeo e dal Consiglio e riguarda le prescrizioni minime di salute e sicurezza relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dal rumore. La direttiva è alla base del d.lgs. 9 aprile 2008 n. 81 [51] per quanto riguarda il rischio rumore. Tale direttiva ha avuto come obiettivo l'introduzione di misure di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dal rumore a causa dei suoi effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori, in particolare per quanto riguarda i danni all'udito. Le misure adottate mirano non solo ad assicurare la salute e la sicurezza di ciascun lavoratore considerato individualmente, ma anche a creare per tutti i lavoratori della comunità una piattaforma minima di protezione indirizzata ad evitare possibili distorsioni di concorrenza. Nella direttiva, tra l'altro, si evidenzia l'aspetto specifico e l'importanza degli effetti extra-uditivi pur considerando che *le conoscenze scientifiche attuali relative agli effetti che l'esposizione al rumore può avere sulla salute e sulla sicurezza non consentono di definire livelli precisi di esposizione che riguardino tutti i rischi per la salute e la sicurezza, segnatamente per quanto riguarda gli effetti non uditivi del rumore*. La direttiva evidenzia inoltre alcuni specifici ambiti lavorativi riconoscendo l'importanza di fornire degli orientamenti specifici su come valutare o ridurre i livelli sonori; vengono citati, ad esempio, il settore dei lavoratori a bordo delle navi o i settori della musica e dell'intrattenimento che richiedono

orientamenti pratici per consentire un'applicazione efficace delle disposizioni stabilite dalla stessa direttiva.

Una dettagliata *Guida non vincolante di buone prassi per l'applicazione della direttiva 2003/10/CE* è quella pubblicata dalla Commissione europea e risulta disponibile anche sul Portale agenti fisici (PAF).

## 3.2 NORME TECNICHE GENERALI - RUMORE

### 3.2.1 Norme generali per la caratterizzazione delle emissioni acustiche delle macchine

In materia di caratterizzazione delle emissioni acustiche delle sorgenti sonore, le principali norme generali si distinguono in 3 principali serie.

- La serie UNI EN ISO 11200, la quale comprende le norme dalla 11200 alla 11205 [17], [18], [19], [20], [21], [22] e riporta le procedure di misura per la determinazione del livello di pressione sonora di emissione delle macchine e delle apparecchiature, alla/e postazione/i di lavoro o in altre specifiche posizioni.
- La serie UNI EN ISO 3740, la quale comprende le norme dalla 3740 alla 3747 [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30] e riporta le procedure di misurazione per la determinazione del livello di potenza sonora e del livello di energia sonora delle sorgenti di rumore. Le norme differiscono principalmente per il livello di accuratezza richiesto dalla misurazione e per l'ambiente di misura a disposizione.
- La serie UNI EN ISO 9614, la quale comprende le norme UNI EN ISO 9614 parte 1 [31], 2 [32] e 3 [33] e riporta le procedure di misurazione del livello di potenza sonora delle sorgenti di rumore, tramite il metodo intensimetrico.

Le norme sopra riportate trattano in modo generico tutte le tipologie di macchine e di apparecchiature: esse infatti non sono specifiche per la singola macchina o famiglia di macchina, ma riportano gli standard di misura indipendentemente dal prodotto trattato. Esistono però delle norme classificabili come generiche, che descrivono le procedure di misura da seguire nel caso di specifiche famiglie di macchine, come ad esempio la UNI EN ISO 7779 [34], che tratta nello specifico le apparecchiature informatiche e di telecomunicazione.

### 3.2.2 Norme generali per la direttiva 2006/42/CE

In relazione a quanto specificato nell'articolo *Principi di integrazione della sicurezza*, l'approccio a tre fasi può essere seguito tramite l'applicazione di determinate norme generiche.

Per la **prima fase**, quando si prevede di agire in fase di progettazione direttamente sulla macchina e relative fonti di rumore con lo scopo di minimizzare l'emissione sonora, le norme da seguire sono le UNI EN ISO 11688, parte 1 [35] e 2 [36] che riportano i suggerimenti pratici per la progettazione dei macchinari e la UNI EN ISO 12100 [37], che tratta i principi generali in fase di progettazione.

Se non è possibile agire direttamente sulla macchina, si passa di conseguenza alla **seconda fase**, che riguarda la riduzione dell'esposizione dei lavoratori al rumore tramite la pro-

gettazione degli ambienti di lavoro: in questo caso le norme guida sono le UNI EN ISO 11690 parte 1 [38], 2 [39] e 3 [40]. Sempre nell'ottica della seconda fase, sono riportate anche le norme generiche che trattano nello specifico l'utilizzo di cabine o cappottature, come ad esempio la UNI EN ISO 15667 [41], la UNI 11022 [42] e la UNI EN ISO 11957 [43]. Infine, all'interno della direttiva macchine, si pone l'attenzione alla dichiarazione dei valori di emissione sonora, che devono essere sempre riportati all'interno del libretto di istruzioni della singola macchina. La norma principale da seguire in questa fase è la UNI EN ISO 4871 [44], la quale tratta la dichiarazione e verifica dei valori di emissione sonora delle macchine e delle apparecchiature, sia per i livelli di pressione sonora e/o potenza sonora, sia per le relative incertezze di misura. Tale norma tratta in generale tutte le macchine ma, all'interno delle norme di prodotto, possono essere citati ulteriori standard da seguire in fase di dichiarazione delle emissioni sonore di una determinata macchina.

### 3.2.3 Norme generali per la direttiva 2000/14/CE

Per la determinazione del livello di potenza sonora delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto si possono generalmente applicare le norme di base sull'emissione acustica EN ISO 3744:1995 [45] e la EN ISO 3746:1995 [46] purché con alcune specifiche complementari relative all'incertezza di misura, al funzionamento della sorgente durante la prova (ad es. in relazione alla velocità della ventola), al calcolo del livello di pressione sonora superficiale, al resoconto di prova, al posizionamento di microfoni supplementari sulla superficie emisferica di misurazione e alla correzione del rumore ambientale  $K_{2A}$ .

In generale, per sottoporre alle prove un determinato tipo di macchine ed attrezzature, il fabbricante o il suo rappresentante autorizzato nella Comunità può scegliere una delle due norme di base sull'emissione acustica sopra citate, alle condizioni operative previste per quel tipo di macchine ed attrezzatura all'allegato III - parte B. In caso di controversia, tuttavia, deve essere usata la norma di base EN ISO 3744:1995, contestualmente alle stesse condizioni operative.

## 3.3 NORME TECNICHE DI PRODOTTO - RUMORE

Per quanto riguarda la certificazione acustica delle macchine, siano esse di utilizzo in ambiente aperto (ad esempio macchine movimento terra, agricole, forestali) o in ambiente chiuso (macchine utensili, tessili, alimentari, per la lavorazione di materiali), le procedure di misurazione dell'emissione sonora non sono riportate unicamente nelle norme generali, ma esistono una moltitudine di norme specifiche di prodotto, le quali trattano singole macchine o famiglie di macchine. Queste norme sono principalmente di due tipologie.

- Norme riguardanti la sicurezza della macchina - Esse trattano tutti gli aspetti legati alla sicurezza della macchina o della famiglia di macchine, inclusa l'emissione sonora. Possono trattare l'argomento relativo all'acustica in due differenti modi: riportando le condizioni operative della macchina da testare ma facendo riferimento ad

un codice di misura che viene definito all'interno di una o più norme generiche; citando la/e norma/e da utilizzare per i test di rumore, che possono essere sia generiche che di prodotto.

- Norme riguardanti il codice di prova per le misurazioni di emissioni acustiche - Esistono norme di prodotto le quali riportano l'intero codice di prova per la determinazione dell'emissione acustica di una specifica macchina o famiglia di macchine. Esse, oltre a descrivere le condizioni operative da adottare durante i test, descrivono completamente la procedura di misurazione, tra cui l'ambiente di misura, la strumentazione da utilizzare e il relativo posizionamento, le formule e le grandezze da adottare per la determinazione dell'emissione sonora (sia che si tratti di livello di pressione sonora o di livello di potenza sonora). Esse basano il proprio codice di prova sulle norme generiche principali, le quali sono tipicamente citate.

### 3.4 DESCRIZIONE DEL DATABASE NORME - RUMORE

Nell'allegato B.1 di questo manuale è riportato un database normativo, nel quale vengono riportate circa 400 norme sul rumore, tra norme generiche e, successivamente, norme di prodotto. Per una migliore lettura di tale strumento, viene ora fornita una breve descrizione delle informazioni fornite. In particolare si dettagliano i campi nei quali è strutturato il database che, una volta implementato su supporto informatico, dovrebbero agevolare la ricerca.

- **Identificativo della norma:** le prime informazioni riportate riguardano il codice identificativo della norma, la data di pubblicazione (nel caso di revisioni della norma, viene riportata la data che fa riferimento all'ultima messa in vigore), il titolo e il sommario che descrive brevemente il contenuto della norma stessa.
- **Categoria di macchine:** per facilitare la selezione delle norme, sono stati inseriti due campi di ricerca che variano a seconda della tipologia di macchina o di famiglia di macchina che si vuole trovare. Il primo campo, più generico, riguarda la macrocategoria di macchina trattata: ad esempio, il campo di ricerca può essere utilizzato per visualizzare tutte le norme acustiche che trattano le macchine utensili, oppure le macchine per la lavorazione del legno, o le macchine utilizzate nell'industria alimentare (per citare alcuni esempi).
- **Macchine a cui si applica:** il secondo campo di ricerca, più specifico rispetto a quello precedentemente descritto, riporta un elenco delle singole macchine trattate all'interno della norma ricercata: facendo riferimento all'esempio precedente, all'interno della macrocategoria macchine utensili, vengono raggruppate le norme che comprendono i torni, i trapani, le smerigliatrici, ecc.
- **Grandezze misurate relative al livello di pressione sonora:** vengono elencate le principali grandezze fisiche relative al livello di pressione sonora di emissione, al posto operatore o in altri specifici punti. Se la grandezza in elenco è presente all'interno dello standard di misura e deve essere determinata, al suo fianco viene indicata la norma generica di riferimento che ne descrive la procedura di calcolo.

- **Grandezze misurate relative al livello di potenza sonora:** vengono elencate le principali grandezze fisiche relative al livello di potenza sonora della macchina. Se la grandezza in elenco è presente all'interno dello standard di misura e deve essere determinata, al suo fianco viene indicata la norma generica di riferimento che ne descrive la procedura di calcolo.
- **Note/Osservazioni:** in questa sezione, vengono riportate delle note o delle osservazioni di varia natura. Tipicamente le informazioni inserite riguardano la determinazione di grandezze aggiuntive, che non sono riportate nei due elenchi precedenti, dove trovare determinate informazioni all'interno della norma stessa o in altre norme citate e se la norma è stata ritirata con sostituzione o meno.
- **Riferimenti normativi in materia di acustica:** sono elencate tutte le norme in materia di acustica che vengono riportate all'interno della norma in esame. Esse possono fare riferimento a norme generiche per il calcolo delle grandezze fisiche di prova, norme per la progettazione del macchinario con lo scopo di ridurre al minimo l'emissione sonora, o norme per la dichiarazione dei valori di emissione sonora secondo le direttive imposte.

Vi sono ulteriori 3 campi riportati nel database con lo scopo di guidare sia il produttore che l'utilizzatore del macchinario nel corretto utilizzo del medesimo, come descritto nella direttiva macchine.

- **Misure di riduzione e prevenzione dell'emissione sonora:** in questo campo vengono riportate le norme generali e le indicazioni da seguire per ridurre al minimo l'emissione sonora del macchinario analizzato; sia le norme, che le indicazioni si focalizzano sull'obiettivo di ridurre l'emissione di rumore in fase di progettazione della macchina. Vengono anche riportate norme da applicare sia all'interno dell'ambiente lavorativo (a macchina installata), sia a livello di personale lavorativo, con lo scopo di limitare l'esposizione al rumore.
- **Norme per la dichiarazione dei valori di emissione sonora:** in questo campo sono riportate le norme generali da seguire per la dichiarazione dei valori di emissione sonora della macchina in prova. Tipicamente, i dati da riportare sono i livelli di pressione sonora di emissione e/o il livello di potenza sonora, con le relative incertezze di misura. Tali dati possono essere presenti nelle etichette di marcatura della macchina, nel libretto di istruzioni o in eventuali report di misura.
- **Condizioni operative di misura:** vengono descritte sinteticamente le principali condizioni operative della macchina in esame, le quali devono essere seguite in fase di misurazione delle emissioni sonore. In questo campo possono essere presenti molteplici informazioni: le condizioni operative della macchina, se presenti nella norma (brevemente riportate, per il dettaglio consultare la norma indagata) e/o le parti della norma in cui sono presenti tali condizioni operative; le norme generali e/o di prodotto in cui sono riportate le condizioni operative da adottare.

Nel caso uno dei suddetti campi non sia compilato, vuol dire che la norma non fornisce informazioni in merito.



## 4 LA CERTIFICAZIONE VIBRATORIA DELLE MACCHINE

### 4.1 OBBLIGHI LEGISLATIVI PER LE VIBRAZIONI

L'esigenza di determinare il livello di emissione di vibrazioni è nata in seguito alle prescrizioni della direttiva macchine (2006/42/CE). In base a tale direttiva è infatti consentito immettere sul mercato solo macchinari che soddisfino tutte le normative di sicurezza in vigore in quel momento. I costruttori sono obbligati a fornire, oltre agli altri dati, anche i livelli di rumore e di vibrazione delle macchine da loro prodotte prima che esse siano messe in commercio.

#### 4.1.1 Direttiva macchine (2006/42/CE)

In questo paragrafo sono descritti i punti fondamentali [47], relativi al rischio vibrazioni, riportati nell'allegato I della direttiva 2006/42/CE [11] già introdotta nel paragrafo 3.1.1 del presente manuale.

Oltre ai criteri generali (1.5.9), altri requisiti aggiuntivi inerenti il rischio vibrazioni sono contenuti in diversi punti della direttiva e sono relativi alla redazione delle istruzioni (1.7.4.2), alle macchine portatili tenute e condotte a mano (2.2), alle macchine mobili (3.6) e ai sedili (1.1.8).

#### **Allegato I – 1.5.9 Vibrazioni [11]**

*La macchina deve essere progettata e costruita in modo tale che i rischi dovuti alle vibrazioni trasmesse dalla macchina siano ridotti al livello minimo, tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di mezzi atti a ridurre le vibrazioni, in particolare alla fonte. Il livello dell'emissione di vibrazioni può essere valutato in riferimento ai dati comparativi di emissione di macchine simili.*

I requisiti definiti nell'art. 1.5.9 riguardano il rischio associato all'esposizione delle vibrazioni generate sia dal macchinario stesso, o da alcune sue componenti durante l'operazione (ad esempio dovute a rotazioni, a fenomeni aerodinamici o all'impatto di macchine portatili con materiali resistenti), sia dovute all'interazione della macchina con l'ambiente circostante (come una macchina operatrice che si muova su terreno sconnesso). L'esposizione alle vibrazioni si può trasmettere al corpo-intero attraverso i piedi o la seduta e può causare o aggravare eventuali disordini muscoloscheletrici (mal di schiena o danni alla colonna vertebrale) mentre l'esposizione del sistema mano-braccio può causare danni ai vasi sanguigni delle dita e delle mani (sindrome del dito bianco) e danni al sistema nervoso periferico, a tendini, muscoli, ossa e legamenti. È comunque importante distinguere tra l'esposizione alle vibrazioni della persona e l'emissione vibratoria delle macchine. Infatti, l'esposizione giornaliera delle persone alle

vibrazioni non può essere semplicemente derivata dal valore di emissione delle vibrazioni del macchinario, poiché dipende anche dalla durata e dalle condizioni di utilizzo della macchina [48]; aspetti che sono oggetto degli atti nazionali che recepiscono la direttiva 2002/44/CE [49] relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dalle vibrazioni. Tuttavia, gli operatori hanno comunque interesse a scegliere macchine con un basso livello di vibrazioni in quanto è così più facile rispettare i limiti di esposizione indicati nel riferimento di legge.

In base a quanto indicato all'art. 1.5.9 l'approccio del produttore per prevenire il rischio di esposizione alle vibrazioni deve seguire quanto già riportato (*Principi di integrazione della sicurezza*) e tenere in conto i seguenti principi:

- priorità deve essere data alla progettazione e realizzazione di misure atte alla riduzione della generazione di vibrazioni alla sorgente (ad es. assicurandosi che le frequenze di risonanza di specifiche parti della macchina non siano in prossimità delle frequenze di eccitazione; scegliendo opportunamente i materiali impiegati nella costruzione; prevedendo l'inserimento di masse aggiuntive o il bilanciamento di parti rotanti);
- devono essere previste misure protettive integrate per prevenire la trasmissione delle vibrazioni al corpo intero, o al sistema mano braccio (ad es. introducendo molle o smorzatori progettati adeguatamente);
- è infine necessario che l'utilizzatore sia informato in modo chiaro sull'emissione residua di vibrazioni, in modo che possa prendere le idonee precauzioni.

Il secondo paragrafo dell'art. 1.5.9 stabilisce un metodo di valutazione dell'efficacia delle misure prese al fine di ridurre il rischio associato all'emissione vibratoria, basato sul confronto del livello di rischio con quello di macchinari simili (per scopo, morfologia, potenza e velocità) anche di diversi produttori. L'approccio consiste nel confronto dei valori di emissione misurati sulla macchina in esame con quelli misurati su un macchinario simile, nelle stesse condizioni di prova. Pertanto, il costruttore ha l'obbligo di valutare lo 'stato dell'arte' delle vibrazioni prodotte da macchinari della stessa famiglia. Se il confronto evidenzia un numero significativo di macchinari simili caratterizzati da valori di emissione inferiori, la macchina non è in linea con lo stato dell'arte e ulteriori misure preventive possono essere implementate.

#### **Allegato I - 1.7.4.2 Contenuto delle istruzioni [11]**

*Ciascun manuale di istruzioni deve contenere, se del caso, almeno le informazioni seguenti:*

(...)

*f) una descrizione del o dei posti di lavoro che possono essere occupati dagli operatori;*

(...)

*j) le istruzioni per l'installazione e il montaggio volte a ridurre il rumore e le vibrazioni prodotti;"*

(...)

Il produttore ha l'obbligo di corredare la macchina di istruzioni nella lingua del paese di immissione sul mercato, o nelle lingue comunitarie ufficiali. Tra i vari elementi che

tali istruzioni devono contenere, la lettera f) richiede una 'generica' descrizione dei posti di lavoro che però implica anche la regolazione dei sedili, dei poggiapiedi o di altre parti della macchina che assicurino una buona postura e riducano le vibrazioni trasmesse all'operatore. Inoltre, la lettera j) richiede istruzioni per l'installazione e il montaggio per volte a ridurre le vibrazioni che possono riguardare ad esempio delle specifiche sulle fondazioni con caratteristiche di smorzamento adeguate.

### Allegato I

*2. - Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per talune categorie di macchine*

*2.2 - Macchine portatili tenute e/o condotte a mano*

*2.2.1 - Condizioni generali*

*2.2.1.1 - Istruzioni [11]*

*Le istruzioni devono fornire le seguenti indicazioni relative alle vibrazioni emesse dalle macchine portatili tenute e condotte a mano:*

- *il valore totale di vibrazioni cui è esposto il sistema mano-braccia quando superi i 2.5 m/s<sup>2</sup>. Se tale valore non supera 2.5 m/s<sup>2</sup>, occorre segnalarlo,*
- *l'incertezza della misurazione.*

*I suddetti valori devono essere quelli misurati effettivamente sulla macchina in questione, oppure quelli stabiliti sulla base di misurazioni effettuate su una macchina tecnicamente comparabile rappresentativa della macchina da produrre.*

*Allorché non sono applicate le norme armonizzate, i dati sulle vibrazioni devono essere misurati usando il codice di misurazione più appropriato adeguato alla macchina.*

*Devono essere specificati le condizioni di funzionamento della macchina durante la misurazione e i metodi utilizzati per effettuarla oppure il riferimento alla norma armonizzata applicata.*

### Allegato I

*3. - Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per ovviare ai pericoli dovuti alla mobilità delle macchine*

*3.6 - Informazioni e indicazioni*

*3.6.3 - Istruzioni*

*3.6.3.1 - Vibrazioni [11]*

*Le istruzioni devono fornire le seguenti indicazioni relative alle vibrazioni trasmesse dalla macchina al sistema mano-braccio o a tutto il corpo:*

- *il valore totale di vibrazioni cui è esposto il sistema mano-braccio, quando superi 2.5 m/s<sup>2</sup>. Se tale valore non supera 2.5 m/s<sup>2</sup> deve essere indicato,*
- *il valore quadratico medio massimo dell'accelerazione ponderata cui è esposto tutto il corpo, quando superi 0.5 m/s<sup>2</sup>. Se tale livello è inferiore o pari a 0.5 m/s<sup>2</sup> deve essere indicato,*
- *l'incertezza della misurazione.*

*I suddetti valori devono essere quelli misurati effettivamente sulla macchina in questione, oppure quelli stabiliti sulla base di misurazioni effettuate su una macchina tecnicamente comparabile rappresentativa della macchina da produrre. Allorché non sono applicate le norme armonizzate, i dati sulle vibrazioni devono essere misurati usando il codice di misurazione più appropriato adeguato alla macchina.*

*Devono essere descritte le condizioni di funzionamento della macchina durante la misurazione e il codice di misurazione utilizzato per effettuarla.*

Sia il requisito 2.2.1.1, che il requisito 3.6.3.1 sono complementari ai requisiti generali relativi alle istruzioni indicati al punto 1.7.4. In particolare, si applicano i requisiti relativi alla lingua in cui sono fornite istruzioni.

Il primo paragrafo del punto 2.2.1.1 e il primo paragrafo del punto 3.6.3.1 definiscono le quantità fisiche di vibrazioni trasmesse dalla macchina mobile al sistema mano-braccio o a tutto il corpo da dichiarare nelle istruzioni.

Per le macchine portatili tenute e condotte a mano (2.2.1.1), se il valore misurato sulla macchina è superiore a  $2,5 \text{ m/s}^2$ , occorre indicarlo; se invece il valore misurato sulla macchina non supera tale valore, le istruzioni dovranno riportare tale informazione.

Per le macchine mobili (3.6.3.1), i valori misurati sulla macchina devono essere dichiarati se superano  $2,5 \text{ m/s}^2$  per il sistema mano-braccio e  $0,5 \text{ m/s}^2$  per tutto il corpo. Se i valori misurati sulla macchina non superano tali valori, occorre indicarlo nelle istruzioni.

In entrambi i casi le vibrazioni trasmesse dalla macchina devono pertanto essere misurate dal fabbricante della macchina tramite un metodo di prova adeguato, a meno che non sia stato stabilito che, per quella categoria di macchine i valori misurati non superano mai il limite di cui sopra - questo aspetto può essere indicato nella norma di tipo C concernente la relativa categoria di macchine.

Per entrambi i requisiti (punti 2.2.1.1. e 3.6.3.1), le vibrazioni trasmesse dalla macchina devono pertanto essere misurate dal fabbricante della macchina tramite un metodo di prova adeguato, a meno che non sia stato stabilito che per quella data categoria di macchine i valori misurati non hanno mai superato il limite di cui sopra; in tal caso questo aspetto può essere indicato nella norma di tipo C concernente la relativa categoria di macchine.

La dichiarazione sulle vibrazioni trasmesse dalla macchina assolve a due scopi principali:

- accompagna gli utilizzatori nella scelta di una macchina che abbia una bassa emissione di vibrazioni;
- fornisce utili informazioni al datore di lavoro in sede di valutazione dei rischi, a norma delle disposizioni nazionali che recepiscono la direttiva 2002/44/CE sull'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni).

A tal riguardo, si ricorda quanto già indicato a commento del punto 1.5.9, ovvero che il livello di esposizione dei lavoratori alle vibrazioni non può essere semplicemente dedotto dalla dichiarazione del fabbricante sull'emissione delle vibrazioni, in quanto l'esposizione dell'operatore dipende anche da altri fattori.

Il secondo trattino del primo paragrafo di entrambi i punti (2.2.1.1 e 3.6.3.1) prevede che venga specificata l'incertezza concernente il valore dichiarato. Le indicazioni sulla determinazione dell'incertezza associata alla misurazione delle vibrazioni trasmesse dalla macchina devono essere fornite con i metodi di misurazione pertinenti.

Il secondo paragrafo prevede che, nel caso di produzione in serie, le misurazioni siano effettuate su un campione rappresentativo di macchine tecnicamente comparabili. Nel caso di produzione una tantum, il fabbricante deve determinare tramite misurazione l'emissione di vibrazioni per ciascuna macchina fornita.

Il terzo e ultimo paragrafo concerne i metodi da utilizzare per misurare le vibrazioni.

Le condizioni di funzionamento influiscono non poco sulle vibrazioni trasmesse dalla macchina. La misurazione delle vibrazioni dovrà quindi essere effettuata in condizioni di funzionamento che siano rappresentative. Qualora un metodo di misurazione specificato in una norma armonizzata definisca le condizioni di funzionamento in cui occorre effettuare la misurazione, il riferimento alla norma armonizzata è sufficiente per indicare le condizioni di funzionamento e i metodi di misurazione utilizzati. Quando vengono utilizzati altri metodi di misurazione, le condizioni di funzionamento e i metodi di misurazione utilizzati andranno indicati nella dichiarazione sulle vibrazioni.

Si fa osservare che il valore dichiarato nelle istruzioni in merito alle vibrazioni deve essere indicato anche nei documenti commerciali concernenti le caratteristiche e le prestazioni della macchina.

#### **Allegato I**

*1. - Requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute*

*1.1 - Condizioni generali*

*1.1.8 - Sedili*

*Ove appropriato e se le condizioni di lavoro lo consentono, nel posto di lavoro integrato alla macchina deve*

*essere prevista l'installazione di sedili.*

*Se l'operatore è destinato a lavorare seduto e il posto è parte integrante della macchina, il sedile deve essere fornito unitamente a quest'ultima.*

*Il sedile dell'operatore deve renderlo capace di mantenere una posizione stabile. Inoltre il sedile e la sua distanza dai dispositivi di comando devono potersi adattare all'operatore.*

*Se la macchina è sottoposta a vibrazioni, il sedile deve essere progettato e costruito in modo da ridurre al livello più basso ragionevolmente possibile le vibrazioni trasmesse all'operatore. Il sedile deve essere ancorato in modo da resistere a tutte le sollecitazioni che può subire. Se sotto i piedi dell'operatore non esiste alcun piano di appoggio, egli dovrà disporre di un poggiatesta antistrisciolo.*

Il requisito di cui al punto 1.1.8 tratta un aspetto specifico dell'interfaccia fra l'operatore e la macchina che può essere causa di disagio, affaticamento e danno alla salute in caso di progettazione scorretta.

Il primo paragrafo prevede che la macchina sia progettata in modo da consentire l'installazione di sedili 'ove appropriato e se le condizioni di lavoro lo consentono'. I fabbricanti devono quindi considerare se gli operatori potrebbero stare più comodi ed eseguire tutti o parte dei loro compiti più agevolmente ed efficacemente seduti. In tal caso, il posto di lavoro, in altri termini il punto della macchina in cui si siede l'operatore, deve essere progettato in modo da prevedere l'installazione dei sedili necessari. Ciò comporta che si presti particolare attenzione all'altezza delle superfici di lavoro, all'ubicazione e alla forma dei dispositivi di comando e delle altre parti della macchina cui deve poter avere accesso l'operatore, nonché allo spazio in cui posizionare il sedile e a quello di manovra per gli arti superiori e inferiori dell'operatore.

Il secondo paragrafo si applica nel caso in cui l'operatore rimane seduto durante l'attività lavorativa e il posto di lavoro è parte integrante della macchina; in altre parole il sedile dell'operatore non viene installato sul pavimento accanto alla macchina ma su parti della macchina stessa. In tal caso, il sedile deve essere fornito con la macchina.

Il secondo e il terzo paragrafo definiscono i requisiti concernenti i sedili. Il sedile deve essere progettato in modo da consentire all'operatore di mantenere una posizione stabile, tenendo conto delle condizioni d'uso prevedibili, inclusi in particolare i prevedibili movimenti della macchina. I parametri pertinenti del sedile stesso, come l'altezza, la larghezza, la profondità e l'inclinazione del sedile, la posizione dello schienale e la posizione di eventuali braccioli e poggiatesta devono essere regolabili per tener conto della variabilità delle dimensioni fisiche degli operatori. Deve essere possibile regolare anche la posizione del sedile rispetto a quella dei dispositivi di comando, inclusa la pedaliera azionata dall'operatore, dotando la posizione del sedile, i dispositivi di comando o entrambi di un dispositivo di regolazione.

Per le macchine in cui l'operatore seduto può essere esposto a vibrazioni dovute al funzionamento della macchina stessa o al movimento della macchina su un terreno accidentato, un modo per ridurre il rischio di esposizione alle vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero è quello di dotare il sedile di un sistema di sospensioni adeguate per ridurre le vibrazioni.

#### **4.1.2 Direttiva 2002/44/CE**

La direttiva 2002/44/CE [49], spesso definita direttiva sulle vibrazioni, ha l'obiettivo di introdurre a livello comunitario prescrizioni minime di sicurezza e di salute per tutelare i lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione alle vibrazioni. È stata recepita dalla legislazione italiana attraverso il d.lgs. 187/2005 [50], successivamente abrogato dall'articolo 304 del d.lgs. 9 aprile 2008 n. 81 [51]. La direttiva stabilisce i valori limite di esposizione e valori di azione; specifica gli obblighi dei datori di lavoro relativi alla determinazione e valutazione dei rischi; stabilisce le misure da adottare per ridurre o evitare l'esposizione e spiega in dettaglio le modalità di una corretta informazione e formazione dei lavoratori. La direttiva impone inoltre agli Stati membri dell'UE di porre in opera un sistema appropriato di controllo della salute dei lavoratori esposti ai rischi associati a vibrazioni. Per completezza era doveroso menzionare questa direttiva, che tuttavia non verrà descritta in maggior dettaglio in quanto l'esposizione del lavoratore ai rischi derivanti da vibrazioni esula dallo scopo principale di questo manuale relativo alla certificazione vibratoria delle macchine.

## **4.2 NORME TECNICHE GENERALI - VIBRAZIONI**

I termini e le definizioni in materia di vibrazioni meccaniche e urti sono definiti nella norma UNI 9513:1989 [52], redatta in accordo con il progetto di norma ISO/DIS 2041:1986, bozza della norma ISO 2041:1990, ora sostituita da ISO 2041:2018 - *Mechanical vibration, shock and condition monitoring - Vocabulary* [53].

Si differenziano vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio (HAV) e vibrazioni trasmesse al corpo intero (WBV). Quasi sempre la misura dell'accelerazione vibrazionale trasmessa al sistema mano-braccio (HAV) è eseguita in accordo con quanto descritto dalle norme UNI EN ISO 5349-1:2004 [54] e UNI EN ISO 5349-2:2015 [55]. La procedura descritta nelle parti 1 e 2 della serie UNI EN ISO 5349 prevede la misura delle 3 componenti assiali di accelerazione, ponderate in frequenza, per tener conto della diversa sensibilità del corpo umano alle vibrazioni in funzione della frequenza. La curva di ponderazione in frequenza utilizzata per le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio è la curva  $W_h$ , definita dalla norma UNI EN ISO 5349-1.

La misurazione dell'accelerazione delle vibrazioni trasmesse al corpo intero (WBV) di norma viene eseguita in accordo con la norma UNI ISO 2631-1:2014 *Vibrazioni meccaniche e urti - Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero - Parte 1: Requisiti generali* [56]. Essa definisce i metodi per la misurazione delle vibrazioni periodiche, casuali e transitorie trasmesse al corpo intero. Si applica alla sollecitazione vibratoria trasmessa al corpo umano attraverso le superfici di supporto: i piedi di una persona eretta, i glutei, la schiena e i piedi di una persona seduta, o l'area che supporta una persona distesa. Vengono considerate vibrazioni generate e trasmesse nelle macchine, negli edifici e nelle vicinanze delle macchine in lavorazione. Sono inoltre fornite le curve di ponderazione in bande di terzi di ottava. Gli allegati informativi offrono inoltre una guida sui possibili effetti delle vibrazioni sulla salute, sul benessere e sulla percezione del male dei trasporti. Metodiche alternative di valutazione in presenza di vibrazioni impulsive o urti ripetuti che presentino fattori di cresta superiori a 9 sono contenute nello standard UNI ISO 2631-5:2019 *Vibrazioni meccaniche e urti - Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero - Parte 5: Metodo per la valutazione delle vibrazioni a carattere impulsivo* [57].

La parte 1 della norma UNI CEN/TR 15172:2008 *Vibrazioni al corpo intero - Linee guida per la riduzione del rischio da vibrazione - Parte 1: Metodo tecnico progettuale per la progettazione delle macchine* [58], fornisce linee guida da applicare in fase progettuale per la riduzione dei rischi associati all'esposizione del lavoratore alle vibrazioni. La norma fornisce metodi per l'individuazione delle sorgenti principali, per la riduzione delle vibrazioni alla sorgente e per la riduzione della trasmissione delle vibrazioni dalla sorgente all'operatore.

La norma UNI EN 12096:1999: *Dichiarazione dei valori di emissione vibratoria* [59] prevede che il produttore dichiari il valore di emissione vibratoria e il fattore di incertezza  $K$ , relative a una data condizione operativa. Il valore misurato di emissione vibratoria si può riferire al sistema mano-braccio  $a_{h,w}$  o all'accelerazione ponderata trasmessa al corpo  $a_w$ ,  $a_{wx}$ ,  $a_{wy}$  e  $a_{wz}$ .

#### 4.2.1 Norme generali per la direttiva 2006/42/CE

La norma UNI EN 1299 [60] fornisce linee guida per assicurare che i produttori diano informazioni utili e sufficienti per la scelta e la progettazione di un sistema per l'isolamento vibrazionale, per ridurre i rischi connessi alle vibrazioni generate dalla macchina.

### 4.3 NORME TECNICHE DI PRODOTTO - VIBRAZIONI

Insieme alla norma UNI EN 12096 [59], la norma UNI EN 1032:2009: *Vibrazioni meccaniche - Esame di macchine mobili allo scopo di determinare i valori di emissione vibratoria* [61] è considerata la norma base per la valutazione dell'emissione vibratoria di macchine mobili, trasmesse al corpo intero o al sistema mano braccio. Lo scopo della norma è che le procedure stabilite dai vari comitati di normazione tecnica per le diverse famiglie di macchine:

- siano il più possibile omogenee e conformi alle norme generali per la misurazione dell'emissione vibratoria;
- forniscano ai produttori un metodo normalizzato per la determinazione e la dichiarazione dei valori di emissione delle loro macchine;
- facciano riferimento alle più recenti tecniche e metodi per la misurazione delle emissioni vibratorie;
- permettano all'utente, o agli organismi ispettivi, di confrontare i valori di emissione di macchine differenti e verificare i valori di emissione forniti dal produttore.

La norma definisce i requisiti per la preparazione di una prova di emissione vibratoria, alcune condizioni operative durante le prove e le informazioni che è necessario includere in una tipica procedura di prova. La norma definisce inoltre una metrologia di caratterizzazione e una procedura di misurazione delle vibrazioni trasmesse sia al corpo intero che al sistema mano-braccio. Questa norma è applicabile a tutte le macchine che producono vibrazioni, sia periodiche che casuali, in regime stazionario o transiente. All'appendice B vengono riportate le curve di ponderazione in frequenza  $W_k$  (asse z) e  $W_d$  (assi x e y) per la determinazione dei valori di vibrazione trasmessi al corpo intero, e la curva di ponderazione in frequenza  $W_h$  per la determinazione dei valori di vibrazioni trasmessi al sistema mano-braccio.

Per diverse famiglie di macchine sono disponibili norme tecniche di prodotto specifiche per la determinazione dell'emissione vibratoria. Ogni norma stabilisce le grandezze che è necessario misurare al fine di valutare l'emissione vibratoria della macchina, le condizioni operative e tutte le informazioni che è necessario indicare.

### 4.4 DESCRIZIONE DATABASE NORME - VIBRAZIONI

Nell'allegato B.2 di questo manuale è riportato un database normativo, nel quale vengono riportate circa 100 norme sulle vibrazioni, tra norme generiche e, successivamente, norme di prodotto. Per una migliore lettura di tale strumento, viene ora fornita una breve descrizione delle informazioni fornite. In particolare, si dettagliano i campi nei quali è strutturato il database che, una volta implementato su supporto informatico, dovrebbero agevolare la ricerca.

- **Identificativo della norma:** le prime informazioni riportate riguardano il codice identificativo della norma, la data di pubblicazione (nel caso di revisioni della norma,



viene riportata la data che fa riferimento all'ultima messa in vigore), il titolo e il sommario che descrive brevemente il contenuto della norma stessa.

- **Categoria di macchine:** per facilitare la selezione delle norme, sono stati inseriti due campi di ricerca che variano a seconda della tipologia di macchina o di famiglia di macchina che si vuole trovare. Il primo campo, più generico, riguarda la macro-categoria di macchina trattata (es. macchine mobili, macchine portatili, carrelli, macchine forestali/agricole).
- **Ambito di applicazione:** questo campo riporta una descrizione sintetica degli ambiti e dei contesti in cui può essere applicata la norma. Viene inoltre fornito, quando disponibile, un elenco delle macchine a cui è possibile applicare la norma (es. macro-categoria: macchine utensili portatili; ambito di applicazione: smerigliatrici angolari e verticali; smerigliatrici motorizzate; smerigliatrici con spazzole metalliche; sabbiatrici; levigatrici).
- **Grandezze misurate:** vengono elencate le grandezze fisiche che è necessario misurare in accordo con le prescrizioni della norma al fine di valutare l'emissione vibratoria dalla macchina oggetto di prova: accelerazione ponderata trasmessa al sistema mano-braccio su singolo asse  $a_{h,w}$ , o multi asse  $a_{h,w,x}$ ,  $a_{h,w,y}$ ,  $a_{h,w,z}$ ,  $a_{h,w}$ ; accelerazione trasmessa la corpo intero  $a_{w,x}$ ,  $a_{h,w,zy}$ ,  $a_{h,w,z}$ ,  $a_{h,w}$ .
- **Condizioni operative di misura:** quando descritte, vengono riportate sinteticamente le condizioni operative durante l'esecuzione della prova. In particolare, viene specificato se la prova viene eseguita 'a vuoto', o 'a carico' o ancora, su un'apposita superficie di test.
- **Riferimenti normativi:** sono elencate tutte le principali norme tecniche, relative alla determinazione dell'emissione vibratoria, che vengono richiamate dalla norma in esame.
- **Note:** in questo campo sono riportati alcuni commenti relativi per esempio alle informazioni forniti negli allegati, all'applicazione della norma a una particolare categoria di macchine, oppure a eventuali sostituzioni della norma.
- **Abstract:** quando disponibile, viene riportato il sommario descrittivo della norma.

## 5 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] Commissione europea. Comunicazione della Commissione 2016/C 272/01 - La guida blu all'attuazione della normativa UE sui prodotti 2016 (Blue Guide), Gazzetta ufficiale dell'Unione europea C 272 del 26.07.2016.
- [2] Consiglio delle Comunità europee. Risoluzione del 7 maggio 1985 sul nuovo approccio all'armonizzazione tecnica ed alla normazione. Gazzetta ufficiale delle Comunità europee C 136 del 04.06.1985.
- [3] Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea. Regolamento (CE) n. 765/2008 del 9 luglio 2008 che pone norme in materia di accreditamento e vigilanza del mercato per quanto riguarda la commercializzazione dei prodotti e che abroga il regolamento (CEE) n. 339/93, Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L 218 del 13.08.2008.
- [4] Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea. Decisione n. 768/2008/CE del 9 luglio 2008 relativa a un quadro comune per la commercializzazione dei prodotti e che abroga la decisione 93/465/CEE, Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L 218 del 13.08.2008.
- [5] URL: [https://europa.eu/european-union/eu-law/legal-acts\\_it](https://europa.eu/european-union/eu-law/legal-acts_it) [consultato settembre 2020].
- [6] Borchardt, K.-D, Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle Comunità europee, 2017. L'ABC del diritto dell'Unione europea. URL: <https://op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/5d4f8cde-de25-11e7-a506-01aa75ed71a1>[consultato settembre 2020].
- [7] URL: <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/> [consultato settembre 2020].
- [8] Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea. Regolamento (UE) n. 1025/2012 del 25 ottobre 2012 sulla normazione europea, che modifica le direttive 89/686/CEE e 93/15/CEE del Consiglio nonché le direttive 94/9/CE, 94/25/CE, 95/16/CE, 97/23/CE, 98/34/CE, 2004/22/CE, 2007/23/CE, 2009/23/CE e 2009/105/CE del Parlamento europeo e del Consiglio e che abroga la decisione 87/95/CEE del Consiglio e la decisione n. 1673/2006/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L 316 del 14.11.2012.
- [9] Commissione europea. Comunicazione 2012/C 326/01 Versione consolidata del trattato sull'Unione europea e del trattato sul funzionamento dell'Unione europea, Gazzetta ufficiale dell'Unione europea C 326 del 26/10/2012.
- [10] Commissione europea, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. Guide to application of the Machinery Directive 2006/42/EC. Edition 2.2 - October 2019.
- [11] Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea. Direttiva 2006/42/CE del 17 maggio 2006 relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE (rifiusione). Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L 157 del 09/06/2006.

- [12] Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea. Direttiva 2000/14/CE dell'8 maggio 2000 sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri concernenti l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto. Gazzetta ufficiale delle Comunità europee L 162 del 03/07/2000.
- [13] Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea. Direttiva 2003/10/CE del 6 febbraio 2003 sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore) (diciassettesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE). Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L 42 15/02/2003.
- [14] Presidente della Repubblica Italiana. Decreto legislativo 27 gennaio 2010, n. 17 - Attuazione della direttiva 2006/42/CE relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori. Supplemento ordinario n. 36/L alla Gazzetta ufficiale, serie generale - n. 41 del 19/02/2010.
- [15] UNI EN ISO 11689:1998, 'Acustica - Procedura per la comparazione dei dati di emissione sonora per macchine ed apparecchiature'. UNI, Ente italiano di normazione, 31 ottobre 1998.
- [16] Presidente della Repubblica Italiana. Decreto legislativo 4 settembre 2002, n. 262 - Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto. Supplemento ordinario alla Gazzetta ufficiale, serie generale - n. 273 del 21 novembre 2002.
- [17] UNI EN ISO 11200:2014, 'Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Linee guida per l'uso delle norme di base per la determinazione dei livelli di pressione sonora al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni'. UNI, Ente italiano di normazione, 24 luglio 2014.
- [18] UNI EN ISO 11201:2010, 'Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Determinazione dei livelli di pressione sonora di emissione al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni in campo sonoro praticamente libero su un piano riflettente con correzioni ambientali trascurabili'. UNI, Ente italiano di normazione, 10 giugno 2010.
- [19] UNI EN ISO 11202:2010, 'Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Determinazione dei livelli di pressione sonora di emissione al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni applicando correzioni ambientali'. UNI, Ente italiano di normazione, 10 giugno 2010.
- [20] UNI EN ISO 11203:2009, 'Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Determinazione dei livelli di pressione sonora al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni sulla base del livello di potenza sonora'. UNI, Ente italiano di normazione, 15 ottobre 2009.
- [21] UNI EN ISO 11204:2010, 'Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Determinazione dei livelli di pressione sonora di emissione al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni applicando correzioni ambientali accurate'. UNI, Ente italiano di normazione, 10 giugno 2010.

- [22] UNI EN ISO 11205:2009, 'Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Metodo tecnico progettuale per la determinazione dei livelli di pressione sonora in opera al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni mediante il metodo intensimetrico'. UNI, Ente italiano di normazione, 15 ottobre 2009.
- [23] UNI EN ISO 3740:2002, 'Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore - Linee guida per l'uso delle norme di base'. UNI, Ente italiano di normazione, 01 dicembre 2002.
- [24] UNI EN ISO 3741:2010, 'Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodi di laboratorio in camere riverberanti'. UNI, Ente italiano di normazione, 5 novembre 2010.
- [25] UNI EN ISO 3743-1:2010, 'Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodi tecnici progettuali in campo riverberante per piccole sorgenti trasportabili - Parte 1: Metodo di comparazione per camere di prova a pareti rigide'. UNI, Ente italiano di normazione, 25 novembre 2010.
- [26] UNI EN ISO 3743-2:2009, 'Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore utilizzando la pressione sonora - Metodi tecnici progettuali in campo riverberante per piccole sorgenti trasportabili - Parte 2: Metodi in camere riverberanti speciali'. UNI, Ente italiano di normazione, 15 ottobre 2009.
- [27] UNI EN ISO 3744:2010, 'Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodo tecnico progettuale in un campo essenzialmente libero su un piano riflettente'. UNI, Ente italiano di normazione, 25 novembre 2010.
- [28] UNI EN ISO 3745:2017, 'Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodi di laboratorio in camere anecoica e semi-anecoica'. UNI, Ente italiano di normazione, 8 giugno 2017.
- [29] UNI EN ISO 3746:2011, 'Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodo di controllo con una superficie avvolgente su un piano riflettente'. UNI, Ente italiano di normazione, 26 gennaio 2011.
- [30] UNI EN ISO 3747:2011, 'Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodi tecnico progettuale/ controllo per applicazioni in opera in un ambiente riverberante'. UNI, Ente italiano di normazione, 26 gennaio 2011.
- [31] UNI EN ISO 9614-1:2009, 'Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante il metodo intensimetrico - Parte 1: Misurazione per punti discreti'. UNI, Ente italiano di normazione, 5 ottobre 2009.
- [32] UNI EN ISO 9614-2:1998, 'Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante il metodo intensimetrico - Misurazione per scansione'. UNI, Ente italiano di normazione, 30 giugno 1998.

- [33] UNI EN ISO 9614-3:2009, 'Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante il metodo intensimetrico - Parte 3: Metodo di precisione per la misurazione per scansione'. UNI, ente italiano di normazione, 15 ottobre 2009.
- [34] UNI EN ISO 7779:2019, 'Acustica - Misurazione del rumore aereo emesso dalle apparecchiature informatiche e di telecomunicazione'. UNI, Ente italiano di normazione, 07 febbraio 2019.
- [35] UNI EN ISO 11688-1:2009, 'Acustica - Suggerimenti pratici per la progettazione delle macchine e delle apparecchiature a bassa emissione di rumore - Parte 1: Pianificazione'. UNI, Ente italiano di normazione, 15 ottobre 2009.
- [36] UNI EN ISO 11688-2:2002, 'Acustica - Suggerimenti pratici per la progettazione di macchine ed apparecchiature a bassa emissione di rumore - Parte 2: Elementi di fisica per la progettazione a bassa emissione'. UNI, Ente italiano di normazione, 01 dicembre 2002.
- [37] UNI EN ISO 12100:2010, 'Sicurezza del macchinario - Principi generali di progettazione - Valutazione del rischio e riduzione del rischio'. UNI, Ente italiano di normazione, 25 novembre 2010.
- [38] UNI EN ISO 11690-1:1998, 'Acustica - Raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro a basso livello di rumore contenenti macchinario - Strategie per il controllo del rumore'. UNI, Ente italiano di normazione, 30 settembre 1998.
- [39] UNI EN ISO 11690-2:1999, 'Acustica - Raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro a basso livello di rumore contenenti macchinario - Provvedimenti per il controllo del rumore'. UNI, Ente italiano di normazione, 31 marzo 1999.
- [40] UNI EN ISO 11690-3:2000, Acustica - Raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro a basso livello di rumore contenenti macchinario - Propagazione del suono e previsione del rumore in ambienti di lavoro'. UNI, Ente italiano di normazione, 30 novembre 2000.
- [41] UNI EN ISO 15667:2002, 'Acustica - Linee guida per la riduzione del rumore mediante cabine e cappottature'. UNI, Ente italiano di normazione, 01 novembre 2002.
- [42] UNI 11022:2003, 'Acustica - Misurazione dell'efficacia acustica dei sistemi antirumore (insertion loss), per infrastrutture di trasporto, installati in ambiente esterno'. UNI, Ente italiano di normazione, 01 gennaio 2003.
- [43] UNI EN ISO 11957:2009, 'Acustica - Determinazione della prestazione di isolamento acustico di cabine - Misurazioni in laboratorio e in opera'. UNI, Ente italiano di normazione, 15 ottobre 2009.
- [44] UNI EN ISO 4871:2009, 'Acustica - Dichiarazione e verifica dei valori di emissione sonora delle macchine e delle apparecchiature'. UNI, Ente italiano di normazione, 15 ottobre 2009.
- [45] EN ISO 3744:1995, 'Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante pressione sonora - Metodo tecnico progettuale in un campo

- essenzialmente libero su un piano riflettente'. CEN - Comitato europeo di normazione, 20 settembre 1995.
- [46] EN ISO 3746:1995, 'Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante pressione sonora - Metodo di controllo con una superficie avvolgente su un piano riflettente'. CEN - Comitato europeo di normazione, 15 agosto 1995.
- [47] Pinto I. Le nuove norme di certificazione delle emissioni di vibrazione. Convegno dBA, (2010). URL: [https://www.portaleagentifisici.it/DOCUMENTI/HAV\\_DOCUMENTAZIONE/dba\\_2010\\_pinto\\_vibrazioni\\_23\\_09\\_2010.pdf?lg=IT](https://www.portaleagentifisici.it/DOCUMENTI/HAV_DOCUMENTAZIONE/dba_2010_pinto_vibrazioni_23_09_2010.pdf?lg=IT) [consultato settembre 2020].
- [48] Nataletti P, Sabatino R, Tirabasso A, Lenzuni P. La valutazione del rischio vibrazioni, Ed. Inail Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale. (2019) URL: <https://www.inail.it/cs/internet/comunicazione/pubblicazioni/catalogo-generale/pubbl-valutazione-del-rischio-vibrazioni.html> [consultato settembre 2020].
- [49] Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea. Direttiva 2002/44/CE del 25 giugno 2002 sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni) (sedicesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE). Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee L 177 06/07/2002.
- [50] Decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 187. Attuazione della direttiva 2002/44/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche. Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 220 del 21 settembre 2005.
- [51] Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Pubblicato nella Gazzetta ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008.
- [52] UNI 9513:1989 'Vibrazioni e urti. Vocabolario'. UNI, Ente italiano di normazione, 31 dicembre 1989.
- [53] ISO 2041:2018 Mechanical vibration, shock and condition monitoring - Vocabulary. ISO, International Organisation for Standardisation, 9 ottobre 2018.
- [54] UNI EN ISO 5349-1:2004 'Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano - Parte 1: Requisiti generali'. UNI, Ente italiano di normazione, 1 settembre 2004.
- [55] UNI EN ISO 5349-2:2015 'Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano - Parte 2: Guida pratica per la misurazione al posto di lavoro'. UNI, Ente italiano di normazione, 29 ottobre 2015.
- [56] UNI ISO 2631-1:2014 'Vibrazioni meccaniche e urti - Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero - Parte 1: Requisiti generali'. UNI, Ente italiano di normazione, 11 dicembre 2014.
- [57] UNI ISO 2631-5:2019, 'Vibrazioni meccaniche e urti - Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero - Parte 5: Metodo per la valu-

- tazione delle vibrazioni a carattere impulsivo'. UNI, Ente italiano di normazione, 4 luglio 2019.
- [58] UNI CEN/TR 15172-1:2008 'Vibrazioni al corpo intero - Linee guida per la riduzione del rischio da vibrazione - Parte 1: Metodo tecnico progettuale per la progettazione delle macchine'. UNI, Ente italiano di normazione, 17 aprile 2008.
- [59] UNI EN 12096:1999 'Vibrazioni meccaniche - Dichiarazione e verifica dei valori di emissione vibratoria'. UNI, Ente italiano di normazione, 30 aprile 1999.
- [60] UNI EN 1299:2009 'Vibrazioni meccaniche ed urti - Isolamento vibrazionale dei macchinari - Informazioni per la messa in opera dell'isolamento della fonte'. UNI, Ente italiano di normazione, 15 febbraio 2009.
- [61] UNI EN 1032:2009 'Vibrazioni meccaniche - Esame di macchine mobili allo scopo di determinare i valori di emissione vibratoria'. UNI, Ente italiano di normazione, 25 febbraio 2009.





# ALLEGATI



## A CASO STUDIO: RUMORE E VIBRAZIONI SUI TRATTORI AGRICOLI

### A.1 MATERIALI E METODI

I trattori agricoli rappresentano una importante fonte di rischio di esposizione a rumore e vibrazioni per gli operatori che li utilizzano. La varietà di situazioni nei quali questi trattori vengono utilizzati e le differenti caratteristiche e dotazioni dei mezzi rendono difficile poter valutare correttamente l'esposizione di un operatore senza procedere ad una campagna di misure sperimentali, che richiedono spazi, tempistiche e costi notevoli. D'altronde i dati forniti dal costruttore per ottemperare agli obblighi legislativi previsti dal regolamento (UE) n. 167/2013 relativo all'omologazione e alla vigilanza del mercato dei veicoli agricoli e forestali e inseriti nel libretto d'uso e manutenzione del veicolo si riferiscono a condizioni di prova standard poco significative rispetto al reale utilizzo del mezzo. Nel corso del progetto Bric\_26 è stata svolta un'indagine riguardante le vibrazioni e il rumore presenti su cinque trattori prodotti da una stessa azienda costruttrice: i mezzi sono stati esaminati nelle normali condizioni di lavoro presso un'azienda agricola e in condizioni controllate presso l'azienda costruttrice dei trattori. L'indagine si è posta l'obiettivo di valutare i rischi (rumore e vibrazioni) cui sono esposti gli operatori nel corso delle diverse attività e di individuare le dotazioni dei mezzi in grado di ridurre tali rischi. L'azienda costruttrice ha chiesto che nella presente relazione fossero omesse indicazioni che potessero far risalire all'azienda stessa. Pertanto, nella relazione non sono riportati la marca e il modello dei trattori, nonché fotografie esplicite dei mezzi. I valori sperimentali ottenuti sono infine confrontati con quelli di omologazione forniti dal costruttore e con quelli reperibili nella Banca dati vibrazioni (BDV) del Portale agenti fisici (PAF) su mezzi di caratteristiche analoghe.

#### A.1.1 Trattori e dotazioni

Sono stati considerati 5 trattori di potenza compresa tra 100 e 140 CV, di recente immatricolazione (2012 - 2016) e in buono stato di manutenzione, impiegati dal costruttore dei mezzi per prove e ricerche; le principali caratteristiche dei trattori sono riportate in Tabella 1. I mezzi, impiegati presso il costruttore per prove e ricerche, di recente immatricolazione (anni 2012 - 2016) e con relativamente poche ore di utilizzo (153 - 660, a meno del mezzo n. 5 caratterizzato da 2902 ore di impiego), sono in buono stato di manutenzione. I trattori presentano dotazioni tecnologiche differenti, denominate a (di base) e indicate nella Tabella 2. In linea di massima, passando dal trattore n. 1 al trattore n. 5, le dotazioni dovrebbero essere in grado di ridurre maggiormente l'esposizione dell'operatore alle vibrazioni e/o al rumore. Per evidenziare l'effetto sulle vibrazioni di alcune dotazioni antivibranti, il trattore n. 5 è stato esaminato anche con altre dotazioni, denominate b, c, d, e, evidenziate in colore grigio nella Tabella 3. Alla guida è stato posto sempre lo stesso conducente esperto, di altezza 1.75 m e peso 104

kg. In tutte le giornate di misura le condizioni meteo erano ottimali, con le superfici di prova da oltre 10 giorni non sottoposte a pioggia.

### Assali anteriore e posteriore

I trattori n. 1, 2 e 3 presentano l'assale anteriore fisso, ossia sprovvisto di sospensione. Da osservare che il mezzo n. 1 è dotato di assale anteriore supersteer in grado di ruotare riducendo il raggio di sterzata (l'angolo effettivo di sterzata raggiunge 76°); il trattore può così eseguire svolte più strette a bordo campo (capezzagna) diminuendo i tempi di manovra. I trattori n. 4 e 5 presentano l'assale anteriore dotato di sospensione: un cilindro idraulico Ognibene 65/55x152 (Figura 6), installato tra il ponte (cui sono collegate le ruote) e il telaio (cui è fissata la cabina), operativo sull'asse verticale e in grado di smorzare le vibrazioni inferiori a 3 Hz. Questo smorzatore a gas attenua le vibrazioni in corrispondenza della frequenza di risonanza degli pneumatici (generalmente pari o inferiore a 2 Hz), garantendo sempre il carico sulle ruote anteriori e quindi la guidabilità del trattore in condizioni di sicurezza. Il trattore n. 5 è stato esaminato anche bloccando il cilindro idraulico mediante l'apposito comando in cabina (dotazione b, Tabella 3); per motivi di sicurezza tale comando non è però operativo qualora la velocità del mezzo superi 12 km/h, per cui oltre tale velocità la sospensione rimane sempre attiva. L'assale posteriore di tutti i trattori è fisso.

Tabella 1		Caratteristiche dei trattori					
N. Trattore	Potenza [CV]	Lunghezza [cm]	Altezza [cm]	Peso [kg]	Passo tra gli assali	Anno di immatricolazione	Ore di lavoro complessive
1	110	406	192	259	3700	228	2016
2	120	406	192	259	3700	228	2016
3	105	416	209	267	4250	234	2012
4	100	416	199	270	4550	238	2015
5	140	453	191	292	4950	265	2013

<b>Tabella 2</b>		<b>Dotazioni a (di base) dei trattori</b>					
<b>N. Trattore</b>	<b>Zavorra [kg]</b>	<b>Assale anteriore</b>	<b>Cabina anteriore</b>	<b>Cabina posteriore</b>	<b>Sedile</b>	<b>Pneumatici anteriori</b>	<b>Pneumatici posteriori</b>
1	280 (Assale anteriore)	Fisso (supersteer)	Su silent block assiali in gomma	Su silent block assiali in gomma	Meccanico Pilot SM80X	405/70 R20 Michelin	540/65 R30 Michelin Multibib
2	400 (Assale anteriore)	Fisso	Su silent block assiali in gomma	Su silent block assiali in gomma	Pneumatico Grammer MSG 95 GL	440/65 R24 Mitas	540/65 R34 Mitas
3	0	Fisso	Su bussole radiali in gomma	Su ammortizzatori a molla Monroe Sensatrac	Pneumatico Grammer MSG 95 GL	480/65 R28 Michelin Multibib	540/65 R38 Michelin Multibib
4	300 (Assale posteriore)	Su cilindro idraulico Ognibene 65/55x152	Su silent block assiali in gomma	Su ammortizzatori a molla Sachs	Pneumatico Grammer MSG 95 GL	480/65 R24 Michelin Multibib	600/65 R34 Michelin Multibib
5	0	Su cilindro idraulico Ognibene 65/55x152	Su bussole radiali in gomma	Su ammortizzatori a molla Monroe Sensatrac	Semiattivo Grammer MSG 97 EAC	540/65 R28 Continental	650/65 R38 Continental

Tabella 3		Dotazioni del trattore n. 5					
Dotazioni	Zavorra [kg]	Assale anteriore	Cabina anteriore	Cabina posteriore	Sedile	Pneumatici anteriori	Pneumatici posteriori
a (di base)	Assale anteriore	Cabina lato posteriore	Sedile	Pneumatici anteriori	Pneumatici posteriori	Pressione pneumatici (bar)	Assale anteriore
b	Su cilindro idraulico Ognibene 65/55x152	Su ammortizzatori a molla Monroe Sensatrac	Semiattivo Grammer MSG 97 EAC	Continental 540/65 R28	Continental 650/65 R38	1.5	Su cilindro idraulico Ognibene 65/55x152
c	Su cilindro idraulico Ognibene 65/55x152 bloccato (*)	Su ammortizzatori a molla Monroe Sensatrac	Semiattivo Grammer MSG 97 EAC	Continental 540/65 R28	Continental 650/65 R38	1.5	Su cilindro idraulico Ognibene 65/55x152 bloccato (*)
d	Su cilindro idraulico Ognibene 65/55x152	Su ammortizzatori a molla Monroe Sensatrac	Pneumatico Grammer MSG 95 GL	Continental 540/65 R28	Continental 650/65 R38	1.5	Su cilindro idraulico Ognibene 65/55x152
e	Su cilindro idraulico Ognibene 65/55x152	Distanziali rigidi	Semiattivo Grammer MSG 97 EAC	Continental 540/65 R28	Continental 650/65 R38	1.5	Su cilindro idraulico Ognibene 65/55x152

(\*) Bloccaggio elettronico della sospensione tramite l'apposito comando in cabina; nel caso di velocità superiore a 12 km/h la sospensione diventa automaticamente attiva

## Cabina

Il lato anteriore della cabina dei trattori n. 1, 2, 4 poggia su due silent block assiali in gomma (Figura 7), quello dei trattori n. 3 e 5 su due bussole radiali in gomma (Figura 8). Il lato posteriore della cabina dei trattori n. 1 e 2 poggia, come in precedenza, su due silent block assiali in gomma, quello dei trattori n. 3 e 5 su due ammortizzatori a molla Monroe Sensatrac (Figura 9), quello del trattore n. 4 su due ammortizzatori a molla Sachs 3017000009910 (Figura 10). Le sospensioni in gomma riducono la trasmissione delle vibrazioni sopra 16 - 18 Hz; sono impiegate in primo luogo per la riduzione del rumore che si propaga per via strutturale all'interno della cabina. Le sospensioni a molla attenuano le vibrazioni a partire da 2 Hz. Il trattore n. 5 è stato esaminato anche sostituendo gli ammortizzatori a molla Monroe Sensatrac con distanziali rigidi (dotazione d, Tabella 3, Figura 11). Ai fini del rumore cui è esposto l'operatore, va osservato

che l'indagine è stata svolta con i finestrini della cabina chiusi e con l'impianto di condizionamento dell'aria alla minima velocità (su tre).

### Sedile

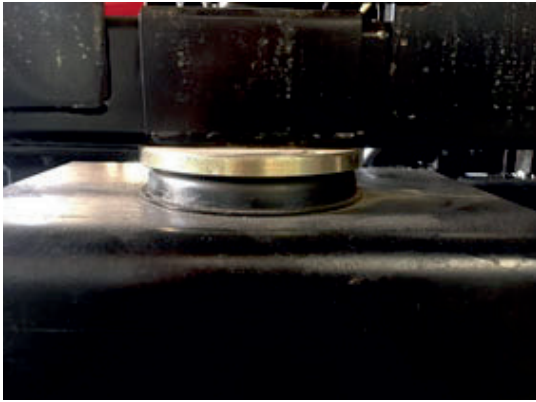
Il sedile Pilot SM 80 X del trattore n. 1 è caratterizzato da una sospensione meccanica (molla-smorzatore). Il sedile Grammer MSG 95 GL dei trattori n. 2, 3, 4 è caratterizzato da una sospensione pneumatica (molla ad aria-smorzatore). Il sedile Grammer MSG 97 EAC del trattore n. 5 è caratterizzato da una sospensione semi-attiva. Si tratta di una sospensione pneumatica la cui rigidità varia adattandosi alle condizioni operative tramite un'elettrovalvola pneumatica controllata da un sensore di posizione. Il trattore n. 5 è stato esaminato anche sostituendo il sedile semi-attivo con un sedile pneumatico Grammer MSG 95 GL (condizione c, Tabella 3). Durante l'indagine si è esclusa la possibilità, da parte dei sedili, di operare lungo l'asse longitudinale, bloccando la relativa molla. Tutti i sedili sono stati regolati dall'operatore in funzione del suo peso.

Figura 6

Cilindro idraulico

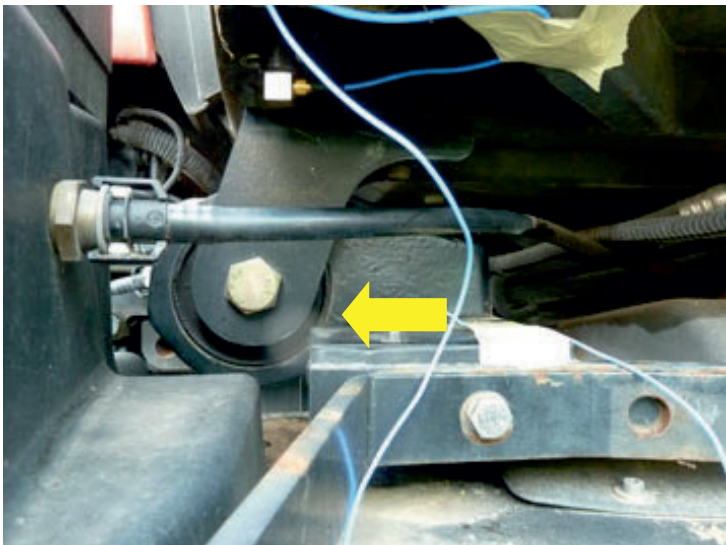


Cilindro idraulico Ognibene 65/55x152 montato sull'assale anteriore (trattori n. 4, 5)

**Figura 7****Silent block assiale**

Silent block assiale in gomma montato sotto la cabina sul lato anteriore (trattori n. 1, 2, 4) e sul lato posteriore (trattori n. 1, 2). A destra particolare dell'elemento in gomma dei silent block assiali

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

**Figura 8****Bussola radiale in gomma**

Bussola radiale in gomma montata sotto la cabina sul lato anteriore (trattori n. 3, 5)

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria



Figura 9

Ammortizzatore a molla

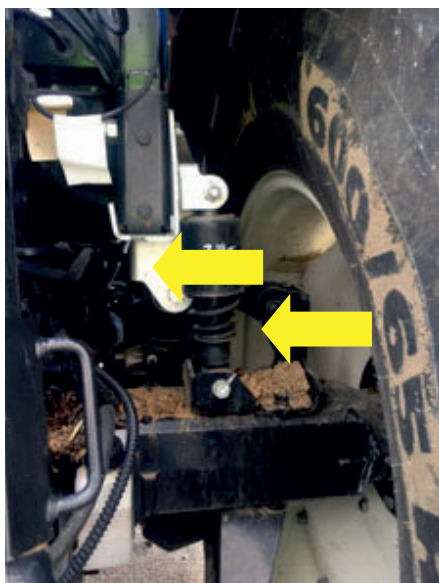


Ammortizzatore a molla Monroe Sensatrac montato sotto la cabina sul lato posteriore (trattori n. 3, 5). A destra particolare degli ammortizzatori a molla Monroe Sensatrac

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

Figura 10

Ammortizzatore a molla



Ammortizzatore a molla Sachs 3017000009910 montato sotto la cabina sul lato posteriore (trattore n. 4)

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

Figura 11

Distanziale rigido



Distanziale rigido (in sostituzione dell'ammortizzatore a molla Monroe Sensatrac) montato sotto la cabina sul lato posteriore (trattore n. 5)

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

### Pneumatici

Marca e modello degli pneumatici montati sui cinque trattori sono riportati nella Tabella 2; la loro pressione è stata regolata a 1.5 bar. Il trattore n. 5 è stato esaminato anche con un altro modello di pneumatici in grado di lavorare con una pressione ridotta a 0.6 bar (dotazione e, Tabella 3). In termini generali, una maggiore pressione determina una minore resistenza al rotolamento dello pneumatico e quindi un risparmio di energia. Una maggiore pressione è particolarmente vantaggiosa nel caso della traslazione su strada asfaltata, dove una minore pressione comporterebbe una maggiore usura dello pneumatico con conseguenti maggiori costi di esercizio. Il contrario accade sul terreno agricolo dove una minore pressione produce un aumento dell'impronta, incrementando così la forza di trazione e quindi la produttività. Una minore pressione, inoltre, è conveniente perché riduce la compattazione del terreno. Gli pneumatici impiegati nel corso dell'indagine si presentano in buone condizioni.

### Ruote motrici

I trattori sono dotati di quattro ruote motrici (4WD); nelle prove sui terreni agricoli durante l'aratura, l'erpicoltura e la traslazione con l'attrezzo sollevato sono state attivate le quattro ruote. Nelle prove su strada e sulle piste a risalti sono state attivate solo le due ruote posteriori.

### Idroguida e piantone dello sterzo

Nei cinque trattori non c'è connessione meccanica tra volante e ruote. I mezzi, infatti, sono muniti di idroguida, un particolare tipo di servosterzo utilizzato per i mezzi pesanti che riduce da un lato la forza richiesta all'operatore per azionare il volante e dall'altro le reazioni allo stesso volante determinate dalle sconessioni del terreno. Il meccanismo di sterzo delle ruote è azionato mediante olio sotto pressione che fluisce attraverso valvole controllate dalla rotazione del volante. Il piantone dello sterzo è costituito da due segmenti con interposto un elemento in gomma (Figura 37); quest'ultimo elemento serve per smorzare le vibrazioni della pompa idraulica del servosterzo e quindi il rumore trasmesso in cabina per via strutturale.

### Tubo di espulsione dei gas di scarico

I gas di scarico del motore dei cinque trattori sono espulsi tramite un tubo verticale posto sul davanti, a destra della cabina. A giudizio dell'operatore, il rumore in cabina determinato dalla fuoriuscita dei gas non è rilevante.

Figura 12

Piantone dello sterzo



Piantone dello sterzo. A destra particolare del piantone dello sterzo

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

## A.1.2 Superfici di prova

### Presso l'azienda agricola

Presso l'azienda agricola le misure sono state eseguite su un terreno di ampiezza 415 m (Figura 13 a), non sottoposto a lavorazioni da un anno, con superficie non inerbita, con assenza di scheletro (sassi) e presenza di residui di stoppie di sorgo della coltivazione precedente. Per quanto riguarda la tessitura, il terreno è prevalentemente limo-

so (70 %); la componente argillosa, che conferisce elasticità al terreno, è pari al 30 %; la presenza di sabbia (molto fine) è molto contenuta. Presso l'azienda agricola le misure sono state eseguite anche su tre strade poderali con superfici, asfaltata, con ghiaia e sterrata, di larghezza pari a circa 2.5 - 3.0 m, in condizioni mediocri (Figura 13 b, c, d). Sulle tre strade sono stati considerati tratti rettilinei di lunghezza pari a 150 m segnalati da paline topografiche.

Figura 13

Superfici di prova



Superfici di prova presso l'azienda agricola: a) terreno; b) strada poderale asfaltata; c) strada poderale con ghiaia; d) strada poderale sterrata

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

### Presso il costruttore

Presso il costruttore le misure sono state effettuate su un terreno di ampiezza 130 m (Figura 14 a), con assenza sia di scheletro (sassi) sia di residui di stoppie. La componente argillosa risulta leggermente superiore a quella del terreno precedente. Il terreno è utilizzato dal costruttore per le prove sui mezzi: si presenta quindi 'mosso' (anche se l'area destinata alle misure non subiva lavorazioni da oltre un mese). Le misure su strada sono state eseguite su una pista di prova anulare, asfaltata e in buone condizioni superficiali,

considerando un tratto rettilineo della stessa di lunghezza 145 m (Figura 14 b) segnalato da paline topografiche. Le misure sulle piste a risalti rougher track e smoother track (Figura 14 c e d) sono state effettuate anche se tali piste hanno parzialmente perduto negli anni le caratteristiche originarie. Tali caratteristiche sono definite dalla norma ISO 5008 del 2002 (Agricultural wheeled tractors and field machinery - Measurement of whole-body vibration of the operator) e si riferiscono alla struttura di base delle piste e alle traverse (materiale, spessore, distanza tra gli elementi, elevazione, ecc.).



Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

### A.1.3 Attività esaminate

#### Presso l'azienda agricola

Presso l'azienda agricola sono state valutate:

- l'aratura in solco (finalizzata a disgregare il terreno in zolle e a migliorare le proprietà del terreno in vista dell'epicatura e della semina) utilizzando un aratro bivo-

mere volta-orecchio Nardi FT0015 (Figura 15) collegato all'attacco a tre punti dei trattori; la larghezza e la profondità della lavorazione erano, rispettivamente, di 80 e 38 cm; l'aratro operava su un terreno non sottoposto a lavorazione da un anno;

- l'erpicazione (finalizzata a spianare il terreno e a sminuzzare le zolle in vista della semina) impiegando un erpice rotante Feraboli H004027 (Figura 16) collegato all'attacco a tre punti dei trattori con presa di forza attivata (1000 giri/minuto); la larghezza della lavorazione era di 3 m; l'erpice operava su un terreno arato da una decina di giorni;
- la traslazione su terreno non lavorato con l'erpice sollevato.

Come di consueto, la lavorazione di aratura in solco era svolta con l'asse trasversale del trattore inclinato: ruote anteriore e posteriore, relative a un lato del trattore, entro il solco realizzato nella passata precedente; ruote anteriore e posteriore, relative all'altro lato del trattore, operative sul terreno non ancora lavorato. Durante l'erpicazione, l'asse trasversale del trattore era orizzontale. Per controllare le lavorazioni di aratura ed erpicatura, l'operatore manteneva quasi continuamente il tronco girato verso il retro in senso orario. La velocità, costante durante le prove, è stata scelta dall'operatore in funzione della lavorazione e della potenza del trattore: 4 - 7 km/h per l'aratura, 2 km/h per l'erpicazione, 11 - 15 km/h per la traslazione su terreno non lavorato. Presso l'azienda agricola è stata inoltre valutata la traslazione su tre tipologie di strade poderali: asfaltata, con ghiaia, sterrata. Le prove sono state svolte, sia senza carro a rimorchio, sia con carro. Il carro, di marca Cappellotto e di dimensioni 4.10 x 2.05 m, è biasse con quattro ruote pneumatiche. Sul carro sono state collocate due balle cilindriche di fieno; il peso complessivo risultava di 2130 kg (Figura 17). Il carro, munito di timone a due bracci a V con occhione girevole per il gancio del trattore, non trasmette carico sui due assali del trattore. Le misure sono state replicate sui medesimi tratti di strada. La velocità, costante durante le prove, è stata di 17 - 19 km/h; tale velocità può essere considerata elevata per strade poderali in condizioni mediocri e con carreggiata stretta come quelle in esame.

Figura 15

Aratro



Aratro bivomere volta-orecchio Nardi FT0015

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

**Figura 16**

**Erpice**



Erpice Feraboli H004027

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

**Figura 17**

**Carro a rimorchio**



Carro a rimorchio Cappellotto

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

### Presso il costruttore

Presso il costruttore è stata valutata la traslazione su strada asfaltata a tre velocità nominali (20, 30, 40 km/h), in pratica a 20 - 22, 29 - 32, 38 - 42 km/h; da osservare che, in Italia, la velocità di 40 km/h (cui vanno sommati 4 km/h di tolleranza) è la massima consentita per i trattori dal codice della strada. Le misure sono state replicate sul medesimo tratto di strada; sul trattore 5 sono inoltre state testate diverse configurazioni (Tabella 3):

su strada asfaltata;

- durante l'aratura in solco, utilizzando il medesimo esemplare di aratro impiegato presso l'azienda agricola; l'aratro, con profondità di lavorazione 30 cm, operava su terreno mosso ma comunque non sottoposto a lavorazioni da oltre un mese; la velocità era compresa tra 3 e 5 km/h. Le osservazioni del paragrafo precedente relative all'aratura presso l'azienda agricola e riguardanti l'inclinazione dell'asse trasversale del trattore, la rotazione del tronco dell'operatore e il mantenimento della velocità, valgono anche per queste prove;
- durante la traslazione su terreno non lavorato con aratro sollevato a una velocità di 4 - 6 km/h.

Sul trattore 4 sono infine state effettuate misure durante la traslazione sulle due piste a risalti a 7 km/h (rougher track) e 14 km/h (smoother track); tali velocità sono quelle massime previste dalla già citata norma ISO 5008. Durante le prove, l'operatore ha mantenuto la velocità costante.

### A.1.4 Strumenti, metodi di misura ed elaborazione dei dati

#### Trasduttori di rilevazione delle vibrazioni trasmesse al corpo intero

Sono stati impiegati i seguenti trasduttori di tipo Integrated Circuit Piezoelectric (ICP) prodotti dalla PCB Piezotronics:

- un accelerometro triassiale, inserito in un piatto semirigido di gomma, modello SEN 027-356B40 (sensibilità nominale  $10 \text{ mV/ms}^2$ ) per i rilievi sul piano del sedile (Figura 18);
- un accelerometro triassiale modello 356A02 (sensibilità nominale  $1 \text{ mV/ms}^2$ ) per i rilievi sul basamento del sedile (Figura 19);
- un accelerometro triassiale modello 356B21 (sensibilità nominale  $1 \text{ mV/ms}^2$ ) per i rilievi sotto la sospensione anteriore della cabina (Figura 19);
- un accelerometro triassiale modello SEN 020-356M68 (sensibilità nominale  $0.1 \text{ mV/ms}^2$ ) per i rilievi sopra la sospensione anteriore della cabina (Figura 20).

Il piatto semirigido di gomma del trasduttore n. 1 è stato fissato sul piano del sedile (a centro sedile) o sullo schienale (a centro schienale) mediante nastro adesivo; durante le prove l'operatore è stato invitato a sedersi sul sedile come di consueto. I trasduttori 2, 3, 4 sono stati fissati mediante magnete. Gli accelerometri sono stati orientati secon-



do le indicazioni della norma ISO 2631-1 del 1997 (Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements): asse longitudinale (x), asse trasversale (y), asse verticale (z). In alcuni casi l'orientamento dell'accelerometro è stato imposto dall'elemento su cui è stato fissato il trasduttore. Nel corso dell'elaborazione i dati rilevati sono stati ricondotti agli assi sopra indicati.

### Trasduttori di rilevazione del rumore

Sono stati impiegati due microfoni modello MP 201 (diametro 1/2, sensibilità nominale 50 mV/Pa, per campo libero) muniti di preamplificatore modello MA 211, prodotti dalla BSWA Technology.

Le misure sono state effettuate in corrispondenza di entrambi gli orecchi dell'addetto, a 10 cm dall'ingresso dei condotti uditivi, fissando i trasduttori su supporti a loro volta assicurati a un archetto ferma capelli.

**Figura 18**

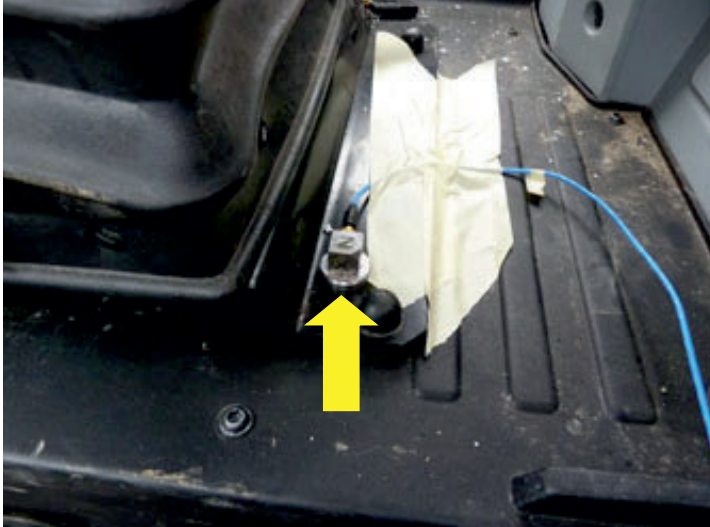
**Accelerometro triassiale inserito in un piatto di gomma**



Accelerometro triassiale (inserito in un piatto semirigido di gomma) PCB Piezotronics SEN 027-356B40 sul piano del sedile

**Figura 19**

**Accelerometro triassiale**

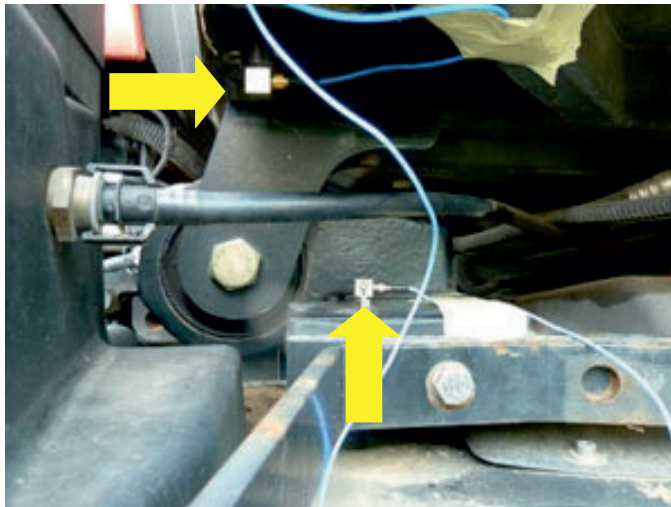


Accelerometro triassiale PCB Piezotronics 356A02 sul basamento del sedile

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

**Figura 20**

**Accelerometri triassiali**



Accelerometro triassiale PCB Piezotronics SEN 020-356M68 sopra la sospensione anteriore della cabina e accelerometro triassiale PCB Piezotronics 356B21 sotto la sospensione anteriore della cabina

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

Figura 21

Sensore radar doppler



Sensore radar doppler GMH Engineering Delta DRS1000 per la rilevazione della velocità

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

### Sensore di rilevazione della velocità

Per la rilevazione della velocità è stato utilizzato un sensore radar doppler Delta DRS1000 prodotto dalla GMH Engineering (Figura 21). Il sensore è stato fissato sul trattore mediante nastro adesivo, rilevandone l'inclinazione con una livella digitale.

### Strumento di misura

Gli accelerometri, i microfoni e il sensore di velocità sono stati collegati allo strumento di misura multicanale modello Soundbook prodotto dalla Sinus Messtechnik conforme agli standard IEC 651 e IEC 804 Tipo 1, IEC 61672 Classe 1, IEC 1260 Classe 0. Lo strumento è dotato dei filtri di ponderazione ( $w$ ) delle vibrazioni trasmesse al corpo intero ( $d$  per gli assi orizzontali  $x$  e  $y$ ;  $k$  per l'asse verticale  $z$ ) e trasmesse al sistema manobraccio ( $h$ ) definiti dalle già citate norme ISO 2631-1 e ISO 5349-1; è inoltre dotato del filtro di ponderazione  $c$  da impiegare per lo schienale del sedile (asse  $x$ ) secondo la norma ISO 26131-1. Lo strumento è inoltre dotato dei filtri di ponderazione A e C per il rumore. Nel caso delle vibrazioni, lo strumento è stato predisposto per rilevare, ogni secondo e per l'intera durata dei rilievi, i valori energetici medi (efficaci o RMS) delle accelerazioni, sia ponderati in frequenza mediante i filtri sopra indicati, sia per bande di 1/3 di ottava. Nel caso del rumore, lo strumento è stato predisposto per rilevare ogni 1/10 di secondo i livelli istantanei (con costante di tempo fast), sia ponderati in frequenza mediante il filtro A, sia per bande di 1/3 di ottava. Lo stesso dispositivo è stato

inoltre predisposto per rilevare per l'intera durata dei rilievi i livelli energetici medi (equivalenti), sia ponderati in frequenza mediante il filtro A, sia per bande di 1/3 di ottava; lo stesso dispositivo è stato inoltre predisposto per rilevare i livelli di picco massimi ponderati C. Lo strumento è stato collocato a bordo dei mezzi ed è stato collegato in modalità wireless a un PC portatile per il controllo a distanza (Figura 22).

### Calibratura

Nel caso delle vibrazioni, la calibratura è stata eseguita mediante lo strumento di riferimento modello 4294 prodotto dalla Bruel Kjaer. Nel caso del rumore, la calibratura è stata eseguita mediante lo strumento di riferimento modello 4231 prodotto dalla Bruel Kjaer.

**Figura 22**

**PC portatile**



PC portatile collegato in modalità wireless allo strumento di misura multicanale Sinus Messtechnik Soundbook collocato a bordo dei mezzi

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

## A.2 RISULTATI

### A.2.1 Dati ed elaborazioni

#### Tablelle

Da Tabella 4 a Tabella 8 sono riportati i dati riassuntivi rilevati nel corso dell'indagine. Ogni riga si riferisce al valor medio di rilievi multipli oppure il singolo valore, oltre ai dati delle condizioni di misura.

### Valore determinante il rischio

Per la valutazione del rischio da vibrazioni cui è esposto l'operatore, ai sensi del d.lgs. 81/2008 [51] va considerato il più alto dei valori della terna 1.4 awx, 1.4 awy, awz, rilevata sul piano del sedile; tale valore determinante il rischio è evidenziato nelle tabelle con uno sfondo grigio.

Nel caso di una durata giornaliera di esposizione pari a 8 ore, si valuta elevato un valore determinante il rischio superiore al valore di azione ( $0.5 \text{ m/s}^2$ ) e molto elevato un valore superiore al valore limite ( $1 \text{ m/s}^2$ ). Nelle figure 1 - 5 sono riassunti in forma grafica i valori medi rilevati e, per prove ripetute, la rispettiva deviazione standard.

### Valore della somma vettoriale delle accelerazioni

Nelle tabelle sono riportati i valori della somma vettoriale delle accelerazioni ponderate in frequenza rilevate sui tre assi (awsomma), sia sul piano sia sul basamento del sedile; tali valori sono stati calcolati previa correzione dei valori riguardanti gli assi x e y per il fattore 1.4. I valori somma riguardanti il piano del sedile sono considerati al fine della correlazione tra i valori determinanti il rischio e detti valori somma. I valori somma riguardanti il basamento del sedile, non essendo influenzati dal comportamento del sedile, sono considerati al fine della stima complessiva delle vibrazioni presenti sui trattori: si valuta elevato un valore somma superiore a  $0.5 \text{ m/s}^2$  e molto elevato un valore somma superiore a  $1 \text{ m/s}^2$ .

### Seat Effective Amplitude Transmissibility

Per la valutazione dell'efficacia del sedile nell'attenuare le vibrazioni verticali, è riportato il valore SEAT (Seat Effective Amplitude Transmissibility) definito dalla norma ISO 10326-1 del 2016 (Mechanical vibration - Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration - Part 1: Basic requirements). Esso è dato dal rapporto tra il valore energetico medio dell'accelerazione ponderata in frequenza rilevata sul piano del sedile lungo l'asse z e il corrispondente valore rilevato sul basamento: un valore inferiore all'unità indica un'attenuazione esercitata dal sedile, un valore superiore all'unità indica un'amplificazione. Il valore SEAT permette una stima della validità del sedile nel ridurre le vibrazioni verticali; tale valutazione è complessiva poiché considera l'intero intervallo di frequenza 0.5 - 400 Hz e i differenti effetti sull'uomo delle diverse componenti in frequenza. È necessario precisare che il valore SEAT, in realtà, non è caratteristico di un sedile: il medesimo sedile può presentare valori diversi (anche molto diversi) in funzione delle condizioni sperimentali. Infatti, detto valore dipende:

- dal contenuto spettrale delle vibrazioni presenti sul basamento del sedile e quindi dipende dalle condizioni operative (velocità, irregolarità della superficie, attività, ecc.) e dalle caratteristiche del mezzo (pneumatici, sospensioni, ecc.);
- dalle regolazioni applicate al sedile dall'operatore;
- oltre che dal peso del conducente, anche dalla sua postura;
- dai movimenti autonomi e indotti del conducente che possono determinare accelerazioni sul piano del sedile non correlate alle accelerazioni trasmesse dal basa-

mento. Movimenti autonomi possono essere considerate le torsioni del tronco dell'operatore durante l'aratura e l'erpicazione finalizzate al controllo della lavorazione svolta sul retro; movimenti indotti, i veri e propri sobbalzi cui è sottoposto il corpo dell'operatore nel corso della traslazione su superfici fortemente irregolari.

Le condizioni di misura possono quindi rendere il valore SEAT poco attendibile per la caratterizzazione di un sedile. Nelle Figure 6 - 10 sono riassunti in forma grafica i valori medi rilevati e, per prove ripetute, la rispettiva deviazione standard.

<b>Tabella 4 Risultati sperimentali sui 5 trattori con prove in campo presso azienda agricola</b>								
N. Trattore	Attività	Velocità media [km/h]	Accelerazione sopra sedile		Accelerazione basamento	SEAT	Rumore	
			Valore determinante il rischio [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>weq_sum</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>weq_sum</sub> [m/s <sup>2</sup> ]		Leq sx [dB(A)]	Leq dx [dB(A)]
1	Aratura	4.2	0.89	1.10	0.75	0.78	79.6	79.3
2	Aratura	3.6	0.99	1.23	1.01	0.72	78.1	78.6
3	Aratura	5.0	0.89	1.13	0.95	0.84	79.6	77.6
4	Aratura	5.7	0.84	1.07	0.94	0.91	74.9	74.8
5	Aratura	5.7	1.13	1.39	1.08	0.85	74.4	73.3
1	Erpicatura	1.8	0.34	0.45	0.87	0.41	76.6	77.1
2	Erpicatura	2.3	0.38	0.59	0.75	0.51	77.4	76.9
3	Erpicatura	2.4	0.23	0.37	0.32	1.11	77.9	78.8
4	Erpicatura	1.9	0.24	0.38	0.41	0.60	74.4	74.8
5	Erpicatura	2.8	0.27	0.38	0.71	0.35	74.7	74.0
1	Traslazione su terreno non lavorato con erpice sollevato	11.7	0.86	1.31	1.27	0.87	78.5	77.3
2	Traslazione su terreno non lavorato con erpice sollevato	15.4	1.20	1.89	1.32	1.29	76.6	76.9
3	Traslazione su terreno non lavorato con erpice sollevato	11.2	0.95	1.43	1.02	1.43	73.9	73.5

### Livelli sonori

Nelle Tabelle 4 e 5, relative alle prove svolte in normali condizioni di lavoro presso l'a-

zienda agricola, sono riportati i livelli sonori equivalenti rilevati in prossimità degli orecchi destro e sinistro dell'operatore.

Nel caso di una durata giornaliera di esposizione pari a 8 ore, si valuta basso un livello inferiore a 75 dB(A), relativamente basso un livello compreso tra 75 e 80 dB(A), alto un livello compreso tra 80 e 85 dB(A), molto alto un livello superiore a 85 dB(A). I livelli 80 e 85 dB(A) rappresentano, rispettivamente, i valori inferiore e superiore di azione.

### **Spettri delle accelerazioni e curva di trasmissibilità, spettri di rumore**

Per quanto riguarda gli spettri delle accelerazioni, va premesso che in un mezzo di trasporto o in una macchina semovente con motore a combustione interna, l'intervallo sino a circa 10 Hz è caratteristico delle vibrazioni determinate dalla traslazione, mentre l'intervallo superiore a circa 10 Hz è caratteristico delle vibrazioni determinate dal motore (il numero minimo di giri del motore è pari generalmente a 600 giri/min, ossia a 10 Hz). Dato che il corpo umano è maggiormente sensibile alle vibrazioni di bassa frequenza (tra 0.8 e 1.6 Hz sugli assi x e y, tra 4 e 10 Hz sull'asse z), le accelerazioni determinate dalla traslazione assumono un'importanza molto più rilevante rispetto a quelle prodotte dal motore. Per motivi di sintesi non si riportano tutti i dati sperimentali in frequenza; a titolo di esempio in Figura 23 vengono illustrati gli spettri relativi alle prove di aratura effettuate con il trattore 1: nei grafici sono riportati:

- nella parte superiore, i valori energetici medi delle componenti in bande di 1/3 di ottava delle accelerazioni lineari (non ponderate) rilevate lungo i tre assi sul piano del sedile (in alto) e sul basamento del sedile (in basso);
- nella parte inferiore, i valori energetici medi delle componenti in bande di 1/3 di ottava delle accelerazioni lineari (non ponderate) rilevate lungo l'asse verticale z sia sul piano sia sul basamento del sedile (in alto), nonché la curva di trasmissibilità (in basso) ottenuta dividendo, frequenza per frequenza, i valori delle accelerazioni verticali rilevate sul piano del sedile per quelle rilevate sul basamento.

La curva di trasmissibilità dovrebbe essere caratteristica del sedile. In realtà, essa è indipendente dal contenuto spettrale delle vibrazioni presenti sul basamento (e quindi indipendente dalle condizioni operative e dalle caratteristiche del mezzo), ma è influenzata, oltre che dalle regolazioni applicate al sedile dall'operatore e dal suo peso, anche dalla sua postura e dai suoi movimenti. Comunque, a differenza del valore SEAT, la curva di trasmissibilità fornisce importanti indicazioni circa il comportamento del sedile alle diverse frequenze e consente di determinare la frequenza di risonanza del sedile stesso (in corrispondenza del picco di trasmissibilità). Anche quest'ultima dovrebbe rimanere sempre la stessa, essendo propria della sospensione che caratterizza il sedile, ma, in pratica, può variare in funzione delle sopra citate variabili associate all'operatore. Va osservato che sull'asse delle ordinate degli spettri delle accelerazioni è riportato il livello dell'accelerazione espresso in dB. Com'è noto, la corrispondenza tra il livello in dB e il valore in  $m/s^2$  è la seguente:

- 60 dB, 0.001  $m/s^2$ ;
- 80 dB, 0.01  $m/s^2$ ;

- 100 dB, 0.1 m/s<sup>2</sup>;
- 120 dB, 1 m/s<sup>2</sup>.

In Figura 24 sono riportati a titolo di esempio gli spettri sonori rilevati all'orecchio dell'operatore durante la fase di aratura con il trattore n.1.

<b>Tabella 5 Risultati sperimentali sui 5 trattori con prove su strade di diversa tipologia presso azienda agricola</b>										
N. Trattore	Carro Rim.	Attività	Velocità media [km/h]	Accelerazione sopra sedile		Accelerazione e basamento		SEAT	Rumore	
				Valore di rischio [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>w</sub> eq_sum [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>w</sub> eq_sum [m/s <sup>2</sup> ]	Leq sx [dB(A)]		Leq dx [dB(A)]	
1	no	Traslazione su strada asfaltata	17.8-18.0	0.31	0.49	0.47	0.76	75.3	76.0	
1	no	Traslazione su strada con ghiaia	17.8-18.0	0.95	1.53	2.06	0.46	77.0	77.2	
1	no	Traslazione su strada sterrata	17	0.59	0.96	1.22	0.53	75.1	75.6	
1	sì	Traslazione su strada asfaltata	18.4	0.32	0.52	0.48	0.84	75.6	76.0	
1	sì	Traslazione su strada con ghiaia	18.4	0.90	1.46	1.99	0.43	76.7	77.6	
1	sì	Traslazione su strada sterrata	18.5	0.57	0.93	1.15	0.57	77.2	77.1	
2	no	Traslazione su strada asfaltata	0	0.48	0.67	0.59	0.80	75.1	75.4	
2	no	Traslazione su strada con ghiaia	0	0.94	1.47	1.93	0.52	75.4	75.8	
2	no	Traslazione su strada sterrata	0	0.75	1.08	1.47	0.54	76.9	77.8	
2	sì	Traslazione su strada asfaltata	16.6	0.45	0.69	0.55	0.86	78.2	76.8	
2	sì	Traslazione su strada con ghiaia	16.6	1.02	1.65	1.89	0.52	78.6	76.6	



**Tabella 5 segue**      **Risultati sperimentali sui 5 trattori con prove su strade di diversa tipologia presso azienda agricola**

N. Trattore	Carro Rim.	Attività	Velocità media [km/h]	Accelerazione sopra sedile		Accelerazione e basamento		SEAT	Rumore	
				Valore di rischio [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>weq_sum</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>weq_sum</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	Leq sx [dB(A)]		Leq dx [dB(A)]	
2	sì	Traslazione su strada sterrata	17	0.71	1.08	1.31	0.59	77.8	78.3	
3	no	Traslazione su strada asfaltata	18.2	0.36	0.55	0.46	0.98	78.7	79.7	
3	no	Traslazione su strada con ghiaia	18.2	0.94	1.39	1.49	0.72	78.4	79.1	
3	no	Traslazione su strada sterrata	18.2	0.70	0.96	0.96	0.85	77.6	77.7	
3	sì	Traslazione su strada asfaltata	19.3	0.34	0.52	0.42	1.04	78.5	80.6	
3	sì	Traslazione su strada con ghiaia	19.3	1.06	1.60	1.62	0.76	78.5	79.9	
3	sì	Traslazione su strada sterrata	0	0.68	0.96	0.92	0.86	77.6	77.9	
5	no	Traslazione su strada asfaltata	17.8	0.38	0.51	0.38	0.95	71.1	70.9	
5	no	Traslazione su strada con ghiaia	17.8	0.89	1.22	1.27	0.61	70.8	70.3	
5	no	Traslazione su strada sterrata	18.3	0.83	1.20	0.81	1.38	71.5	70.7	
5	sì	Traslazione su strada asfaltata	18	0.42	0.54	0.40	0.89	71.4	70.7	
5	sì	Traslazione su strada con ghiaia	18	0.88	1.30	1.27	0.66	71.2	70.8	
5	sì	Traslazione su strada sterrata	17.6	0.71	1.00	0.86	0.63	71.0	70.2	

**Tabella 6 Risultati sperimentali sui 5 trattori con prove su pista di asfalto presso il costruttore**

N. Trattore	Attività	Velocità media [km/h]	Accelerazione sopra sedile		Accelerazione basamento	SEAT
			Valore di rischio [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>weq_sum</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>weq_sum</sub> [dB(A)]	
1	Traslazione su strada asfaltata	38.2	0.76	1.03	0.83	1.08
1	Traslazione su strada asfaltata	30.1	0.58	0.66	0.66	0.93
1	Traslazione su strada asfaltata	20.3	0.34	0.50	0.41	0.95
2	Traslazione su strada asfaltata	41.4	0.50	0.75	0.84	0.64
2	Traslazione su strada asfaltata	31.8	0.53	0.75	0.74	0.68
2	Traslazione su strada asfaltata	21.5	0.50	0.67	0.57	0.91
3	Traslazione su strada asfaltata	39.4	0.71	1.02	0.91	0.97
3	Traslazione su strada asfaltata	30.2	0.41	0.59	0.50	1.03
3	Traslazione su strada asfaltata	20.5	0.34	0.52	0.43	0.97
4	Traslazione su strada asfaltata	38.2	0.43	0.61	0.50	0.85
4	Traslazione su strada asfaltata	29.0	0.45	0.57	0.49	0.83
4	Traslazione su strada asfaltata	19.5	0.50	0.61	0.50	0.80
5	Traslazione su strada asfaltata	38.3	0.45	0.67	0.53	0.89
5	Traslazione su strada asfaltata	29.1	0.34	0.50	0.43	0.97

Tabella 7

**Risultati sperimentali sul trattore 5 in diverse configurazioni presso il costruttore, con prove su pista di asfalto, aratura e traslazione su terreno non lavorato**

Condizioni trattore	N. Trattore	Attività	Velocità media [km/h]	Accelerazione sopra sedile		Accelerazione basamento	SEAT
				Valore di rischio [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>weq_sum</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>weq_sum</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	
a (di base)	5	Traslazione su strada asfaltata	38.3	0.45	0.67	0.53	0.89
a (di base)	5	Traslazione su strada asfaltata	29.1	0.34	0.50	0.43	0.97
a (di base)	5	Traslazione su strada asfaltata	19.9	0.27	0.42	0.30	1.09
a (di base)	5	Aratura	4.9	0.59	0.81	0.72	0.69
a (di base)	5	Traslazione su terreno non lavorato	5.7	0.20	0.31	0.24	1.08
b	5	Aratura	5.3	0.74	0.94	0.75	0.94
b	5	Traslazione su terreno non lavorato	5.8	0.23	0.38	0.31	1.00
c	5	Traslazione su strada asfaltata	38.5	0.57	0.75	0.55	1.16
c	5	Traslazione su strada asfaltata	29.5	0.31	0.49	0.39	1.04
c	5	Traslazione su strada asfaltata	20.0	0.27	0.41	0.30	1.14
c	5	Aratura	5.1	0.67	0.91	0.67	1.03
c	5	Traslazione su terreno non lavorato	5.8	0.21	0.33	0.26	1.06
d	5	Traslazione su strada asfaltata	40.1	0.55	0.76	0.55	0.99
d	5	Traslazione su strada asfaltata	30.4	0.44	0.57	0.49	1.06
d	5	Traslazione su strada asfaltata	20.6	0.31	0.49	0.34	1.06
d	5	Aratura	5.4	0.69	0.94	0.71	0.98
d	5	Traslazione su terreno non lavorato	5.9	0.25	0.42	0.37	0.80
e	5	Traslazione su strada asfaltata	40.5	0.50	0.72	0.39	1.59
e	5	Traslazione su strada asfaltata	30.4	0.39	0.54	0.31	1.57

Tabella 7 segue

**Risultati sperimentali sul trattore 5 in diverse configurazioni presso il costruttore, con prove su pista di asfalto, aratura e traslazione su terreno non lavorato**

Condizioni trattore	N. Trattore	Attività	Velocità media [km/h]	Accelerazione sopra sedile		Accelerazione basamento	SEAT
				Valore di rischio [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>weq_sum</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>weq_sum</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	
e	5	Traslazione su strada asfaltata	20.5	0.28	0.41	0.21	1.86
e	5	Aratura	4.7	0.65	0.89	0.60	1.29
e	5	Traslazione su terreno non lavorato	5.6	0.21	0.31	0.25	0.83

Tabella 8

**Risultati sperimentali sul trattore 4 su piste a risalti conformi alla ISO 5008**

Condizioni trattore	N. Trattore	Attività	Velocità media [km/h]	Accelerazione sopra sedile		Accelerazione basamento	SEAT
				Valore di rischio [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>weq_sum</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	a <sub>weq_sum</sub> [m/s <sup>2</sup> ]	
a	4	Traslazione su rougher track	6.7	3.37	4.49	3.98	0.69
a	4	Traslazione su smoother track	13.5	1.34	1.92	2.00	0.55

## A.3 ANALISI DEI RISULTATI

### A.3.1 Rilievi presso l'azienda agricola

#### Aratura

In Tabella 4 sono riportati i risultati relative all'aratura svolta dai trattori n. 1, 2, 3, 4, 5, con dotazioni di base, presso l'azienda agricola, nelle normali condizioni di lavoro, a una velocità mantenuta costante e adeguata alla lavorazione e alla potenza dei mezzi (4 - 7 km/h). Rilievi ripetuti delle accelerazioni hanno fornito valori sostanzialmente analoghi tra loro: il *coefficiente di variazione* è relativamente basso (massimo 16.8 %). Il valore medio dell'*accelerazione determinante il rischio* sul piano del sedile, relativo alle

*passate*, si presenta sull'asse longitudinale  $x$  nel trattore n. 1 e sull'asse trasversale  $y$  nei trattori n. 2, 3, 4, 5. Il valore medio è molto elevato essendo compreso tra 0.84 e 1.13  $m/s^2$ . Questi aspetti possono essere compresi facendo riferimento al rollio e al beccheggio dei trattori; tali oscillazioni rotazionali sono determinate dal fatto che le ruote anteriore e posteriore operative dentro il solco agiscono su un terreno morbido e fortemente irregolare, mentre quelle sul terreno non ancora lavorato procedono su un terreno compatto ma comunque non uniforme. Da osservare inoltre che l'entità dei valori dipende, oltre che dal terreno non omogeneo, dalla particolare lavorazione che sollecita molto il mezzo, nonché dall'inclinazione dell'asse trasversale del trattore che impone all'operatore continue correzioni sul volante per controllare la direzione del mezzo.

In termini di rischio, i trattori sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare delle vibrazioni): n. 4, 1, 3, 2, 5. Rispetto ai trattori n. 1 e 2, i trattori n. 4 e 5 operano a una velocità maggiore (6.6 - 6.7 km/h contro 4.8 - 4.9 km/h): il trattore n. 4 non ne risente, mentre sembra risentirne il trattore n. 5. Nella Figura 25 sono riportati i valori medi dell'accelerazione determinante il rischio con relative deviazioni standard. I *fattori di cresta* relativi alle passate e rilevati sui tre assi (3.6 - 7.7) sono inferiori al valore 9, per cui le vibrazioni sul piano del sedile non presentano caratteristiche impulsive.

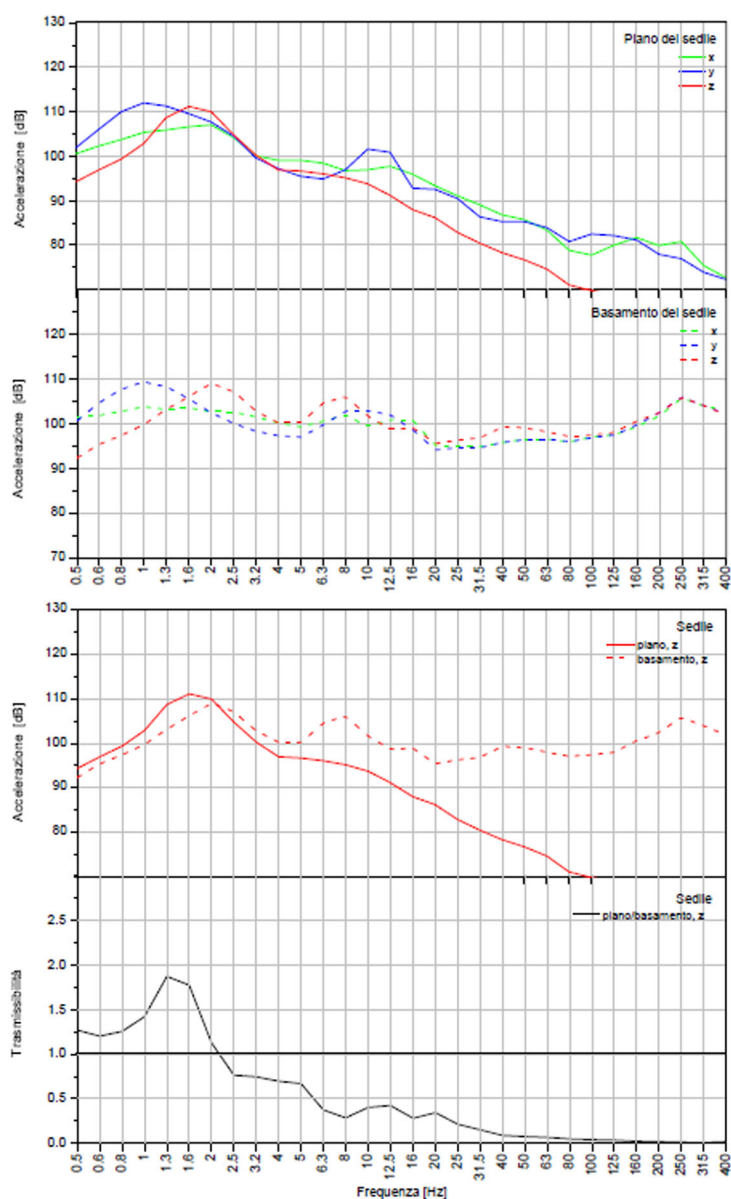
I *valori SEAT* indicano che i sedili attenuano le vibrazioni verticali: il valore medio SEAT riguardante le passate è compreso tra 0.72 e 0.91. In termini di efficacia nell'attenuare le vibrazioni, i sedili sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare del valore SEAT): n. 2, 1, 3, 5, 4. Come in precedenza, questa graduatoria può dipendere dalla differente velocità dei mezzi. Nella Figura 26 sono riportati i valori medi SEAT dei sedili con relative deviazioni standard. Per quanto riguarda le caratteristiche in frequenza, si può concludere che in genere:

- sul *piano del sedile*, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1 e 2.5 Hz (asse  $x$ ), tra 1 e 1.3 Hz (asse  $y$ ), tra 1.6 e 2.5 Hz (asse  $z$ );
- sul *basamento del sedile*, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1 e 6.3 Hz (asse  $x$ ), tra 1 e 1.3 Hz (asse  $y$ ), tra 2 e 2.5 e tra 6.3-10 Hz (asse  $z$ );
- il *sedile* presenta la frequenza di risonanza tra 1 e 1.6 Hz, più bassa rispetto alla frequenza di eccitazione (2 - 2.5 Hz); in corrispondenza del picco di risonanza la trasmissibilità è compresa tra 1.4 e 1.8.

Con riferimento al *rumore*, i livelli sonori equivalenti medi relativi alle passate (si considera il più alto della coppia di livelli rilevati a destra e a sinistra della testa dell'operatore) sono bassi (74.4 - 74.9 dB(A)) nel caso dei trattori n. 4, 5, mentre sono relativamente bassi (78.6 - 79.6 dB(A)) nel caso dei trattori n. 1, 2, 3. Escluso il trattore n. 2, i livelli più elevati si riferiscono all'orecchio destro. Gli spettri sonori sono caratterizzati dalle componenti di bassa e media frequenza.

Figura 23

## Spettri in frequenza

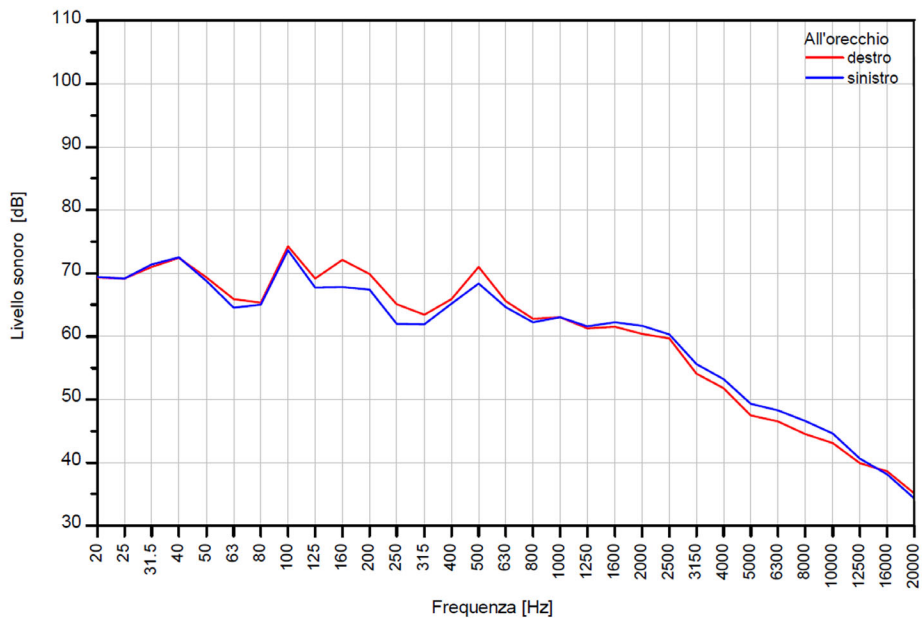


Grafici tabella 4, rilievi n. 1, 2 (valori medi) - Trattore n. 1 con dotazioni "a" (di base) durante l'aratura presso l'azienda agricola.

Spettri in frequenza relative alle vibrazioni rilevate durante l'aratura sul trattore n.1

Figura 24

Spettri in frequenza

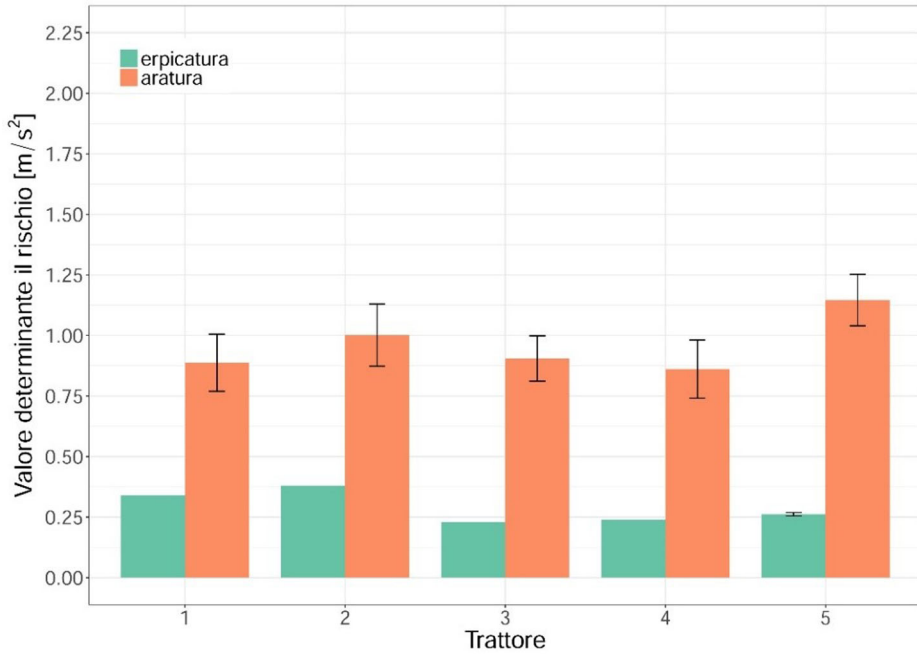


Spettri in frequenza relative al rumore rilevato all'orecchio dell'operatore durante l'aratura sul trattore n.1

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

Figura 25

Grafico dei valori determinanti il rischio



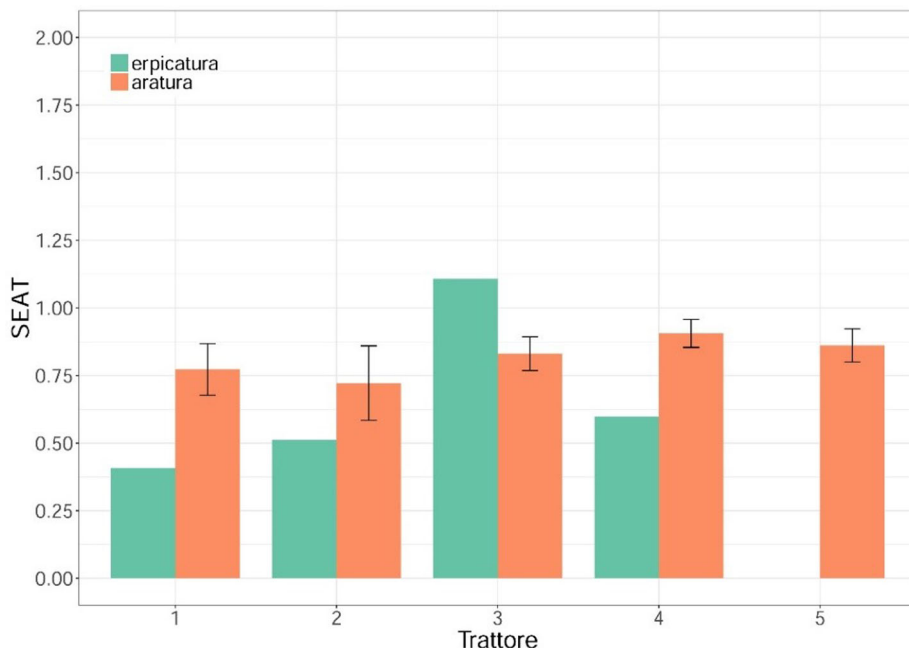
Aratura ed erpicatura: valori determinanti il rischio sui trattori n. 1, 2, 3, 4, 5 con dotazioni a di base presso l'azienda agricola nelle normali condizioni di lavoro a una velocità mantenuta costante e adeguata alla lavorazione e alla potenza dei mezzi (4 - 7 km/h per l'aratura e 2 km/h per l'erpicatura)

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria



Figura 26

Grafico dei valori SEAT



Aratura ed erpicatura: valori SEAT dei sedili dei trattori n. 1, 2, 3, 4, 5 con dotazioni di base presso l'azienda agricola nelle normali condizioni di lavoro a una velocità mantenuta costante e adeguata alla lavorazione e alla potenza dei mezzi (4 - 7 km/h per l'aratura e 2 km/h per l'erpicatura)

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

### Erpicatura

In Tabella 4 sono riportati i risultati relativi all'erpicatura svolta dai trattori n. 1, 2, 3, 4, 5, con dotazioni di base, presso l'azienda agricola, nelle normali condizioni di lavoro a una velocità mantenuta costante e adeguata alla lavorazione e alla potenza dei mezzi (2 km/h). Il valore dell'*accelerazione determinante il rischio* riguardante le passate (valore medio nel caso del trattore n. 5) si presenta sull'asse  $x$  nei trattori n. 2 e 4, sull'asse  $y$  nei trattori n. 3 e 5, sull'asse  $z$  nel trattore n. 1. Il valore è basso essendo compreso tra 0.23 e 0.38  $m/s^2$ . Questi dati vanno addebitati alla velocità pari a meno della metà di quella dell'aratura e ancor più al fatto che le quattro ruote operano, a differenza dell'aratura, su un terreno piano e morbido (già sottoposto ad aratura) anche se non uniforme. In termini di rischio, i trattori sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare delle vibrazioni): n. 3, 4, 5, 1, 2. Nella Figura 25 sono riportati i valori dell'accelerazione determinanti il rischio confrontati con quelli dell'aratura: come

si può osservare, questi ultimi sono molto più alti. I *fattori di cresta* relativi alle passate e rilevati sui tre assi (3.6 - 8.2) sono inferiori al valore 9, per cui le vibrazioni sul piano del sedile non presentano caratteristiche impulsive. I *valori SEAT* indicano che i sedili attenuano le vibrazioni verticali: il valore SEAT riguardante le passate è compreso tra 0.41 e 0.60. Fa eccezione il sedile del trattore n. 3 che amplifica le vibrazioni (SEAT = 1.11). In termini di efficacia nell'attenuare le vibrazioni, i sedili sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare del valore SEAT): n. 1, 2, 4, 3 (manca il trattore n.5). Nella Figura 26 sono riportati i valori SEAT dei sedili confrontati con quelli dell'aratura. Per quanto riguarda le caratteristiche in frequenza, nel caso del trattore n. 1 si può concludere che:

- sul *piano del sedile*, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1.3 e 1.6 Hz (asse x), tra 1.6 e 2 Hz (asse y) e si presentano a 2 Hz (asse z);
- sul *basamento del sedile*, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 2 e 2.5 Hz (asse x), tra 1.6 e 2 Hz (asse y) e tra 2 e 2.5 Hz (asse z);
- il *sedile* presenta la frequenza di risonanza a 1.6 Hz, più bassa rispetto alla frequenza di eccitazione (2 - 2.5 Hz); in corrispondenza del picco di risonanza la trasmissibilità è pari a 2.0.

I trattori n. 2, 3, 4, 5 presentano caratteristiche in frequenza diverse rispetto al trattore n. 1, probabilmente a causa del terreno più morbido sottoposto a erpicatura (arato in tempi maggiormente ravvicinati rispetto al terreno del trattore n. 1). In genere:

- sul piano e sul basamento del sedile, le componenti inferiori a 8 Hz sono basse e di pari livello;
- sul piano del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni si presentano a 12.5 Hz (asse x), tra 12.5 e 16 Hz (asse y), a 2.5 - 3.2 e a 12.5 Hz (asse z);
- sul basamento del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni si presentano a 12.5 Hz (asse x), tra 12.5 e 16 Hz (asse y), a 2.5 - 3.2 e a 12.5 Hz (asse z);
- il sedile presenta la frequenza di risonanza tra 3.2 e 4 Hz, coincidente o più alta rispetto alla frequenza di eccitazione 2.5 - 3.2 Hz; in corrispondenza del picco di risonanza la trasmissibilità è pari a 1.8.

Con riferimento al *rumore*, i livelli sonori equivalenti relativi alle passate (si considera il livello più alto della coppia) sono bassi (74.7- 74.8 dB(A)) nel caso dei trattori n. 4, 5, mentre sono relativamente bassi (77.1 - 78.8 dB(A)) nel caso dei trattori n. 1, 2, 3. Tali livelli sono sostanzialmente analoghi a quelli rilevati durante l'aratura. Il livello più alto si riferisce all'orecchio sinistro in tre trattori, all'orecchio destro in due trattori. Gli spettri sonori sono caratterizzati dalle componenti di bassa e media frequenza.

### **Traslazione su terreno non lavorato**

La Tabella 4 riporta anche i risultati relative alla traslazione svolta dai trattori n. 1, 2, 3, con dotazioni a di base, presso l'azienda agricola, su un terreno non lavorato con l'erpice sollevato a una velocità mantenuta costante e adeguata alla lavorazione e alla potenza del mezzo (11 - 15 km/h).

Il valore dell'accelerazione determinante il rischio si presenta sull'asse y nei trattori n. 1 e 2 e sull'asse z nel trattore n. 3. Il valore è molto elevato, essendo compreso tra 0.86 e 1.20 m/s<sup>2</sup>. Ciò va associato da un lato all'alta velocità (2 - 3 volte maggiore di quella dell'aratura) e dall'altro al terreno compatto e non uniforme. In termini di rischio, i trattori sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare delle vibrazioni): n. 1, 3, 2. I fattori di cresta rilevati sui tre assi (3.3 - 4.8) sono inferiori al valore 9, per cui le vibrazioni non presentano sul piano del sedile caratteristiche impulsive. I valori SEAT indicano che i sedili amplificano le vibrazioni verticali nel caso dei trattori n. 2 e 3 (SEAT compreso tra 1.29 e 1.43), mentre le attenuano nel caso del trattore n. 1 (SEAT=0.87). In termini di efficacia nell'attenuare le vibrazioni, i sedili sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare del valore SEAT): n. 1, 2, 3. Per quanto riguarda le caratteristiche in frequenza, si può concludere che in genere:

- sul piano del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1.3 e 1.6 Hz (asse x), tra 1.6 e 2.5 Hz (asse y), tra 2 e 2.5 Hz (asse z);
- sul basamento del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1.6 e 2.5 Hz (asse x), tra 1.6 e 2 Hz (asse y), tra 2 e 2.5 Hz (asse z);
- il sedile presenta la frequenza di risonanza tra 1 e 1.6 Hz, più bassa rispetto alla frequenza di eccitazione (2 - 2.5 Hz); in corrispondenza del picco di risonanza la trasmittibilità è compresa tra 1.8 e 2.5.

Con riferimento al rumore, i livelli sonori equivalenti (si considera il livello più alto della coppia) sono bassi (73.9 dB(A)) nel caso del trattore n. 3 e relativamente bassi (76.9 - 78.5 dB(A)) nel caso dei trattori n. 1, 2. Il livello più alto si riferisce all'orecchio destro in due trattori, all'orecchio sinistro in un trattore. Gli spettri sonori sono caratterizzati dalle componenti di bassa e media frequenza.

### **Traslazione su strade poderali: strada asfaltata**

La Tabella 5 riporta i dati relativi alla traslazione svolta dai trattori n. 1, 2, 3, 5, con dotazioni a di base, presso l'azienda agricola, su strada poderale asfaltata con superficie mediocre, a una velocità mantenuta costante (17 - 19 km/h), senza carro a rimorchio e con carro. Rilievi ripetuti delle accelerazioni hanno fornito valori sostanzialmente analoghi tra loro: solo in alcuni casi il *coefficiente di variazione* è relativamente elevato (massimo 27.6%). Il valore medio dell'*accelerazione determinante il rischio* sul piano del sedile, sia senza carro sia con carro, si presenta sull'asse y nei trattori n. 2, 5, e sull'asse z nei trattori n. 1, 3. Il valore medio è relativamente basso, essendo compreso tra 0.31 e 0.48 m/s<sup>2</sup> (sia senza carro, sia con carro). Il valore medio riguardante la traslazione senza carro è leggermente maggiore del valore con carro nei trattori n. 2, 3, mentre è leggermente minore nei trattori n. 1, 5. In termini di rischio, i trattori sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare delle vibrazioni), valida sia senza carro sia con carro: n. 1, 3, 5, 2.

Nella Figura 27 e Figura 28 sono riportati i valori medi delle accelerazioni determinanti il rischio con relative deviazioni standard. I *fattori di cresta* rilevati sui tre assi (2.5 - 3.8) sono inferiori al valore 9, per cui le vibrazioni sul piano del sedile non presentano

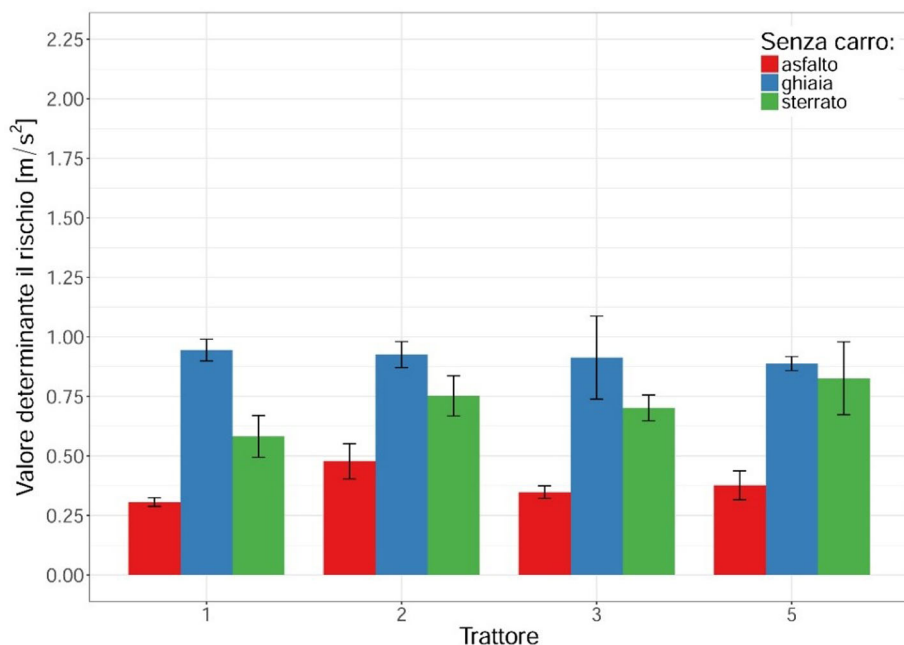
caratteristiche impulsive. I *valori SEAT* indicano che i sedili attenuano le vibrazioni verticali: il valore medio SEAT è compreso tra 0.76 e 0.98 (sia senza carro sia con carro). Fa eccezione il sedile del trattore n. 3 con carro che amplifica le vibrazioni (SEAT=1.04). In termini di efficacia nell'attenuare le vibrazioni, i sedili sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare del valore SEAT), valida sia senza carro sia con carro: n. 1, 2, 5, 3. Nella Figura 29 e Figura 30 sono riportati i valori medi SEAT dei sedili con relative deviazioni standard. Per quanto riguarda le caratteristiche in frequenza, si può concludere che in genere:

- sul piano del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 2.5 e 3.2 Hz (asse x), tra 1 e 1.6 Hz (asse y), tra 2.5 e 3.2 Hz (asse z);
- sul basamento del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 2.5 e 6.3 Hz (asse x), tra 1 e 1.3 Hz (asse y) e si presentano a 3.2 Hz (asse z); è spesso presente un picco a 25 - 31.5 Hz determinato dal rotolamento degli pneumatici, in particolare dall'impatto dei tasselli sulla superficie stradale (si vedano più avanti gli spettri sonori);
- il sedile presenta la frequenza di risonanza tra 1 e 2.5 Hz, più bassa rispetto alla frequenza di eccitazione (3.2 Hz); in corrispondenza del picco di risonanza la trasmisibilità è compresa tra 1.2 e 3.7.

Con riferimento al *rumore*, i livelli sonori equivalenti medi (si considera il livello più alto della coppia) sono bassi (71.1 - 71.4 dB(A)) nel caso del trattore n. 5, relativamente bassi (75.4 - 78.2 dB(A)) nel caso dei trattori n. 1, 2, mentre sono alti (79.7 - 80.6 dB(A)) nel caso del trattore n. 3. I livelli più elevati si riferiscono all'orecchio sinistro in 5 casi su 8. Gli spettri sonori sono caratterizzati dalle componenti di bassa e media frequenza. Negli spettri è presente un elevato picco che si presenta a 25 - 31.5 Hz e raggiunge in genere 95 dB; esso è ininfluenza in termini di livello ponderato A poiché a tali frequenze l'attenuazione del filtro è rispettivamente di 44.7 e 39.4 dB. Il picco compare anche negli spettri relativi alla strada con ghiaia e sterrata, è nettamente inferiore durante l'ercpicatura, è del tutto assente durante l'aratura. Il picco è dovuto al rotolamento degli pneumatici, in particolare all'impatto dei tasselli sulla superficie stradale e alla conseguente trasmissione della sollecitazione per via strutturale. Esso è elevato solo se la superficie è dura; nel caso del terreno agricolo i tasselli tendono ad affondare. Per quanto riguarda la frequenza del picco, si può osservare che alla velocità esaminata (mediamente 18 km/h) il mezzo percorre 5 metri in 1 secondo; essendo i tasselli generalmente distanziati tra loro di 0.20 m, il numero di impatti è pari a 25 in 1 secondo, per cui la frequenza del picco risulta proprio di 25 Hz.

Figura 27

Grafico dei valori determinanti il rischio



Traslazione su tre strade poderali in condizioni superficiali mediocri: valori determinanti il rischio sui trattori n. 1, 2, 3, 5 con dotazioni di base presso l'azienda agricola, senza carro a rimorchio, sostanzialmente alla stessa velocità (17 - 19 km/h)

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

### Traslazione su strade poderali: strada con ghiaia

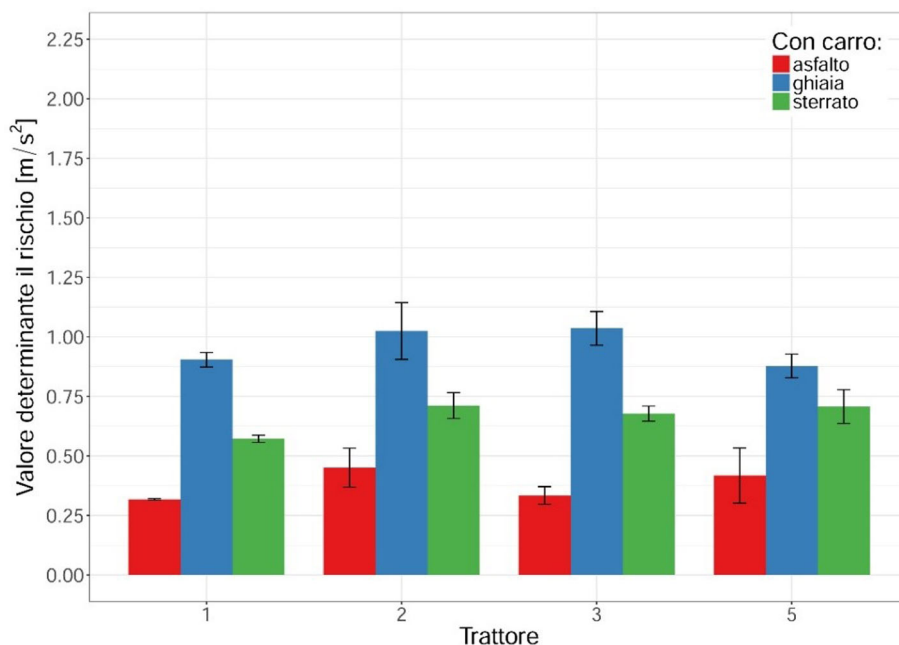
La Tabella 5 riporta i dati relativi alla traslazione svolta dai trattori n. 1, 2, 3, 5, con dotazioni  $a$  di base, presso l'azienda agricola, su strada poderale con ghiaia e superficie mediocre, a una velocità mantenuta costante (17 - 19 km/h), senza carro a rimorchio e con carro. Rilevi ripetuti delle accelerazioni hanno fornito valori sostanzialmente analoghi tra loro: il *coefficiente di variazione* è relativamente basso (massimo 19.1%). Il valore medio dell'*accelerazione determinante il rischio* sul piano del sedile, sia senza carro sia con carro, si presenta sull'asse  $x$  nel trattore n. 1, sull'asse  $y$  nel trattore n. 5, sugli assi  $y$  e  $z$  nel trattore n. 2, sull'asse  $z$  nel trattore n. 3. Il valore medio è molto elevato essendo compreso tra 0.88 e 1.06  $m/s^2$  (sia senza con carro sia con carro), a causa delle irregolarità superficiali (molto più rilevanti rispetto all'asfalto). Il valore medio riguardante la traslazione senza carro è leggermente maggiore del valore con carro nei trattori n. 1, 5, mentre è leggermente minore nei trattori n. 2, 3. In termini di rischio, i trat-

tori sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare delle vibrazioni):

- senza carro: n. 5, 3, 2, 1;
- con carro: n. 5, 1, 2, 3.

Figura 28

Grafico dei valori determinanti il rischio



Traslazione su tre strade poderali in condizioni superficiali mediocri: valori determinanti il rischio sui trattori n. 1, 2, 3, 5 con dotazioni di base presso l'azienda agricola, con carro a rimorchio, sostanzialmente alla stessa velocità (17 - 19 km/h)

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

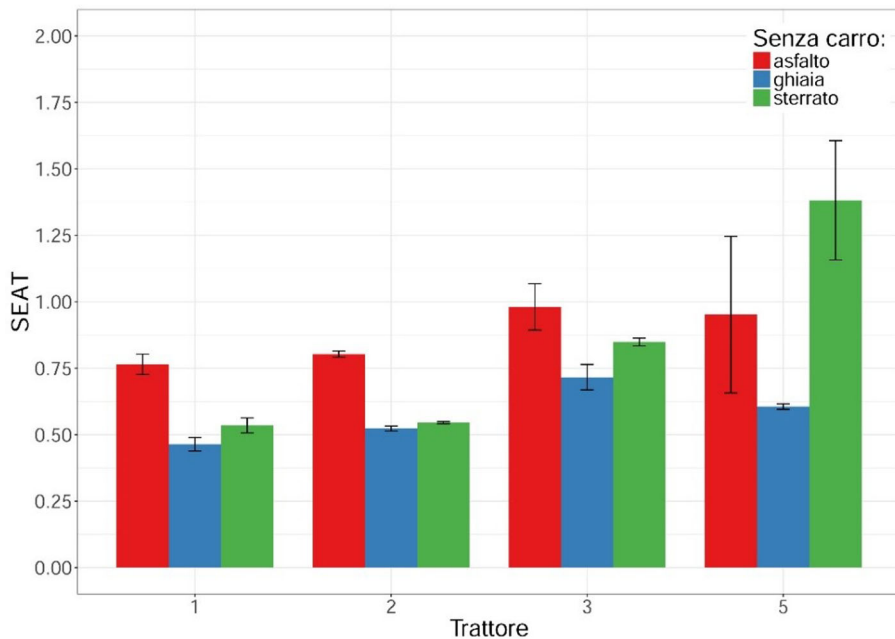
Nella Figura 27 e Figura 28 sono riportati i valori medi delle accelerazioni determinanti il rischio con relative deviazioni standard: essi sono molto più alti rispetto a quelli rilevati sull'asfalto. L'effetto del carro a traino non è significativo. I *valori SEAT* indicano che tutti i sedili attenuano le vibrazioni verticali: il valore medio SEAT è compreso tra 0.43 e 0.76. In termini di efficacia nell'attenuare le vibrazioni, i sedili sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare del valore SEAT), valida sia senza carro sia con carro: n. 1, 2, 5, 3. Nella Figura 29 e Figura 30 sono riportati i valori medi SEAT dei sedili con relative deviazioni standard: essi sono più bassi dei valori rilevati sull'asfalto. Per quanto riguarda le caratteristiche in frequenza, si può concludere che in genere:

- sul piano del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 2.5 e 3.2 Hz (asse x), tra 1.3 e 6.3 Hz (asse y), tra 2.5 e 3.2 Hz (asse z);
- sul basamento del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 2.5 e 3.2 Hz (asse x), tra 1.3 e 6.3 Hz (asse y), tra 2.5 e 3.2 Hz e in alcuni casi tra 10 e 12.5 Hz (asse z); non è presente il picco a 25 - 31.5 Hz determinato dal rotolamento degli pneumatici, osservato nel caso dell'asfalto;
- il sedile presenta la frequenza di risonanza tra 0.8 e 1.6 Hz, più bassa rispetto alla frequenza di eccitazione (2.5 - 3.2 Hz); in corrispondenza del picco di risonanza la trasmissibilità è compresa tra 1.3 e 2.7.

Con riferimento al *rumore*, i livelli sonori equivalenti medi (si considera il livello più alto della coppia) sono bassi (70.8 - 71.2 dB(A)) nel caso del trattore n. 5 e relativamente bassi (75.8 - 79.9 dB(A)) nel caso dei trattori n. 1, 2, 3. I livelli più elevati si riferiscono all'orecchio sinistro in 5 casi su 8. Gli spettri sonori sono caratterizzati dalle componenti di bassa e media frequenza.

Figura 29

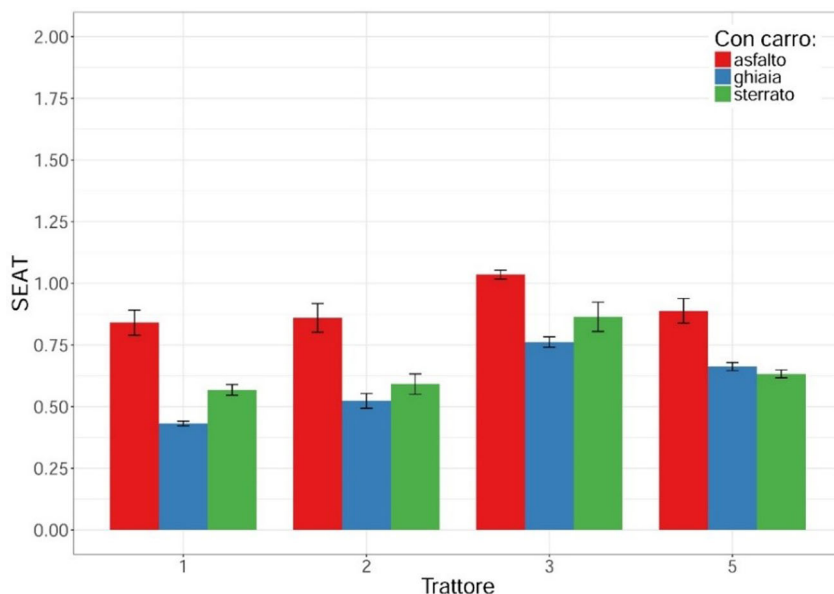
Grafico dei valori SEAT



Traslazione su tre strade poderali in condizioni superficiali mediocri: valori SEAT dei sedili dei trattori dei trattori n. 1, 2, 3, 5 con dotazioni di base presso l'azienda agricola, senza carro a rimorchio, sostanzialmente alla stessa velocità (17 - 19 km/h)

Figura 30

Grafico dei valori SEAT



Traslazione su tre strade poderali in condizioni superficiali mediocri: valori SEAT dei sedili dei trattori dei trattori n. 1, 2, 3, 5 con dotazioni di base presso l'azienda agricola, con carro a rimorchio, sostanzialmente alla stessa velocità (17 - 19 km/h)

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

### Traslazione su strade poderali: strada sterrata

La Tabella 5 riporta i dati relativi alla traslazione svolta dai trattori n. 1, 2, 3, 5, con dotazioni  $a$  di base, presso l'azienda agricola, su strada poderale sterrata con superficie mediocre, a una velocità mantenuta costante (17 - 19 km/h), senza carro a rimorchio e con carro. Rilievi ripetuti delle accelerazioni hanno fornito valori sostanzialmente analoghi tra loro: solo in alcuni casi il *coefficiente di variazione* è relativamente elevato (massimo 20.8%). Il valore medio dell'*accelerazione determinante il rischio* sul piano del sedile, si presenta sull'asse  $y$  nel trattore n. 5 con carro a rimorchio, sull'asse  $z$  in tutti gli altri casi. Il valore medio è elevato essendo compreso tra 0.57 e 0.83  $m/s^2$  (sia senza carro sia con carro), a causa delle irregolarità superficiali (più rilevanti rispetto all'asfalto, ma meno rispetto alla ghiaia). Il valore medio riguardante la traslazione senza carro è sempre leggermente maggiore del valore con carro. In termini di rischio, i trattori sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare delle vibrazioni):

- senza carro: n. 1, 3, 2, 5;
- con carro: n. 1, 3, 5, 2.



Nella Figura 27 e Figura 28 sono riportati i valori medi delle accelerazioni determinanti il rischio con relative deviazioni standard: essi sono più alti rispetto a quelli rilevati sull'asfalto, ma più bassi rispetto a quelli rilevati sulla ghiaia. I *valori SEAT* indicano che i sedili attenuano le vibrazioni verticali: il valore medio SEAT è compreso tra 0.53 e 0.86. Fa eccezione il sedile del trattore n. 5 senza carro che amplifica le vibrazioni (SEAT=1.38) (mentre le attenua in presenza del carro (SEAT=0.63). In termini di efficacia nell'attenuare le vibrazioni, i sedili sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare del valore SEAT):

- senza carro: n. 1, 2, 3, 5;
- con carro: n. 1, 2, 5, 3.

Nella Figura 29 e Figura 30 sono riportati i valori medi SEAT dei sedili con relative deviazioni standard: essi sono intermedi rispetto a quelli rilevati sull'asfalto (più alti) e sulla ghiaia (più bassi), a esclusione del sedile del trattore n. 5. Per quanto riguarda le caratteristiche in frequenza, si può concludere che in genere:

- sul piano del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 2.5 e 3.2 Hz (asse x), tra 1 e 6.3 Hz (asse y), tra 2.5 e 3.2 Hz (asse z);
- sul basamento del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 2.5 e 3.2 Hz (asse x), tra 1 e 6.3 Hz (asse y), tra 2.5 e 3.2 Hz e in alcuni casi a 10 Hz (asse z); il picco a 25 Hz determinato dal rotolamento degli pneumatici è presente solo nel caso del trattore n. 3;
- il sedile presenta la frequenza di risonanza tra 1.3 e 1.6 Hz, più bassa rispetto alla frequenza di eccitazione (2.5 - 3.2 Hz); in corrispondenza del picco di risonanza la trasmissibilità è compresa tra 1.6 e 2.8.

Con riferimento al *rumore*, i livelli sonori equivalenti medi (si considera il livello più alto della coppia) sono bassi (71.0 - 71.5 dB(A)) nel caso del trattore n. 5 e sono relativamente bassi (75.6 - 78.3 dB(A)) nel caso dei trattori n. 1, 2, 3. I livelli più elevati si riferiscono all'orecchio sinistro in 5 casi su 8. Gli spettri sonori sono caratterizzati dalle componenti di bassa e media frequenza.

### **Confronto tra strada poderale asfaltata, con ghiaia, sterrata**

In genere le vibrazioni su strada poderale asfaltata sono più basse di quelli della strada poderale sterrata che a loro volta sono più basse di quelle della strada poderale con ghiaia. Per quanto riguarda la variabile SEAT, l'analisi statistica mostra la presenza di un'interazione significativa tra il tipo di trattore e il tipo di strada, ovvero le differenze tra i valori SEAT riscontrati sulle diverse strade si manifestano diversamente in funzione del tipo di trattore:

- per i trattori n. 1 e 2 (senza carro e con carro) nel caso della strada con ghiaia e sterrata (valori più bassi) e della strada asfaltata (valori più alti);
- per il trattore n. 3 (senza carro e con carro) nel caso della strada con ghiaia (valori più bassi) e della strada asfaltata (valori più alti),
- per il trattore n. 5 (senza carro) nel caso della strada con ghiaia (valori più bassi),

della strada asfaltata (valori più alti) e della strada sterrata (valori ancora più alti);

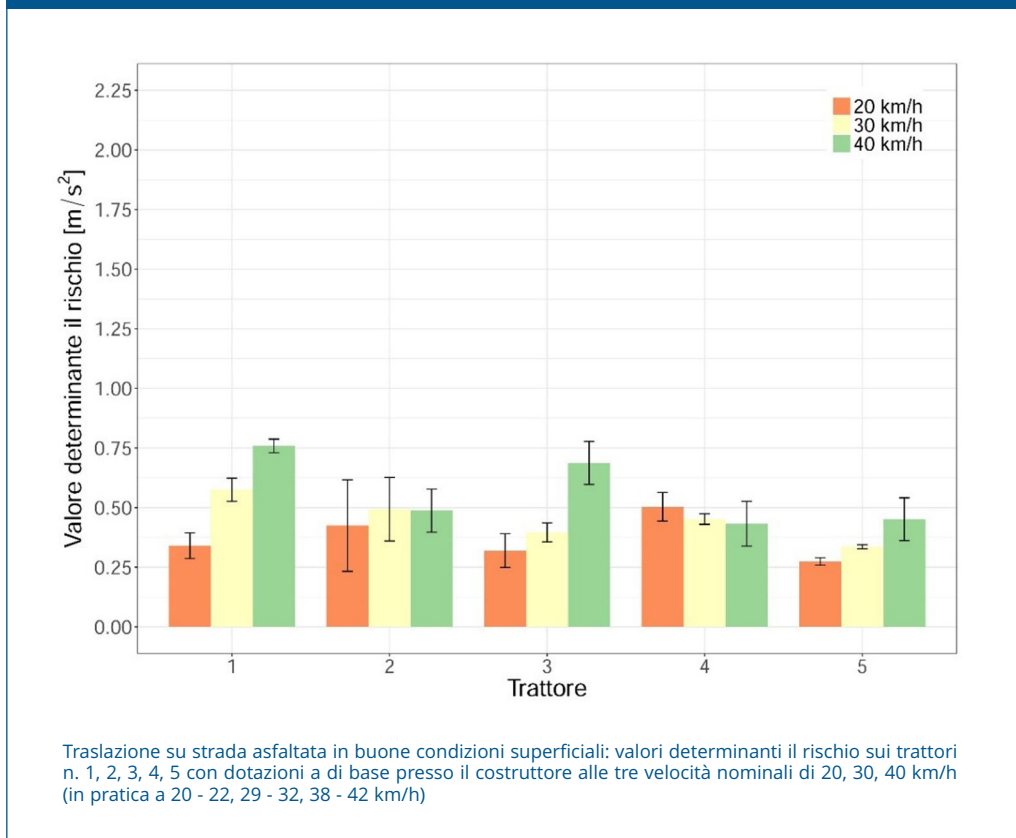
- per il trattore n. 5 (con carro) nel caso della strada con ghiaia e sterrata (valori più bassi) e della strada asfaltata (valori più alti).

### Confronto tra i dati senza carro e con carro

Le vibrazioni riscontrate su ciascun trattore, senza carro e con carro, sono sostanzialmente analoghe tra loro. La presenza del carro non influenza le vibrazioni sui trattori. La differenza tra i valori della somma vettoriale riscontrati senza carro e con carro su ciascun trattore non è significativa. Per quanto riguarda i valori SEAT, l'effetto della presenza del carro è significativo solo per il trattore n. 5 durante la traslazione su strada sterrata.

Figura 31

Grafico dei valori determinanti il rischio



Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

### A.3.2 Rilievi presso il costruttore

#### Traslazione su strada asfaltata a tre velocità

La Tabella 6 si riferisce alla traslazione svolta dai trattori n. 1, 2, 3, 4, 5 con dotazioni  $\alpha$  (di base), presso il costruttore, su strada asfaltata in buone condizioni superficiali, a tre velocità nominali mantenute costanti 20, 30, 40 km/h (in pratica a 20 - 22, 29 - 32, 38 - 42 km/h). Per semplicità, nel prosieguo saranno riportate solo le velocità nominali.

Rilievi ripetuti delle accelerazioni hanno fornito valori a volte significativamente diversi tra loro: comunque solo in alcuni casi il *coefficiente di variazione* è elevato (massimo 51.0%).

Considerando i cinque trattori alle tre velocità, il valore medio dell'*accelerazione determinante il rischio* si presenta sull'asse  $x$  in 3 casi su 15 (trattori n. 2, 4, 5), sull'asse  $y$  in 5 casi (trattori n. 2, 3, 4, 5) e sull'asse  $z$  in 7 casi (trattori n. 1, 2, 3, 5). Il valore medio relativo alla traslazione a 20 km/h è relativamente basso essendo compreso tra 0.27 e 0.50  $m/s^2$ ; quello a 30 km/h è relativamente elevato essendo compreso tra 0.34 e 0.58  $m/s^2$ ; quello a 40 km/h è elevato essendo compreso tra 0.43 e 0.76  $m/s^2$ . In termini di rischio, i trattori sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare delle vibrazioni):

- n. 5, 3, 1, 2, 4 a 20 km/h;
- n. 5, 3, 4, 2, 1 a 30 km/h;
- n. 4, 5, 2, 3, 1 a 40 km/h.

Nella Figura 31 sono riportati i valori medi delle accelerazioni determinanti il rischio con relative deviazioni standard: essi crescono con la velocità solo nel caso dei trattori n. 1, 3, 5.

I *valori SEAT* indicano che i sedili attenuano le vibrazioni verticali: il valore medio SEAT è compreso tra 0.64 e 0.97. Fanno eccezione i sedili dei trattori n. 1 a 40 km/h (SEAT=1.08), n. 3 a 30 km/h (SEAT=1.03) e n. 5 a 20 km/h (SEAT=1.09). In termini di efficacia nell'attenuare le vibrazioni, i sedili dei trattori sono contraddistinti dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare del valore SEAT):

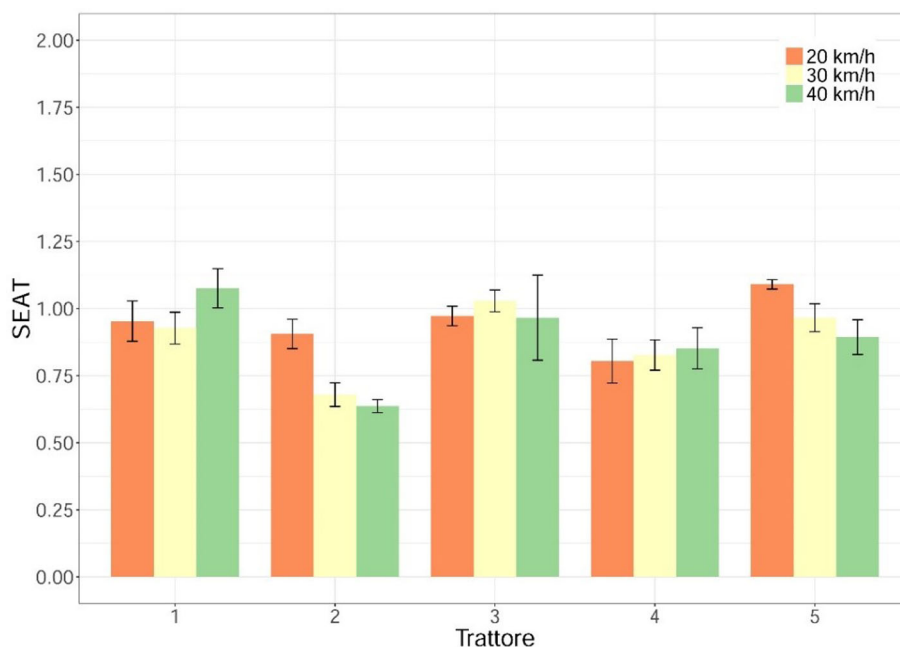
- n. 4, 2, 1, 3, 5 a 20 km/h;
- n. 2, 4, 1, 5, 3 a 30 km/h;
- n. 2, 4, 5, 3, 1 a 40 km/h.

Nella Figura 32 sono riportati i valori medi SEAT dei sedili con relative deviazioni standard. Per quanto riguarda le caratteristiche in frequenza, si può concludere che in genere:

- sul piano del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1.6 e 3.2 Hz (asse  $x$ ), tra 1 e 6.3 Hz (asse  $y$ ), tra 2.5 e 3.2 Hz (asse  $z$ );
- sul basamento del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 2.5 e 6.3 Hz (asse  $x$ ), tra 1 e 6.3 Hz (asse  $y$ ), tra 2.5 e 3.2 Hz (asse  $z$ );
- il sedile presenta la frequenza di risonanza tra 0.8 e 2 Hz, più bassa rispetto alla frequenza di eccitazione (2.5 - 3.2 Hz); in corrispondenza del picco di risonanza la trasmittibilità è compresa tra 1.3 e 5.0.

Figura 32

Grafico dei valori SEAT



Traslazione su strada asfaltata in buone condizioni superficiali: valori SEAT dei sedili dei trattori n. 1, 2, 3, 4, 5 con dotazioni di base presso il costruttore alle tre velocità nominali di 20, 30, 40 km/h (in pratica a 20 - 22, 29 - 32, 38 - 42 km/h)

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

### Confronto tra le diverse dotazioni del trattore 5

La Tabella 7 si riferisce alla traslazione svolta dal trattore n. 5 con dotazioni *a* (di base), *c*, *d*, *e*, presso il costruttore su strada asfaltata in buone condizioni superficiali, a tre velocità nominali mantenute costanti 20, 30, 40 km/h (in pratica 20 - 21, 29 - 31, 38 - 41 km/h). Come in precedenza, nel prosieguo saranno riportate solo le velocità nominali. Saranno inoltre ripresi i dati della tabella 11, già considerati nel paragrafo precedente, in quanto essi consentono un confronto completo tra le diverse dotazioni del trattore n. 5.

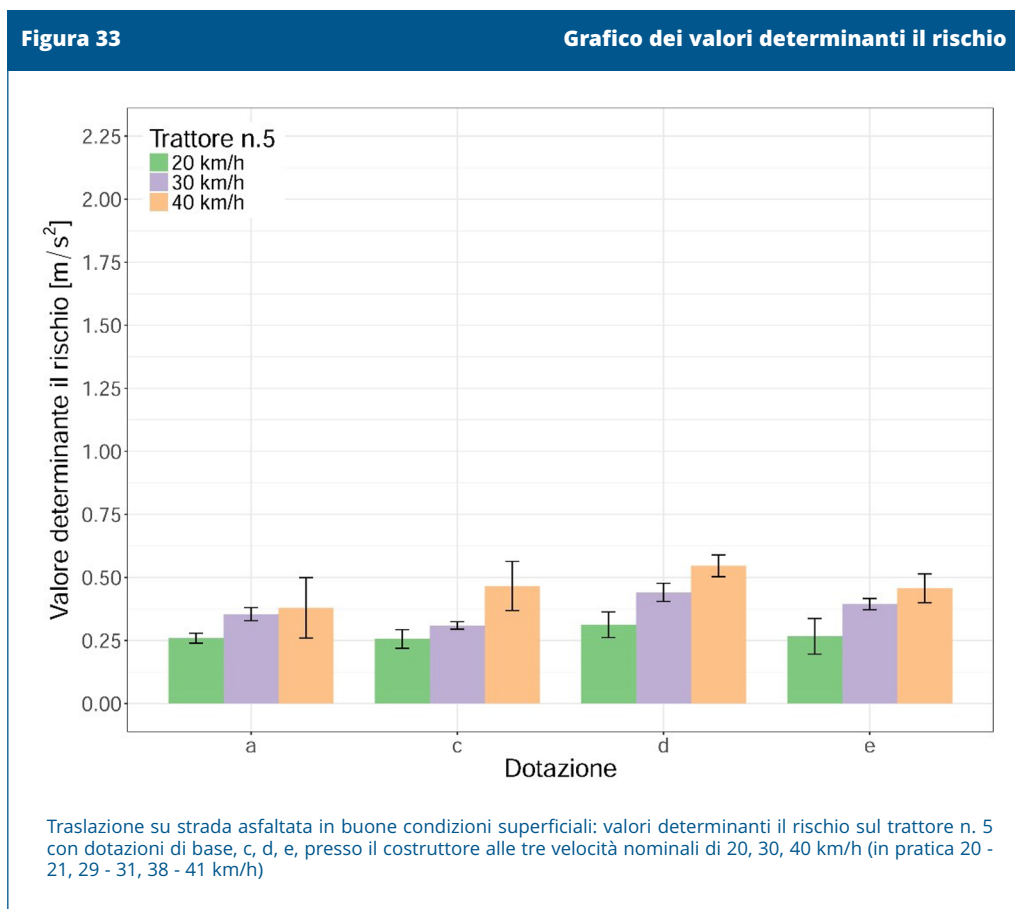
Rilievi ripetuti delle accelerazioni hanno fornito valori a volte significativamente diversi tra loro: il *coefficiente di variazione* massimo è relativamente elevato (37.2 %).

Considerando le quattro dotazioni e le tre velocità, il valore medio dell'*accelerazione determinante il rischio* sul piano del sedile si presenta sull'asse *x* in 6 casi su 12 (dotazioni *a*, *c*, *d*, *e*), sull'asse *y* in 2 casi (*a*, *c*), sull'asse *z* in 4 casi (dotazioni *a*, *c*, *d*, *e*). Il valore medio relativo alla traslazione a 20 km/h è basso essendo compreso tra 0.27 e 0.31 m/s<sup>2</sup>; quello a 30 km/h è ancora basso essendo compreso tra 0.31 e 0.44 m/s<sup>2</sup>; quello a 40 km/h è relativamente elevato essendo compreso tra 0.41 e 0.57 m/s<sup>2</sup>.

In termini di rischio, le dotazioni dei trattori sono contraddistinte dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare delle vibrazioni):

- c, a, e, d a 20 km/h;
- c, a, e, d a 30 km/h;
- a, e, d, c a 40 km/h.

Nella Figura 33 sono riportati i valori medi delle accelerazioni determinanti il rischio con relative deviazioni standard: in tutti i casi essi crescono con la velocità.



Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

I *valori SEAT* indicano che i sedili amplificano le vibrazioni verticali: se si esclude il valore medio SEAT relativo alla dotazione *d* a 40 km/h (0.99), gli altri valori sono compresi tra 1.04 e 1.86. In termini di efficacia nell'attenuare le vibrazioni da parte dei sedili, le dotazioni dei trattori sono contraddistinte dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare del valore SEAT):

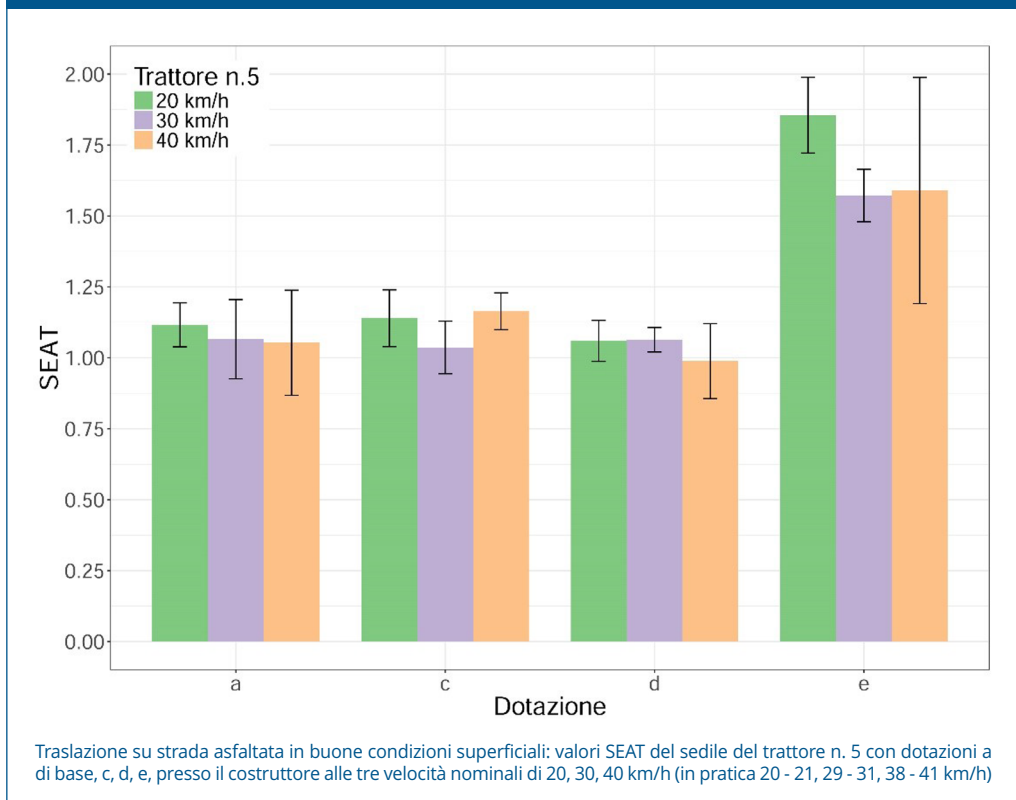
- d, a, c, e a 20 km/h;
- c, d, a, e a 30 km/h;
- d, a, c, e a 40 km/h.

Nella Figura 34 sono riportati i valori medi SEAT dei sedili con relative deviazioni standard. Per quanto riguarda le caratteristiche in frequenza, si può concludere che in genere:

- sul piano del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1.6 e 3.2 Hz (asse x), tra 0.8 e 4 Hz (asse y) e sono presenti a 2.5 Hz oppure a 2 Hz nel caso della dotazione e (asse z);
- sul basamento del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 2 e 5 Hz (asse x), tra 0.8 e 6.3 Hz (asse y) e sono presenti a 2.5 Hz oppure a 2 Hz nel caso della dotazione e (asse z);
- il sedile presenta generalmente la frequenza di risonanza tra 0.8 e 2 Hz, coincidente o leggermente più bassa rispetto alla frequenza di eccitazione (2.5 Hz oppure 2 Hz nel caso della dotazione e); in corrispondenza del picco di risonanza la trasmissibilità è compresa tra 1.3 e 3.3.

Figura 34

Grafico dei valori SEAT



L'efficacia della sospensione anteriore della cabina è stata valutata sul trattore n. 5 con dotazione *d* (cfr. Tabella 3). In termini complessivi e ponderati in frequenza la sospensione mediamente attenua le vibrazioni verticali a 20 e 30 km/h ( $a_{wz}$  sopra /  $a_{wz}$  sotto compreso tra 0.92 e 0.93) e le amplifica a 40 km/h ( $a_{wz}$  sopra /  $a_{wz}$  sotto pari a 1.09). Questi dati si riferiscono comunque alla dotazione *d* e potrebbero essere scarsamente significativi. La curva di trasmissibilità indica un'attenuazione crescente sopra 16 Hz.

### Aratura del trattore n. 5 con dotazioni a, c, d, e

La Tabella 7 riporta i risultati relativi all'aratura svolta dal trattore n. 5 con dotazioni *a* (di base), *c*, *d*, *e*, presso il costruttore, a circa 5 km/h. Si può osservare che lo stesso trattore, durante l'aratura presso l'azienda agricola, procedeva mediamente a 6.6 km/h. Considerando le cinque dotazioni, il valore dell'accelerazione determinante il rischio sul piano del sedile si presenta sull'asse *x* in 1 caso su 5 (dotazione *e*) e sull'asse *y* in 4 casi su 5 (dotazioni *a*, *b*, *c*, *d*). Il valore è elevato essendo compreso tra 0.59 e 0.69  $m/s^2$ . In termini di rischio, le dotazioni del trattore sono contraddistinte dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare delle vibrazioni): *a*, *e*, *c*, *d*, *b*. I valori SEAT indicano che il sedile attenua le vibrazioni verticali in 3 casi (dotazioni *a*, *b*, *d*: SEAT compreso tra 0.69 e 0.98), mentre le amplifica in 2 casi (dotazioni *c*, *e*: SEAT compreso tra 1.03 e 1.29). In termini di efficacia nell'attenuare le vibrazioni da parte del sedile, le dotazioni del trattore sono contraddistinte dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare del valore SEAT): *a*, *b*, *d*, *c*, *e*. Per quanto riguarda le caratteristiche in frequenza, si può concludere che in genere:

- sul piano del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1 e 2.5 Hz (asse *x*), tra 0.8 e 1.3 Hz (asse *y*), tra 2 e 2.5 Hz (asse *z*);
- sul basamento del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1 e 1.3 Hz (asse *x*), tra 0.8 e 1.3 Hz (asse *y*) e sono presenti a 2.5 Hz oppure a 2 Hz nel caso della dotazione *e* (asse *z*);
- il sedile presenta generalmente la frequenza di risonanza tra 1.6 e 2 Hz, leggermente più bassa rispetto alla frequenza di eccitazione (2.5 Hz oppure 2 Hz nel caso della dotazione *e*); in corrispondenza del picco di risonanza la trasmissibilità è generalmente compresa tra 1.8 e 2.0.

L'efficacia della sospensione anteriore della cabina è stata valutata sul trattore n. 5 con dotazione *d* (cfr. Tabella 3). In termini complessivi e ponderati in frequenza la sospensione attenua le vibrazioni verticali ( $a_{wz}$  sopra /  $a_{wz}$  sotto pari a 0.88). Questo dato si riferisce comunque alla dotazione *d* e potrebbe essere scarsamente significativo. La curva di trasmissibilità indica un'attenuazione crescente sopra 16 Hz.

### Traslazione su terreno non lavorato con aratro sollevato del trattore n. 5 con dotazioni a, b, c, d, e

La Tabella 7 riporta i risultati relativi alla traslazione su terreno non lavorato svolta dal trattore n. 5 con aratro sollevato e con dotazioni *a* (di base), *b*, *c*, *d*, *e*, presso il costruttore, a circa 6 km/h. Considerando le cinque dotazioni, il valore dell'accelerazione deter-

*minante il rischio* sul piano del sedile si presenta sull'asse  $x$  in 2 casi (dotazioni  $b$ ,  $c$ ) e sull'asse  $y$  in 3 casi (dotazioni  $a$ ,  $d$ ,  $e$ ). Il valore è basso essendo compreso tra 0.20 e 0.25  $m/s^2$ . In termini di rischio, le dotazioni del trattore sono contraddistinte dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare delle vibrazioni):  $a$ ,  $c$ ,  $e$ ,  $b$ ,  $d$ . I valori SEAT indicano che il sedile attenua le vibrazioni verticali in 3 casi (dotazioni  $b$ ,  $d$ ,  $e$ : SEAT compreso tra 0.80 e 1.00), mentre le amplifica in 2 casi (dotazioni  $a$ ,  $c$ : SEAT compreso tra 1.06 e 1.08). In termini di efficacia nell'attenuare le vibrazioni da parte del sedile, le dotazioni del trattore sono contraddistinte dalla seguente graduatoria (crescente all'aumentare del SEAT):  $d$ ,  $e$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $a$ . Per quanto riguarda le caratteristiche in frequenza, si può concludere che in genere:

- sul piano del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1.3 e 1.6 Hz (asse  $x$ ), tra 0.5 e 1 Hz (asse  $y$ ), tra 1.6 e 2.5 Hz (asse  $z$ );
- sul basamento del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1.3 e 1.6 Hz (asse  $x$ ), tra 0.5 e 1 Hz (asse  $y$ ) e si presentano a 2.5 Hz oppure a 2 Hz nel caso della dotazione  $e$  (asse  $z$ );
- il sedile presenta la frequenza di risonanza tra 2 e 2.5 Hz, sostanzialmente pari alla frequenza di eccitazione (2.5 Hz oppure 2 Hz nel caso della dotazione  $e$ ); in corrispondenza del picco di risonanza la trasmissibilità è generalmente compresa tra 1.7 e 1.8.

L'efficacia della sospensione anteriore della cabina è stata valutata sul trattore n. 5 con dotazione  $d$  (cfr. tabella 3). In termini complessivi e ponderati in frequenza la sospensione amplifica le vibrazioni verticali ( $a_{wz}$  sopra /  $a_{wz}$  sotto pari a 1.33). Questo dato si riferisce comunque alla dotazione  $d$  e potrebbe essere scarsamente significativo. La curva di trasmissibilità indica un'attenuazione crescente sopra 16 Hz.

### **Traslazione sulle piste a risalti del trattore n. 4 con dotazioni di base**

La Tabella 8 si riferisce alla traslazione sulle piste a risalti svolta dal trattore n. 4 con dotazioni  $a$  di base, presso il costruttore, a circa 14 km/h (*smoother track*) e 7 km/h (*rougher track*). In ambedue i casi, il valore dell'accelerazione *determinante il rischio* sul piano del sedile si presenta sull'asse  $y$ . Il valore è molto elevato essendo compreso tra 1.34  $m/s^2$  (*smoother track*) e 3.37  $m/s^2$  (*rougher track*). I valori SEAT indicano che, in ambedue i casi, il sedile attenua le vibrazioni verticali; il valore SEAT è compreso tra 0.55 (*smoother track*) e 0.69 (*rougher track*). Per quanto riguarda le caratteristiche in frequenza, si può concludere che in genere:

- sul piano del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1 e 2.5 Hz (asse  $x$ ), si presentano a 1.3 Hz (asse  $y$ ), sono comprese tra 1.6 e 3.2 Hz (asse  $z$ );
- sul basamento del sedile, le componenti predominanti delle accelerazioni sono comprese tra 1 e 12.5 Hz (asse  $x$ ), si presentano a 1.3 Hz (asse  $y$ ), sono comprese tra 2.5 e 3.2 Hz (asse  $z$ );
- il sedile presenta la frequenza di risonanza tra 1.3 e 1.6 Hz, leggermente più bassa rispetto alla frequenza di eccitazione (2.5 - 3.2 Hz); in corrispondenza del picco di risonanza la trasmissibilità è compresa tra 1.5 e 2.0.



## A.4 OSSERVAZIONI

Le osservazioni sotto riportate si propongono di svolgere una sintesi dei dati raccolti nell'ambito dell'indagine complessiva, trattando congiuntamente anche casi non omogenei tra loro. Sono considerati i dati riportati da Tabella 4 a Tabella 8.

### A.4.1 Assi delle vibrazioni determinanti il rischio per l'operatore

Facendo riferimento alle attività su terreno agricolo, gli assi caratterizzati dai valori delle accelerazioni determinanti il rischio sul piano del sedile sono i seguenti:

- **aratura:**
  - assi x (1 caso) e y (4 casi) facendo riferimento ai cinque trattori presso l'azienda agricola;
  - assi x (1 caso) e y (4 casi) facendo riferimento al trattore n. 5 con cinque dotazioni presso il costruttore;
- **erpatura:**
  - assi x (2 casi), y (2 casi) e z (1 caso) facendo riferimento ai cinque trattori presso l'azienda agricola;
- **traslazione su terreno non lavorato con attrezzo sollevato:**
  - assi y (2 casi) e z (1 caso) facendo riferimento ai tre trattori presso l'azienda agricola;
  - assi x (2 casi) e y (3 casi) facendo riferimento al trattore n. 5 con cinque dotazioni presso il costruttore.

Le attività su terreno agricolo sono quindi caratterizzate dagli assi y (15 casi), x (6 casi) e z (2 casi). Il fatto che gli assi determinanti siano quelli orizzontali (21 casi su 23) dipende dal rollio e dal beccheggio dei mezzi che influenzano, rispettivamente, le vibrazioni trasversali e longitudinali. Tali oscillazioni rotazionali sono dovute alla superficie irregolare su cui i mezzi operano.

Considerando la traslazione su strada, gli assi caratterizzati dai valori delle accelerazioni determinanti il rischio sul piano del sedile sono i seguenti:

- **strada asfaltata:**
  - assi y (4 casi) e z (4 casi) facendo riferimento ai quattro trattori senza carro e con carro presso l'azienda agricola;
  - assi z (7 casi), y (5 casi) e x (3 casi) facendo riferimento ai cinque trattori a tre velocità presso il costruttore;
  - assi x (6 casi), z (4 casi), y (2 casi) facendo riferimento al trattore n. 5 a tre velocità con quattro dotazioni presso il costruttore;
- **strada con ghiaia:**
  - assi z (3 casi), y (3 casi) e x (2 casi) facendo riferimento ai quattro trattori senza carro e con carro presso l'azienda agricola;
- **strada sterrata:**
  - assi z (7 casi) e y (1 caso) facendo riferimento ai quattro trattori senza carro e con carro presso l'azienda agricola.

La traslazione su strada è quindi caratterizzata dagli assi z (25 casi), y (15 casi) e x (11 casi). Il fatto che l'asse determinante sia per circa metà dei casi (25 casi su 51) quello verticale dipende dalla superficie stradale (maggiormente uniforme rispetto al terreno agricolo) per cui il rollio e il beccheggio risultano meno importanti.

#### A.4.2 Valori delle vibrazioni determinanti il rischio per l'operatore

Facendo riferimento alle attività su terreno agricolo, i valori (medi se presenti) delle accelerazioni determinanti il rischio sul piano del sedile sono:

- **aratura:**
  - molto elevati ( $0.84 - 1.13 \text{ m/s}^2$ ) nel caso dei cinque trattori a 4 - 7 km/h presso l'azienda agricola;
  - elevati ( $0.59 - 0.74 \text{ m/s}^2$ ) nel caso del trattore n. 5 con cinque dotazioni a 5 km/h presso il costruttore;
- **erpicazione:**
  - bassi ( $0.23 - 0.38 \text{ m/s}^2$ ) nel caso dei cinque trattori a 2 km/h presso l'azienda agricola;
- **traslazione su terreno non lavorato con attrezzo sollevato:**
  - molto elevati ( $0.86 - 1.20 \text{ m/s}^2$ ) nel caso dei tre trattori a 11 - 15 km/h presso l'azienda agricola;
  - bassi ( $0.20 - 0.25 \text{ m/s}^2$ ) nel caso del trattore n. 5 con cinque dotazioni a 6 km/h presso il costruttore.

L'aratura è caratterizzata da valori elevati o molto elevati ( $0.59 - 1.13 \text{ m/s}^2$ ) a causa del rollio e beccheggio dei trattori, del terreno non omogeneo, della particolare lavorazione che sollecita molto il trattore, dall'inclinazione dell'asse trasversale del trattore che impone all'operatore continue correzioni sul volante.

L'erpicazione è responsabile di bassi valori ( $0.23 - 0.38 \text{ m/s}^2$ ). A differenza dell'aratura, i mezzi durante l'erpicazione procedono a bassa velocità su un terreno piano e morbido, anche se non uniforme.

La traslazione su terreno non lavorato comporta valori elevati ( $0.86 - 1.20 \text{ m/s}^2$ ) a causa del terreno compatto e fortemente disuniforme e dell'alta velocità (11 - 15 km/h); se quest'ultima è contenuta (6 km/h), i valori sono bassi ( $0.20 - 0.25 \text{ m/s}^2$ ).

#### A.4.3 Attenuazione delle vibrazioni da parte dei sedili

Nel caso delle attività su terreno agricolo citate in precedenza, i valori SEAT (medi se presenti) dei sedili indicano:

- trattore n. 1: un'attenuazione ( $0.41 - 0.87$ ) in 3 casi su 3;
- trattore n. 2: un'attenuazione ( $0.51 - 0.72$ ) in 2 casi e un'amplificazione (1.29) in 1 caso su 3;
- trattore n. 3: un'attenuazione (0.83) in 1 caso e un'amplificazione (1.11 - 1.43) in 2 casi su 3;
- trattore n. 4: un'attenuazione ( $0.60 - 0.91$ ) in 2 casi su 2;
- trattore n. 5: un'attenuazione ( $0.69 - 1.00$ ) in 7 casi e un'amplificazione (1.03 - 1.29) in 4 casi su 11.

Nel caso delle traslazioni su strada citate in precedenza, i valori SEAT (medi se presenti) dei sedili dei trattori indicano:

- trattore n. 1: un'attenuazione (0.43 - 0.95) in 8 casi e un'amplificazione (1.08) in 1 caso su 9;
- trattore n. 2: un'attenuazione (0.52 - 0.901) in 9 casi su 9;
- trattore n. 3: un'attenuazione (0.72 - 0.98) in 7 casi e un'amplificazione (1.03 - 1.04) in 2 casi su 9;
- trattore n. 4: un'attenuazione (0.80 - 0.85) in 3 casi su 3;
- trattore n. 5: un'attenuazione (0.61 - 1.00) in 6 casi e un'amplificazione (1.04 - 1.86) in 12 casi su 18.

In conclusione, sia su terreno agricolo sia su strada, il sedile dei trattori:

- trattore n. 1 (con sospensione meccanica) attenua le vibrazioni in 11 casi su 12 e le amplifica in 1 caso;
- trattore n. 2 (con sospensione pneumatica) attenua le vibrazioni in 11 casi su 12 e le amplifica in 1 caso;
- trattore n. 3 (con sospensione pneumatica) attenua le vibrazioni in 8 casi su 12 e le amplifica in 4 casi;
- trattore n. 4 (con sospensione pneumatica) attenua le vibrazioni in 5 casi su 5;
- trattore n. 5 (con sospensione semiattiva) attenua le vibrazioni in 13 casi su 29 e le amplifica in 16 casi.

Considerando tutti i cinque sedili, i valori SEAT variano fortemente: le vibrazioni possono essere ridotte dal sedile a meno della metà di quelle sul basamento (0.41) oppure essere incrementate di quasi due volte (1.86).

Considerando il singolo trattore e quindi il singolo sedile, i valori SEAT possono variare anch'essi fortemente: si veda ad esempio il sedile del trattore n. 5 che presenta valori SEAT compresi tra 0.61 e 1.86.

In generale la variabilità dei valori SEAT dipende dai parametri indicati nel paragrafo 2.1.4.

#### A.4.4 Graduatorie dei trattori in termini di rischio

Nel prosieguo sono riportate le graduatorie (in ordine crescente all'aumentare delle vibrazioni) e considerazioni riepilogative riguardanti l'analisi statistica. Facendo riferimento ai valori (medi se presenti) delle accelerazioni determinanti il rischio sul piano del sedile rilevati durante le attività su terreno agricolo, si può osservare che:

##### ■ aratura:

presso l'azienda agricola i cinque trattori (a 4 - 7 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria: n. 4, 1, 3, 2, 5. Sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori dei trattori n. 4 (vibrazioni più basse) e n. 5 (vibrazioni più alte);

presso il costruttore le cinque dotazioni del trattore n. 5 (a 5 km/h) sono contraddistinte dalla seguente graduatoria: a, e, c, d, b; la dotazione migliore è quindi la a, mentre la peggiore è la b;

■ **erpicoltura:**

- presso l'azienda agricola i cinque trattori (a 2 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria: n. 3, 4, 5, 1, 2; il trattore migliore è quindi il n. 3, mentre il peggiore è il n. 2;

■ **traslazione su terreno non lavorato con attrezzo sollevato:**

- presso l'azienda agricola i tre trattori (a 11 - 15 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria: n. 1, 3, 2; il trattore migliore è quindi il n. 1, mentre il peggiore è il n. 2;
- presso il costruttore le cinque dotazioni del trattore n. 5 (a 6 km/h) sono contraddistinte dalla seguente graduatoria: a, c, e, b, d; la dotazione migliore è quindi la a, mentre la peggiore è la d.

Facendo riferimento ai valori (medi se presenti) delle accelerazioni determinanti il rischio sul piano del sedile rilevati durante la traslazione su strada, si può osservare che:

■ **strada asfaltata:**

- presso l'azienda agricola i quattro trattori (a 17 - 19 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria, valida sia senza carro sia con carro: n. 1, 3, 5, 2. Sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori dei trattori n. 1 e 3 (vibrazioni più basse) e n. 2 (vibrazioni più alte);
- presso il costruttore i cinque trattori sono contraddistinti dalle seguenti graduatorie:
  - n. 5, 3, 1, 2, 4 (a 20 - 22 km/h); sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori dei trattori n. 5 (vibrazioni più basse) e n. 4 (vibrazioni più alte);
  - n. 5, 3, 4, 2, 1 (a 29 - 32 km/h); sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori dei trattori n. 5 (vibrazioni più basse) e n. 1 (vibrazioni più alte);
  - n. 4, 5, 2, 3, 1 (a 38 - 42 km/h); sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori dei trattori n. 4, 5, 2 (vibrazioni più basse) e n. 3, 1 (vibrazioni più alte);
- presso il costruttore le quattro dotazioni del trattore n. 5 sono contraddistinte dalle seguenti graduatorie:
  - c, a, e, d (a 20 - 21 km/h); sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori delle dotazioni c, a, e (vibrazioni più basse) e d (vibrazioni più alte);
  - c, a, e, d (a 29 - 31 km/h); sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori delle dotazioni c, a, e (vibrazioni più basse) e d (vibrazioni più alte);
  - a, e, c, d (a 38 - 41 km/h); sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori delle dotazioni a, e, c (vibrazioni più basse) e d (vibrazioni più alte);

■ **strada con ghiaia:**

- presso l'azienda agricola i quattro trattori (a 17 - 19 km/h) sono contraddistinti dalle seguenti graduatorie:
  - senza carro: n. 5, 3, 2, 1; non sussiste differenza significativa tra i valori dei trattori;
  - con carro: n. 5, 1, 2, 3; non sussiste differenza significativa tra i valori dei trattori;

■ **strada sterrata:**

- presso l'azienda agricola i quattro trattori (a 17 - 19 km/h) sono contraddistinti dalle seguenti graduatorie:
  - senza carro: n. 1, 3, 2, 5; sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori del trattore n. 1 (vibrazioni più basse) e n. 3, 2, 5 (vibrazioni più alte);
  - con carro: n. 1, 3, 5, 2; sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori del trattore n. 1 (vibrazioni più basse) e n. 3, 5, 2 (vibrazioni più alte).

Complessivamente, sia su terreno agricolo sia su strada, i mezzi migliori sono il n. 1 (5 casi su 12), il n. 5 (4 casi), il n. 4 (2 casi) e il n. 3 (1 caso), mentre i peggiori sono il n. 2 (5 casi su 12), il n. 1 (3 casi), il n. 5 (2 casi), il n. 3 e 4 (1 caso ciascuno). Con riferimento al trattore n. 5, le dotazioni migliori sono la a (3 casi su 5) e la c (2 casi), mentre le dotazioni peggiori sono la d (4 casi su 5) e la b (1 caso).

#### **A.4.5 Graduatorie dei trattori in termini di vibrazioni complessive sul basamento del sedile**

Nel prosieguo sono riportate le graduatorie (in ordine crescente all'aumentare delle vibrazioni) e considerazioni riepilogative circa l'analisi statistica. Facendo riferimento ai valori (medi se presenti) della somma vettoriale delle accelerazioni sul basamento del sedile rilevati durante le attività su terreno agricolo, si può osservare che:

■ **aratura:**

- presso l'azienda agricola i cinque trattori (a 4 - 7 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria: n. 1, 3, 4, 2, 5. Sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori dei trattori n. 1 (vibrazioni più basse) e n. 2, 5 (vibrazioni più alte);
- presso il costruttore le cinque dotazioni del trattore n. 5 (a 5 km/h) sono contraddistinte dalla seguente graduatoria: e, c, d, a, b; la dotazione migliore è quindi la e, mentre la peggiore è la b;

■ **erpicatura:**

- presso l'azienda agricola i quattro trattori (a 2 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria: n. 3, 4, 2, 1; il trattore migliore è quindi il n. 3, mentre il peggiore è il n. 1;

■ **traslazione su terreno non lavorato con attrezzo sollevato:**

- presso l'azienda agricola i tre trattori (a 11 - 15 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria: n. 3, 1, 2; il trattore migliore è quindi il n. 3, mentre il peggiore è il n. 2;
- presso il costruttore le cinque dotazioni del trattore n. 5 (a 6 km/h) sono contraddistinte dalla seguente graduatoria: a, e, c, b, d; la dotazione migliore è quindi la a, mentre la peggiore è la d.

Facendo riferimento ai valori (medi se presenti) della somma vettoriale delle accelerazioni sul basamento del sedile rilevati durante la traslazione su strada, si può osservare che:

#### ■ strada asfaltata:

- presso l'azienda agricola i quattro trattori (a 17 - 19 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria, valida sia senza carro sia con carro: n. 5, 3, 1, 2. Non sussiste differenza statisticamente significativa tra i valori dei trattori;
- presso il costruttore i cinque trattori sono contraddistinti dalle seguenti graduatorie:
  - n. 5, 1, 3, 4, 2 (a 20 - 22 km/h); sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori dei trattori n. 5, 1, 3 (vibrazioni più basse) e n. 2 (vibrazioni più alte), nonché tra i valori dei trattori n. 5 (vibrazioni più basse) e n. 4 (vibrazioni più alte);
  - n. 5, 4, 3, 1, 2 (a 29 - 32 km/h); sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori dei trattori n. 5, 4, 3 (vibrazioni più basse) e n. 1, 2 (vibrazioni più alte);
  - n. 4, 5, 1, 2, 3 (a 38 - 42 km/h); sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori dei trattori n. 4, 5 (vibrazioni più basse) e n. 1, 2, 3 (vibrazioni più alte);
- presso il costruttore le quattro dotazioni del trattore n. 5 sono contraddistinte dalla seguente graduatoria:
  - e, a, c, d (a 20 - 21 km/h); sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori delle dotazioni e (vibrazioni più basse) e a, c, d (vibrazioni più alte);
  - e, c, a, d (a 29 - 31 km/h); sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori delle dotazioni e (vibrazioni più basse) e c, a, d (vibrazioni più alte);
  - e, a, c, d (a 38 - 41 km/h); sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori delle dotazioni e (vibrazioni più basse) e a, c, d (vibrazioni più alte);

#### ■ strada con ghiaia:

- presso l'azienda agricola i quattro trattori (a 17 - 19 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria, valida sia senza carro sia con carro: n. 5, 3, 2, 1; sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori dei trattori n. 5 (vibrazioni più basse) e n. 3 (vibrazioni più alte), nonché tra i valori dei trattori n. 3 (vibrazioni più basse) e n. 2, 1 (vibrazioni più alte);

#### ■ strada sterrata:

- presso l'azienda agricola i quattro trattori (a 17 - 19 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria, valida sia senza carro sia con carro: n. 5, 3, 1, 2; sussiste una differenza statisticamente significativa tra i valori dei trattori n. 3, 5 (vibrazioni più basse) e n. 1 (vibrazioni più alte), nonché tra i valori dei trattori n. 1 (vibrazioni più basse) e n. 2 (vibrazioni più alte).

Complessivamente, sia su terreno agricolo sia su strada, i mezzi migliori sono il n. 5 (8 casi su 12), il n. 3 (2 casi), il n. 1 e 4 (1 caso ciascuno), mentre i peggiori sono il n. 2 (7 casi su 12), il n. 1 (3 casi), il n. 3 e 5 (1 caso ciascuno). Con riferimento al trattore n. 5, le dotazioni migliori sono la e (4 casi su 5) e la a (1 caso), mentre le dotazioni peggiori sono la d (4 casi su 5) e la b (1 caso).

#### A.4.6 Graduatorie dei sedili dei trattori

Nel prosieguo sono riportate le graduatorie (in ordine crescente all'aumentare del valore SEAT) e considerazioni riepilogative circa l'analisi statistica. Facendo riferimento ai valori SEAT (medi se presenti) rilevati durante le attività su terreno agricolo, si può osservare che:

##### ■ aratura:

- presso l'azienda agricola i sedili dei cinque trattori (a 4 - 7 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria: n. 2, 1, 3, 5, 4; il sedile migliore è quindi quello del trattore n. 2, mentre il peggiore è quello del trattore n. 4. Non sussiste differenza statisticamente significativa tra i valori SEAT;
- presso il costruttore il sedile del trattore n. 5 (a 5 km/h) attenua le vibrazioni secondo la seguente graduatoria relativa alle quattro dotazioni: a, b, d, c, e; il sedile è quindi più efficace con la dotazione a, mentre è meno efficace con la dotazione e;

##### ■ erpicatura:

- presso l'azienda agricola i sedili dei quattro trattori (a 2 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria: n. 1, 2, 4, 3; il sedile migliore è quello del trattore n. 1, mentre il peggiore è quello del trattore n. 3;

##### ■ traslazione su terreno non lavorato con attrezzo sollevato:

- presso l'azienda agricola i sedili dei tre trattori (a 11 - 15 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria: n. 1, 2, 3; il sedile migliore è quello del trattore n. 1, mentre il peggiore è quello del trattore n. 3;
- presso il costruttore il sedile del trattore n. 5 (a 6 km/h) attenua le vibrazioni secondo la seguente graduatoria relativa alle quattro dotazioni: e, b, c, a; il sedile è quindi più efficace con la dotazione e, mentre è meno efficace con la dotazione a.

Facendo riferimento ai valori SEAT (medi se presenti) rilevati durante la traslazione su strada, si può osservare che:

##### ■ strada asfaltata:

- presso l'azienda agricola i sedili dei quattro trattori (a 17 - 19 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria, valida sia senza carro sia con carro: n. 1, 2, 5, 3. Sussiste una differenza statisticamente significativa, sia senza carro sia con carro, tra i sedili dei trattori n. 1 (SEAT più bassi) e n. 3 (SEAT più alti), nonché, in presenza del carro, tra i sedili dei trattori n. 2 (SEAT più bassi) e n. 3 (SEAT più alti);
- presso il costruttore i sedili dei cinque trattori sono contraddistinti dalla seguente graduatoria:
  - n. 4, 2, 1, 3, 5 a 20 - 22 km/h; sussiste una differenza statisticamente significativa tra i sedili dei trattori n. 4, 2 (SEAT più bassi) e n. 5 (SEAT più alti);
  - n. 2, 4, 1, 5, 3 a 29 - 32 km/h; sussiste una differenza statisticamente significativa tra i sedili dei trattori n. 2 (SEAT più bassi) e n. 1, 5, 3 (SEAT più alti), nonché tra i sedili dei trattori n. 4 (SEAT più bassi) e n. 3 (SEAT più alti);
  - n. 2, 4, 5, 3, 1 a 38 - 42 km/h; sussiste una differenza statisticamente significativa tra i sedili dei trattori n. 2 (SEAT più bassi) e n. 4, 5, 3, 1 (SEAT più alti);

- presso il costruttore il sedile del trattore n. 5 attenua le vibrazioni secondo la seguente graduatoria relativa alle quattro dotazioni:
  - d, a, c, e a 20 - 21 km/h; sussiste una differenza statisticamente significativa tra le dotazioni d, a, c (SEAT più bassi) e e (SEAT più alti);
  - c, d, a, e a 29 - 31 km/h; sussiste una differenza statisticamente significativa tra le dotazioni c, d, a (SEAT più bassi) e e (SEAT più alti);
  - d, a, c, e a 38 - 41 km/h; sussiste una differenza statisticamente significativa tra le dotazioni d, a, c (SEAT più bassi) e e (SEAT più alti);
- **strada con ghiaia:**
  - presso l'azienda agricola i sedili dei quattro trattori (a 17 - 19 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria, valida sia senza carro sia con carro: n. 1, 2, 5, 3; sussiste una differenza statisticamente significativa, in assenza di carro, tra i sedili dei trattori n. 1 e 2 (SEAT più bassi) e n. 3 (SEAT più alti), nonché, in presenza di carro, tra i sedili dei trattori n. 1 (SEAT più bassi) e n. 5, 3 (SEAT più alti), nonché, sempre in presenza di carro, tra i sedili dei trattori n. 2 (SEAT più bassi) e n. 3 (SEAT più alti);
- **strada sterrata:**
  - presso l'azienda agricola i sedili dei quattro trattori (a 17 - 19 km/h) sono contraddistinti dalla seguente graduatoria:
    - senza carro: n. 1, 2, 3, 5; sussiste una differenza statisticamente significativa tra i sedili dei trattori n. 1, 2 (SEAT più bassi) e n. 3 (SEAT più alti), nonché tra i sedili dei trattori n. 3 (SEAT più bassi) e n. 5 (SEAT più alti);
    - con carro: n. 1, 2, 5, 3; sussiste una differenza statisticamente significativa tra i sedili dei trattori n. 1, 2, 5 (SEAT più bassi) e n. 3 (SEAT più alti).

Complessivamente, sia su terreno agricolo sia su strada, i sedili migliori sono quelli dei trattori n. 1 (8 casi su 12), n. 2 (3 casi), n. 4 (1 caso), mentre i peggiori sono quelli dei trattori n. 3 (8 casi su 12), n. 5 (2 casi), n. 1 e 4 (1 caso ciascuno). Le dotazioni del trattore n. 5 che rendono il sedile migliore sono la d (2 casi su 5), la a, la c e la e (1 caso ciascuno); le dotazioni che rendono il sedile peggiore sono la e (4 casi su 5) e la a (1 caso).

## A.5 CONSIDERAZIONI FINALI SUL CASO STUDIO

### A.5.1 Assi delle vibrazioni determinanti il rischio per l'operatore

Considerando le attività su terreno agricolo (aratura, erpicatura, traslazione su terreno non lavorato con attrezzo sollevato presso l'azienda agricola e presso il costruttore; cfr. par. 4.1), gli assi delle vibrazioni sul piano del sedile che determinano il rischio per l'operatore ai sensi del d.lgs. 81/2008 [51] sono l'asse trasversale (15 casi su 23) e in misura minore l'asse longitudinale (6 casi) e ancora minore l'asse verticale (2 casi). Gli assi trasversale e longitudinale sono determinanti (21 casi su 23) a causa, rispettivamente, del rollio e del beccheggio dovuti alla superficie fortemente irregolare e disuniforme su cui i trattori operano. Tali aspetti sono particolarmente evidenti per l'aratura, dove que-



ste oscillazioni rotazionali sono determinate dal fatto che le ruote anteriore e posteriore operative dentro il solco agiscono su un terreno morbido e fortemente irregolare, mentre quelle sul terreno non ancora lavorato procedono su un terreno compatto ma comunque non uniforme. Considerando la traslazione su strada (strade poderali in condizioni medio-crisi presso l'azienda agricola, asfaltata, con ghiaia, sterrata, senza carro a rimorchio e con carro; strada asfaltata in buone condizioni presso il costruttore), gli assi determinanti il rischio sono l'asse verticale (25 casi su 51) e in misura minore l'asse trasversale (15 casi) e ancora minore l'asse longitudinale (11 casi). Ciò è giustificato dal fatto che la superficie stradale è maggiormente uniforme rispetto al terreno agricolo per cui il rollio e il beccheggio risultano meno importanti; assumono invece rilevanza le vibrazioni lungo l'asse verticale come nei comuni mezzi di trasporto.

### **A.5.2 Accelerazioni determinanti il rischio e graduatorie**

L'aratura presso l'azienda agricola e il costruttore (cfr. par. 4.2), a una velocità di 4 - 7 km/h, è caratterizzata da valori determinanti il rischio elevati o molto elevati ( $0.6 - 1.1 \text{ m/s}^2$ ), non solo per le oscillazioni rotazionali cui sono sottoposti i mezzi e per il terreno fortemente disomogeneo, ma anche per la particolare lavorazione che sollecita molto i trattori, nonché per le continue correzioni sul volante effettuate dall'operatore. Queste ultime sono necessarie per controllare la direzione del mezzo il cui asse trasversale si presenta inclinato: le ruote dentro il solco operano, infatti, a un livello più basso rispetto a quelle sul terreno non lavorato. L'erpatura presso l'azienda agricola, a una velocità di 2 km/h, determina valori delle accelerazioni determinanti il rischio contenuti ( $0.2 - 0.4 \text{ m/s}^2$ ) a causa della velocità molto bassa e del terreno piano e morbido (già sottoposto ad aratura), anche se non uniforme. La traslazione su terreno non lavorato con attrezzo sollevato comporta valori determinanti il rischio elevati ( $0.9 - 1.2 \text{ m/s}^2$ ) a causa del terreno compatto e irregolare qualora tale traslazione sia affrontata a velocità sostenuta (11 - 15 km/h presso l'azienda agricola); i valori sono invece contenuti ( $0.2 - 0.3 \text{ m/s}^2$ ) se la traslazione è praticata a bassa velocità (6 km/h presso il costruttore, trattore n. 5). Nel caso della traslazione su strada asfaltata in buone condizioni presso il costruttore i valori determinanti il rischio crescono all'aumentare della velocità: da un minimo di  $0.3 \text{ m/s}^2$  a un massimo di  $0.8 \text{ m/s}^2$  passando da 20 a 40 km/h (quest'ultima è la velocità massima consentita dal Codice della Strada). A parità di velocità (17 - 19 km/h) presso l'azienda agricola, sia senza carro a rimorchio sia con carro, i valori determinanti il rischio su strada poderale con ghiaia ( $0.9 - 1.0 \text{ m/s}^2$ ) sono più elevati di quelli su strada poderale sterrata ( $0.6 - 0.8 \text{ m/s}^2$ ), che a loro volta sono più elevati di quelli su strada poderale asfaltata ( $0.3 - 0.5 \text{ m/s}^2$ ), a causa dell'entità e dalla quantità delle irregolarità superficiali. Per quanto riguarda i singoli trattori (con dotazioni tecnologiche sostanzialmente più avanzate passando dal n. 1 al n. 5), si può osservare che: a) non esiste una graduatoria assoluta dei mezzi (dotati dei propri sedili) in termini di accelerazioni determinanti il rischio; b) la graduatoria dipende dalle attività esaminate; c) i mezzi con vibrazioni più basse possono essere quelli con vibrazioni più alte in condizioni differenti; d) le accelerazioni rilevate sul piano del sedile possono essere influenzate dai movimenti e dalla postura dell'operatore. A prescindere da queste cri-

ticità, considerando tutte le 12 condizioni su terreno agricolo e su strada, emerge che il trattore n. 1 e il n. 5 (rispettivamente il meno e il più avanzato in termini tecnologici) sono i migliori (rispettivamente con 5 e 4 casi), mentre il mezzo peggiore è il n. 2 (con 5 casi). Sempre con riferimento alle accelerazioni determinanti il rischio, per quanto riguarda il trattore n. 5 esaminato con dotazioni differenti su terreno agricolo e su strada per un totale di 5 condizioni, le dotazioni migliori sono la a (ossia quella di base, a riprova delle corrette scelte del costruttore) con 3 casi e la c (ossia quella con sedile pneumatico al posto di quello semi-attivo) con 2 casi. Le dotazioni peggiori sono la d (ossia quella con distanziale rigido al posto dell'ammortizzatore a molla sul lato posteriore della cabina) con 4 casi su 5 e la b (ossia quella con cilindro idraulico sull'assale anteriore bloccato) con 1 caso. Da queste valutazioni emerge che le sospensioni svolgono un ruolo importante nel contenere le accelerazioni determinanti il rischio.

### **A.5.3 Impulsività delle accelerazioni sul piano del sedile**

Considerando l'indagine svolta in normali condizioni di lavoro presso l'azienda agricola (aratura, erpicatura, traslazione su terreno non lavorato; traslazione su strade poderali asfaltata, con ghiaia, sterrata), il fattore di cresta (ossia il rapporto tra il valore massimo di picco e il valore energetico medio dell'accelerazione, ambedue rilevati sul piano del sedile, riferiti all'intero intervallo di misura e ponderati in frequenza) è inferiore al valore 9. Durante le attività agricole fa eccezione la svolta a bordo campo (capezzagna), caratterizzata in alcuni casi da fattori di cresta leggermente superiori al valore 9: 9.7 nel caso dell'asse verticale durante l'aratura del trattore n. 3; 9.4 nel caso dell'asse longitudinale durante l'erpicatura del trattore n. 5. Tali fattori di cresta sono determinati dalle brevi e brusche manovre svolte a bordo campo (con il sollevamento dell'attrezzo) al fine di allineare il trattore alla passata successiva. I metodi di valutazione adottati nella presente indagine, basati sul valore energetico medio delle accelerazioni, sono quindi sostanzialmente validi e non sottostimano il rischio da vibrazioni.

### **A.5.4 Carro a rimorchio**

Su strade poderali, asfaltata, con ghiaia, sterrata, presso l'azienda agricola, le vibrazioni riscontrate su ciascun trattore (in termini di valore determinante il rischio sul piano del sedile e di somma vettoriale sul basamento del sedile) sono sostanzialmente analoghe tra loro, sia senza carro a rimorchio, sia con carro. La presenza o meno del carro non influisce quindi sulle vibrazioni: il carro, munito di timone a due bracci a V con occhione girevole per il gancio del trattore, non trasmette carico sui due assali del trattore (è solo trainato).

### **A.5.5 Attenuazione dei sedili e graduatorie**

I trattori esaminati montano sedili a sospensione meccanica (molla-smorzatore), pneumatica (molla ad aria-smorzatore) o semi-attiva; quest'ultima è una sospensione pneumatica la cui rigidità varia adattandosi alle condizioni operative tramite un'elettrovalvola pneumatica controllata da un sensore di posizione. I valori SEAT (rapporto tra il valore energetico medio dell'accelerazione ponderata in frequenza rilevata sul piano

del sedile lungo l'asse verticale e il corrispondente valore rilevato sul basamento) varia notevolmente: considerando tutti i trattori e le diverse condizioni, le vibrazioni verticali possono essere ridotte da un sedile a meno della metà di quelle sul basamento ( $SEAT=0.4$ ) oppure essere incrementate di quasi due volte ( $SEAT=1.9$ ). Considerando il singolo trattore e quindi il singolo sedile, i valori SEAT possono variare notevolmente: il sedile del trattore n. 5 presenta, ad esempio, valori SEAT compresi tra 0.6 e 1.9. In conclusione, i valori SEAT, che dovrebbero permettere la valutazione dell'efficacia dei sedili nell'attenuare le vibrazioni, non sono in realtà caratteristici dei sedili. La variabilità dei valori SEAT dipende: a) dal contenuto spettrale delle vibrazioni sul basamento del sedile e quindi dalle condizioni operative (velocità, irregolarità della superficie, attività, ecc.) e dalle caratteristiche del mezzo (pneumatici, sospensioni, ecc.); b) dalle regolazioni applicate al sedile dall'operatore; c) oltre che dal peso del conducente, anche dalla sua postura; d) dai movimenti autonomi e indotti dell'operatore che possono determinare accelerazioni sul piano del sedile non correlate alle accelerazioni trasmesse dal basamento. A quest'ultimo proposito, tra i movimenti autonomi vanno considerate le torsioni del tronco dell'operatore durante l'aratura e l'epicatura finalizzate al controllo della lavorazione svolta sul retro; tra i movimenti indotti vanno considerati i sobbalzi cui è sottoposto il corpo dell'operatore durante la traslazione a velocità sostenuta su superfici sconnesse. Nel caso in esame, la variabilità dei valori SEAT dipende anche dalla sostanziale coincidenza tra la frequenza di eccitazione del sedile e la sua frequenza di risonanza, per cui nell'intorno di queste frequenze piccole variazioni delle componenti delle accelerazioni possono determinare valori SEAT significativamente differenti. In conclusione, le condizioni di misura possono rendere i valori SEAT poco attendibili per la caratterizzazione dei sedili. Anche per i sedili, come del resto per i valori determinati il rischio e per i valori della somma vettoriale sul basamento non esiste una graduatoria assoluta dei sedili stessi. A prescindere da queste criticità, considerando le prove presso l'azienda agricola e presso il costruttore, sia su terreno agricolo (aratura, epicatura, traslazione su terreno non lavorato), sia su strada (strade poderali asfaltata, con ghiaia, sterrata, senza carro e con carro; strada asfaltata in buone condizioni a tre velocità di marcia), i sedili migliori sono quelli dei trattori n. 1 (meccanico, attenuazione in 11 casi su 12), n. 2 (pneumatico, attenuazione in 11 casi su 12) e n. 4 (pneumatico, attenuazione in 5 casi su 5). Queste indicazioni sono confermate dalla graduatoria dei valori SEAT: i sedili migliori sono quelli dei trattori n. 1 (8 casi su 12), n. 2 (3 casi su 12), n. 4 (1 caso su 12). Sempre considerando le prove sia su terreno agricolo sia su strada, i sedili peggiori sono quelli dei trattori n. 3 (pneumatico, amplificazione in 4 casi su 12) e n. 5 (semi-attivo, amplificazione in 16 casi su 29). Queste indicazioni sono confermate dalla graduatoria dei valori SEAT: i sedili peggiori sono quelli dei trattori n. 3 (8 casi su 12) e n. 5 (2 casi su 12). D'altra parte, nel caso del trattore n. 5 la dotazione c (ossia quella con sedile pneumatico al posto di quello semi-attivo) risulta tra le migliori, a riprova della scarsa efficacia del sedile semi-attivo. Il sedile semi-attivo del trattore n. 5, pur essendo il più costoso e sofisticato in termini tecnologici, non risulta valido nel ridurre le vibrazioni probabilmente a causa dei numerosi meccanismi di regolazione caratterizzati inevitabilmente da giochi tra i diversi organi

meccanici. La dotazione del trattore n. 5 che rende il sedile peggiore è la e con 4 casi su 5: la riduzione della pressione degli pneumatici da 1.5 a 0.6 bar determina un abbassamento della frequenza di eccitazione del sedile con conseguente minore efficacia del sedile stesso. Da evidenziare che la dotazione è la migliore per quanto riguarda la somma vettoriale delle accelerazioni sul basamento del sedile.

#### **A.5.6 Curva di trasmissibilità delle vibrazioni attraverso il sedile**

A differenza dei valori SEAT, la curva di trasmissibilità delle vibrazioni trasmesse dal basamento al piano del sedile è indipendente dal contenuto spettrale delle vibrazioni presenti sul basamento e quindi è indipendente dalle condizioni operative e dalle caratteristiche del mezzo. La curva dovrebbe essere caratteristica del sedile: in realtà, essa è influenzata, oltre che dalle regolazioni applicate al sedile dall'operatore e dal suo peso, anche dalla sua postura e dai suoi movimenti. Comunque, a differenza del valore SEAT, la curva di trasmissibilità fornisce importanti indicazioni circa il comportamento del sedile alle diverse frequenze e consente di individuare la frequenza di risonanza del sedile stesso (in corrispondenza del picco di trasmissibilità). Anche quest'ultima dovrebbe rimanere sempre la stessa, essendo propria della sospensione che caratterizza il sedile, ma, in pratica, può variare in funzione delle sopra citate variabili associate all'operatore.

#### **A.5.7 Componenti in frequenza delle accelerazioni**

Nel caso delle attività su terreno agricolo presso l'azienda agricola e presso il costruttore (aratura, erpicatura, traslazione su terreno non lavorato con attrezzo sollevato), le componenti in frequenza predominanti (si vedano le osservazioni riepilogative a termine dei prospetti riportati nella relazione) si presentano generalmente:

- sul piano del sedile, a 1 - 2.5 Hz (asse longitudinale), 0.8 - 2 Hz (asse trasversale), 1.6 - 2.5 Hz (asse verticale);
- sul basamento del sedile, a 1 - 2.5 Hz (asse longitudinale), 0.8 - 2 Hz (asse trasversale), 2 - 2.5 Hz (asse verticale).

Si può osservare che le componenti predominanti sui tre assi ortogonali si presentano, sul piano e sul basamento del sedile, sostanzialmente negli stessi intervalli di frequenza. Nel caso della traslazione su strada presso l'azienda agricola e presso il costruttore (strade poderali asfaltata, con ghiaia, sterrata, in mediocri condizioni; strada asfaltata in buone condizioni), le componenti in frequenza predominanti (si vedano le osservazioni riepilogative a termine dei prospetti riportati nella relazione) si presentano generalmente:

- sul piano del sedile, a 1.6 - 3.2 Hz (asse longitudinale), 1 - 6.3 Hz (asse trasversale), 2 - 3.2 Hz (asse verticale);
- sul basamento del sedile, a 2.5 - 6.3 Hz (asse longitudinale), 1 - 6.3 Hz (asse trasversale), 2.5 - 3.2 Hz (asse verticale).

Come in precedenza, le componenti predominanti sui tre assi ortogonali si presentano, sul piano e sul basamento del sedile, sostanzialmente negli stessi intervalli di fre-

quenza. Rispetto alle attività su terreno agricolo, la traslazione su strada è caratterizzata da intervalli di frequenza leggermente spostati verso le frequenze più alte.

#### **A.5.8 Frequenza di risonanza degli pneumatici e del sistema trattore pneumatici**

In genere la frequenza di risonanza di uno pneumatico è pari o inferiore a 2 Hz. Dai dati riportati nel precedente paragrafo, emerge che il sistema trattore montato su quattro pneumatici presenta una frequenza propria, in corrispondenza del basamento del sedile (asse verticale), di 2 - 2.5 Hz su terreno agricolo o di 2.5 - 3.2 Hz su strada. Nel caso del trattore n. 5 con dotazione e, la riduzione della pressione degli pneumatici (da 1.5 a 0.6 bar) comporta una minore rigidità del sistema. Ne consegue che la frequenza propria del trattore n. 5, in corrispondenza del basamento del sedile, si pone a 2.5 Hz con pneumatici a pressione normale e a 2 Hz con pneumatici a pressione ridotta.

#### **A.5.9 Frequenza di risonanza e di eccitazione del sedile**

Facendo riferimento alle attività su terreno agricolo presso l'azienda agricola e presso il costruttore citate in precedenza, la frequenza di risonanza dei sedili (si vedano le osservazioni riepilogative a termine dei prospetti riportati nella relazione) è di 1 - 2 Hz, contro una frequenza di eccitazione di 2 - 2.5 Hz (cfr. par. 5.11). Considerando la traslazione su strada presso l'azienda agricola e presso il costruttore citate in precedenza, la frequenza di risonanza dei sedili (si vedano le osservazioni riepilogative a termine dei prospetti riportati nella relazione) è di 0.8 - 2 Hz, contro una frequenza di eccitazione di 2.5 - 3.2 Hz (cfr. par. 5.11). Il fatto che la frequenza di risonanza del sedile sia solo leggermente più bassa della frequenza di eccitazione del sedile stesso spiega il motivo per cui il sedile non attenua le vibrazioni verticali nella misura desiderata. Spiega inoltre la variabilità dei valori SEAT: come già evidenziato a causa della sostanziale coincidenza tra la frequenza di eccitazione del sedile e la sua frequenza di risonanza, piccole variazioni delle componenti delle accelerazioni nell'intorno di queste frequenze possono determinare valori SEAT significativamente differenti.

#### **A.5.10 Sospensioni**

Dalle informazioni fornite dall'azienda costruttrice dei trattori emerge che il cilindro idraulico Ognibene, montato sull'assale anteriore dei trattori n. 4 e 5, opera come smorzatore a gas attenuando le vibrazioni in corrispondenza della frequenza di risonanza degli pneumatici ( $\leq 2$  Hz): sono così sempre garantiti il carico sulle ruote anteriori e la guidabilità del trattore in condizioni di sicurezza. Per quanto riguarda la cabina, le sospensioni in gomma (silent block assiali o bussole radiali) riducono la trasmissione delle vibrazioni sopra 16 - 18 Hz e sono impiegate in primo luogo per la riduzione del rumore che si propaga per via strutturale all'interno della cabina; le sospensioni a molla (ammortizzatori Monroe Sensatrac e Sachs) attenuano le vibrazioni a partire da 2 Hz. Nel corso dell'indagine sono state valutate le sospensioni anteriori della cabina del trattore n. 5 (bussole radiali in gomma). La curva di trasmissibilità indica un'attenuazione crescente sopra 16 Hz, sia su strada asfaltata, sia durante l'aratura, sia durante la traslazione su terreno non lavorato. Per quanto riguarda il trattore n. 5 esaminato con dotazioni differenti, le

dotazioni peggiori sono la d (ossia quella con distanziale rigido al posto dell'ammortizzatore a molla sul lato posteriore della cabina) con 4 casi su 5 e la b (ossia quella con cilindro idraulico sull'assale anteriore bloccato) con 1 caso. Ciò, sia per le accelerazioni determinanti il rischio sul piano del sedile, sia per la somma vettoriale sul basamento. Le sospensioni svolgono quindi un ruolo importante nel contenere le vibrazioni.

#### **A.5.11 Accelerazioni sulle piste a risalti**

Il trattore n. 4 è stato esaminato presso il costruttore durante la traslazione sulle due piste a risalti (cfr. par. 3.3.5). Nel caso della pista 'più liscia' percorsa a 14 km/h e nel caso della pista 'più ruvida' percorsa a 7 km/h, i valori dell'accelerazione determinante il rischio sul piano del sedile sono molto elevati, pari a  $1.3 \text{ m/s}^2$  (smoother track) e  $3.4 \text{ m/s}^2$  (rougher track). Essi si presentano sull'asse trasversale e sono dovuti al rollio dei mezzi. Tali valori sono più elevati di quelli riscontrati sullo stesso trattore n. 4 presso l'azienda agricola (aratura  $0.9 \text{ m/s}^2$ , erpicatura  $0.2 \text{ m/s}^2$ ) e presso il costruttore (traslazione su strada asfaltata  $0.4 - 0.5 \text{ m/s}^2$ ) per cui i valori sulle piste a risalti in esame (cfr. par. 2.4.2) non possono essere considerati rappresentativi delle normali attività. Nel caso delle piste a risalti, i valori della somma vettoriale delle accelerazioni sul basamento del sedile sono anch'essi molto elevati.

#### **A.5.12 Rumore**

Considerando i rilievi in normali condizioni di lavoro presso l'azienda agricola durante le attività su terreno agricolo (aratura, erpicatura, traslazione su terreno non lavorato con attrezzo sollevato) e durante la traslazione su strade poderali (asfaltata, con ghiaia, sterzata, con carro e senza carro), i livelli sonori rilevati a finestrini e portiere chiuse in corrispondenza dei due orecchi dell'operatore sono bassi nel caso dei trattori n. 4 e 5 (71 - 75 dB(A)) e relativamente bassi nel caso dei trattori n. 1 e 2 (75 - 80 dB(A)). Il trattore n. 3 presenta livelli differenti a seconda delle condizioni: bassi (74 dB(A)) nel caso della traslazione su terreno non lavorato; relativamente bassi o alti (78 - 81 dB(A)) negli altri casi. Per comprendere le differenze di rumorosità tra i trattori è necessario far riferimento, sia all'isolamento del rumore trasmesso per via aerea dall'esterno all'interno della cabina, sia all'isolamento del rumore trasmesso in cabina per via strutturale. Per quanto riguarda l'isolamento del rumore trasmesso per via aerea, vanno prese innanzitutto in esame le parti della cabina a massimo gradiente acustico: la paratia tra cruscotto e vano motore, nonché le superfici in lamiera del pavimento e dei parafanghi. Le superfici vetrate di tutti i mezzi presentano invece sostanzialmente le stesse caratteristiche per cui l'isolamento per via aerea non dovrebbe cambiare da trattore a trattore. Per quanto riguarda l'isolamento del rumore per via strutturale, esso dipende dalla rigidità della frame della cabina e delle sue pareti, nonché dalle sospensioni della cabina. Le cabine dei trattori n. 1, 2, 3, 4 sono sostanzialmente analoghe tra loro; nel caso della cabina del trattore n. 4, i parafanghi e parte del pianale sono però trattati con materiale bituminoso con caratteristiche smorzanti. I valori della rigidità dinamica della cabina aumentano passando dal trattore n. 1, ai trattori n. 2 e 3 (con trattamenti smorzanti sulle lamiere), al trattore n. 4 (con trattamenti smorzanti ancora migliori). La cabina del trattore n.

5 è diversa rispetto alle altre e presenta una rigidità dinamica molto maggiore. Queste motivazioni potrebbero essere sufficienti a spiegare la minore rumorosità dei trattori n. 4 e 5. Per quanto concerne le sospensioni della cabina, va rammentato che esse sono costituite, anteriormente da silent block assiali (trattori n. 1, 2, 4) o bussole radiali in gomma (trattori n. 3, 5) e posteriormente da silent block assiali (trattori n. 1, 2) o ammortizzatori a molla Monroe (trattori n. 3, 5) o ammortizzatori a molla Sachs (trattore n. 4). Le sospensioni in gomma attenuano a partire da 16 - 18 Hz, gli ammortizzatori a molla da 2 Hz. Va però considerato che la risposta acustica degli ammortizzatori a molla si basa sull'elemento in gomma posto all'estremità della molla stessa, per cui la risposta acustica dovrebbe essere simile a quella delle normali sospensioni in gomma. Questi aspetti, insieme alla molteplicità degli abbinamenti in esame, non consentono di ipotizzare quali siano le sospensioni migliori. Gli spettri sonori sono sempre caratterizzati dalle componenti di bassa e media frequenza. Nel caso della traslazione su strade poderali asfaltata, con ghiaia e sterrata, gli spettri sono contraddistinti da un elevato picco che raggiunge in genere 95 dB e si presenta a 25 - 31.5 Hz. Tale picco è ininfluenza in termini di livello ponderato A. Esso è del tutto assente durante l'aratura, mentre è nettamente inferiore durante l'erpicatura e la traslazione su terreno non lavorato. Il picco è dovuto al rotolamento degli pneumatici, in particolare all'impatto dei tasselli sulla superficie stradale e alla conseguente trasmissione della sollecitazione per via strutturale. Esso è elevato solo se la superficie è dura; nel caso del terreno agricolo i tasselli tendono ad affondare. Facendo riferimento alle coppie di livelli misurati in corrispondenza dei due orecchi, la differenza media in valore assoluto è di 0.7 dB(A) e la relativa deviazione standard di 0.5 dB(A). Tale differenza può essere considerata relativamente bassa considerando la variabilità delle condizioni esaminate (movimenti della testa e del tronco dell'operatore, sobbalzi, ecc.) e la differenza delle coppie di livelli riscontrata in particolari lavorazioni (ad esempio quelle svolte con smerigliatrici portatili).

## A.6 DATI DI OMOLOGAZIONE DEI TRATTORI

I costruttori di trattori devono adempiere alle richieste dei regolamenti europei che disciplinano l'omologazione dei veicoli agricoli, in particolare:

- il regolamento UE n. 167/2013 (Mother Regulation) che fissa le norme per l'omologazione e la vigilanza del mercato dei veicoli agricoli;
- il regolamento UE/1322/2014 (regolamento sulle prescrizioni in materia di costruzione dei veicoli) che detta disposizioni sulla costruzione dei veicoli e sui requisiti generali di omologazione;
- il regolamento UE/2015/96 (regolamento sulle prescrizioni in materia ambientale e di prestazione della propulsione) che concerne le prescrizioni relative alle prestazioni ambientali e delle unità di propulsione.

In particolare, il regolamento UE/1322/2014 contiene dei requisiti relativi all'esposizione del conducente a rumore e vibrazioni fissando nell'Allegato XIII i requisiti applicabili

all'esposizione del conducente al livello sonoro e nell'Allegato XIV i requisiti applicabili al sedile del conducente.

### A.6.1 Rumore al posto operatore

Le prove di rumore al posto operatore previste dal regolamento UE/1322/2014, Allegato XIII, prevedono due diversi metodi con due valori massimi di riferimento:

- 90 dB(A) in conformità al metodo 1 (prove in tutte le marce, trattore frenato e non frenato)

oppure

- 86 dB(A) in conformità al metodo 2 (una sola prova, trattore senza carico nella marcia più prossima alla velocità di 7.5 Km/h).

In entrambi i casi la velocità di riferimento è quella pari 7,5 km/h su pista in asfalto, pertanto le condizioni di prova non si riferiscono assolutamente a quelle di utilizzo durante le lavorazioni agricole, ma al massimo a quelle di trasferimento su strada (salvo possibili differenze significative sulla velocità, il carico trainato e la marcia del trattore). I test vanno effettuati (nel caso di presenza di cabina chiusa) sia con tutti i finestrini chiusi che con finestrini aperti, a condizione che non rappresentino un pericolo per la circolazione stradale. I valori di omologazione sono i massimi risultanti dai due test.

Sul manuale di istruzioni del trattore vengono riportati i valori a cabina aperta e cabina chiusa e specificato se per i test è stato utilizzato il metodo 1 o 2. Visto il limite di 90 dB(A) previsto in omologazione, è possibile che un trattore omologato provochi il superamento dei valori di azione (valore inferiore pari a 80 dB(A) e valore superiore pari a 85 dB(A)) e del limite di esposizione giornaliero di 87 dB(A) (quest'ultimo a dispositivi di protezione uditiva indossati) se utilizzato per tutto il giorno; i trattori aperti comportano sicuramente questo rischio; i trattori con cabina presentano livelli molto inferiori al limite di esposizione ma possono raggiungere e superare il valore inferiore di azione di 80 dB(A). Se vengono utilizzati con i vetri aperti i livelli possono superare i valori di azione. Per quanto riguarda i trattori oggetto dello studio descritto in precedenza, la ditta costruttrice riporta sul libretto d'uso e manutenzione due livelli sonori rilevati a cabina chiusa e aperta. In Tabella 9 vengono riportati i valori per i 5 trattori. È da notare che non tutti i dati si riferiscono ai regolamenti europei attualmente in vigore, in quanto la loro emanazione è più recente rispetto alla fabbricazione di alcuni di essi.

**Tabella 9** Valori di omologazione dichiarati dal costruttore per i 5 trattori testati (metodo 2, prova senza carico)

Trattore	1	2	3	4	5
Livello posto operatore	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
Omologazione cabina chiusa	75**	75**	74*	74*	69*
Omologazione cabina aperta	76**	76**	80*	80*	79*

\* 2009/76/EC

\*\* 1322/2014



In Figura 35 si riporta un confronto tra i dati di omologazione a cabina chiusa ed i valori di rumorosità rilevati durante le prove presso l'azienda agricola; si può notare che:

- i valori sia durante l'aratura e l'erpicoltura, sia durante la traslazione su strada asfaltata, ghiaia e sterrata sono sistematicamente più alti di quelli di omologazione;
- il trattore più silenzioso per valori di omologazione (n. 5) mantiene in tutte le tipologie di attività una minore rumorosità;
- il trattore n. 3 presenta rumorosità elevata per tutte le attività nonostante un valore di omologazione più basso dei trattori n.1 e 2.

In media si rileva un incremento di rumorosità compreso tra 2 e 4 dB(A) a seconda delle diverse operazioni in campo, anche se la dispersione dei valori per i singoli trattori è piuttosto elevata, come evidenziato in Figura 36. Si può pertanto concludere che i valori di omologazione sono indicativi della minore rumorosità dei trattori, ma che i valori non possono essere utilizzati per valutare l'esposizione degli operatori poiché sono sistematicamente inferiori a quelli riscontrati nelle condizioni di utilizzo.

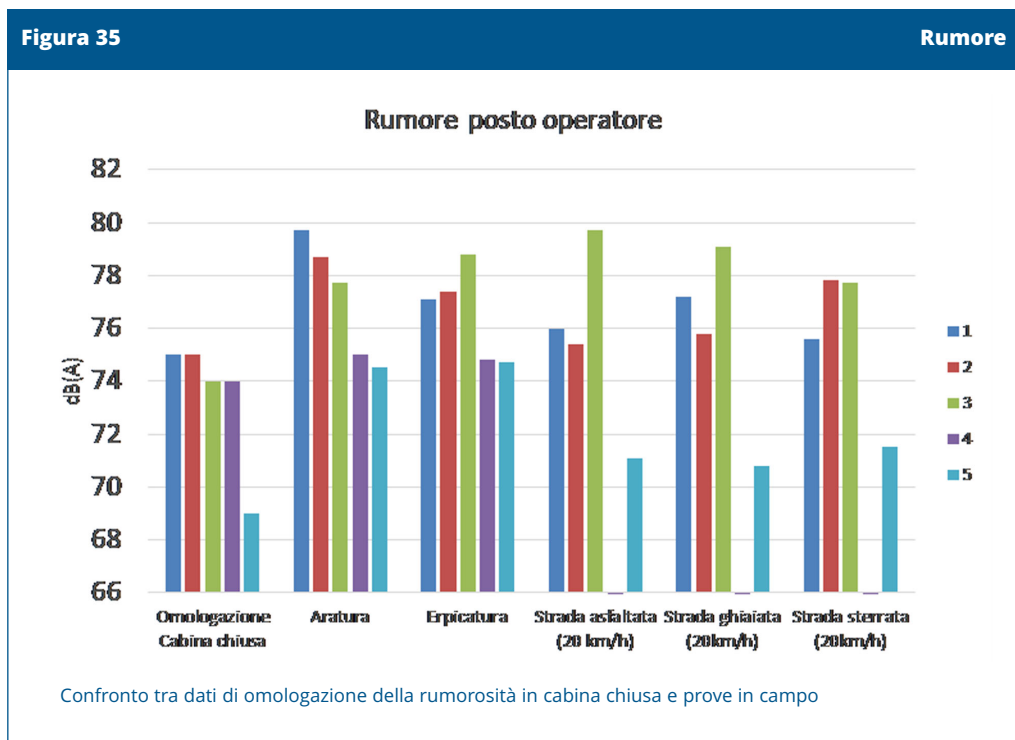
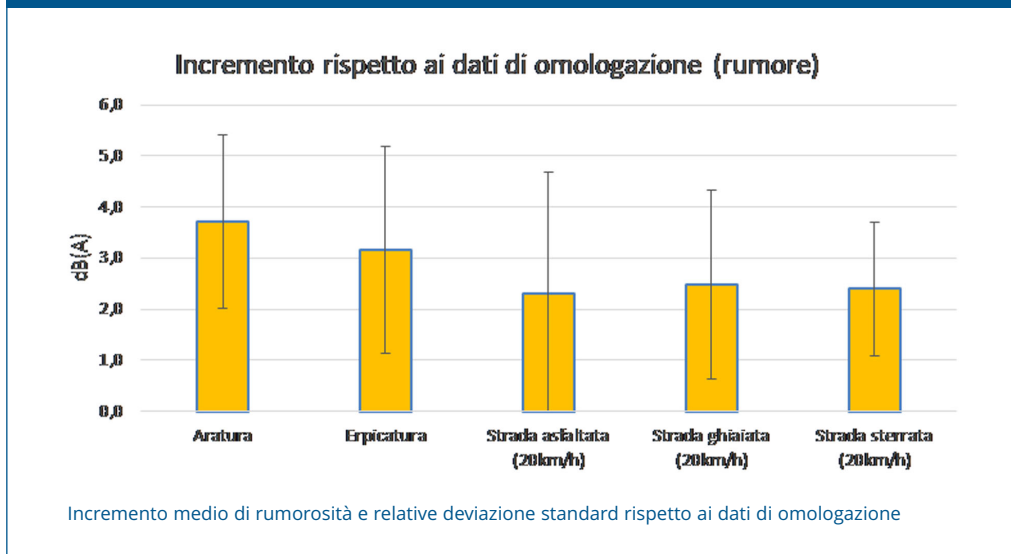


Figura 36

Rumore



Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

### A.6.2 Vibrazioni

A differenza di quanto avviene per il rumore, le prove di vibrazioni previste dal regolamento UE/1322/2014 (Regolamento sulle prescrizioni in materia di costruzione dei veicoli) non sono orientate direttamente alla valutazione dell'esposizione del conducente ma alla valutazione dei requisiti applicabili al sedile; l'Allegato XIV prescrive la misura del valore RMS dell'accelerazione ponderata della vibrazione del sedile ( $a_{ws}$ ) ed il rapporto tra il valore RMS dell'accelerazione ponderata della vibrazione misurata sul sedile ( $a_{ws}$ ) ed il valore RMS dell'accelerazione ponderata della vibrazione misurata nel punto di fissaggio del sedile ( $a_{wB}$ ). Entrambe le accelerazioni si riferiscono unicamente all'asse z. Il regolamento UE suddivide le trattrici agricole in due categorie: A e B:

- la categoria A prevede che la macchina abbia due assi con ruote o cingoli in gomma su almeno un asse e l'asse posteriore senza sospensioni ed è suddivisa in tre classi in funzione della massa a vuoto del mezzo: classe I per trattrici sino a 3.600 kg, classe II tra 3.600 e 6.500 kg e classe III oltre i 6.500 kg (*tutti i mezzi testati appartengono alla categoria A, classe II*);
- alla categoria B appartengono tutte le trattrici che non possono essere assegnate a una classe di vibrazioni della categoria A.

I sedili destinati alle trattrici di categoria A vengono provati, in laboratorio su impianti dedicati, mentre quelli per la categoria B sono provati direttamente sulle trattrici a cui saranno destinati su apposite piste normalizzate (ISO 5008), oppure provati su banco di prova pre-

via sollecitazione con un segnale di accelerazione rilevato sperimentalmente sulla pista normalizzata. I sedili sottoposti a prova per trattatrici appartenenti alla classe I sono idonei solo per le trattatrici di tale classe; i sedili sottoposti a prova delle trattatrici appartenenti alla classe II sono idonei per quelli delle classi I o II e i sedili sottoposti a prova appartenenti alla classe III sono idonei per le trattatrici delle classi II e III. Il marchio di omologazione è costituito da un rettangolo all'interno del quale è iscritta la lettera 'e' minuscola seguita dal numero distintivo dello Stato membro che ha rilasciato l'omologazione (1 per la Germania, 2 per la Francia, 3 per l'Italia e così via), da un numero di omologazione CE, corrispondente al numero della scheda di omologazione CE compilata per il tipo di sedile, e dall'indicazione del tipo di trattrice di categoria A al quale il sedile è destinato.

I sedili destinati alle trattatrici di categoria B non riportano questa indicazione. In entrambi i casi, la direttiva fissa dei valori limite pari a  $a_{ws} \leq 1,25 \text{ m/s}^2$  e  $a_{ws}/a_{wb} \leq 2$ . Nel caso della *prova effettuata al banco sul solo sedile*, vengono simulate le vibrazioni verticali che si producono nel punto di fissaggio del sedile del conducente. Le vibrazioni vengono prodotte per mezzo di un dispositivo elettroidraulico che genera una storia temporale nota di spostamenti sull'asse z della base del sedile, definita dalla normativa a seconda della classe I, II o III del trattore di categoria A, oppure rilevata sperimentalmente su un trattore di categoria B e riprodotta sul banco prova. È evidente che questo tipo di prova presenta notevoli limitazioni:

- non considera in alcun modo la presenza del trattore e la sua capacità di attutire (o amplificare) le vibrazioni attraverso le ruote ed i dispositivi antivibranti su cui è solitamente montata la cabina;
- considera una sollecitazione esclusivamente sull'asse z del sedile (asse rispetto al quale è progettata la sospensione del sedile) mentre non valuta le sollecitazioni sugli assi x e y, che sono risultati nella ricerca quelli maggiormente responsabili dell'esposizione dell'operatore durante le attività agricole;
- ricava dei valori puramente indicativi che non si riferiscono ad una misurazione reale sul trattore in condizioni operative;
- è sufficiente montare su un trattore qualsiasi un sedile con buoni valori di omologazione per fare percepire il trattore stesso come migliore rispetto al rischio di vibrazioni indotte all'operatore (in quanto i dati di omologazione si riferiscono al solo sedile).

Nel caso della *prova su pista normalizzata*, tale pista è costituita da due strisce parallele aventi una distanza tra loro pari alla carreggiata del trattore. Le strisce devono essere fatte di materiale rigido (legno o calcestruzzo), posato a blocchi in una struttura di base o avente la forma di una superficie liscia e continua. Il profilo longitudinale di ciascuna striscia è definito, rispetto a un livello di base, dalle ordinate di elevazione che figurano nelle tabelle dell'appendice 2; le misurazioni si effettuano alla velocità di  $12 \pm 0,5 \text{ km/h}$  (in Figura 39 e Figura 40) la pista di prova presso cui sono stati effettuati alcuni test durante la ricerca). Le prove devono essere effettuate con due conducenti: uno di massa totale di  $59 \pm 1 \text{ kg}$ , cinque dei quali al massimo possono essere fissati a una zavorra intorno alla vita; l'altro con una massa di  $98 \pm 5 \text{ kg}$ , otto dei quali al massimo possono essere fissati alla zavorra. Il verbale di prova deve indicare il valore RMS del-

l'accelerazione ponderata della vibrazione del sedile ( $a_{ws}$ ) per il conducente sia leggero che pesante. Esso deve inoltre precisare il rapporto il valore RMS dell'accelerazione ponderata della vibrazione misurata sul sedile ( $a_{ws}$ ) e il valore RMS dell'accelerazione ponderata della vibrazione misurata nel punto di fissaggio del sedile ( $a_{wb}$ ).

Su questo tipo di prova si possono esprimere le seguenti considerazioni:

- la prova non si riferisce ad una situazione operativa reale in campo, ma artificiale;
- la prova viene effettuata sull'intero trattore, compreso di sedile; nel caso in cui lo stesso trattore possa montare diversi sedili la prova va ripetuta con tutte le configurazioni possibili e con tutti i pneumatici previsti su veicolo;
- si considera solamente la sollecitazione sull'asse z del sedile (asse rispetto al quale è progettata la sospensione del sedile) mentre non si valutano le sollecitazioni sugli assi x e y, che sono risultati nella ricerca quelli maggiormente responsabili dell'esposizione dell'operatore durante le attività agricole.

<b>Tabella 10 Valori di omologazione <math>a_{ws}</math> dichiarati dal costruttore per i 5 trattori testati</b>					
<b>Trattore</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Vibrazioni posto operatore	[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]
In base al sedile, corporatura leggera	1.23**	0.77**	0.77**	0.77**	0.50*
In base al sedile, corporatura pesante	1.02**	0.62**	0.62**	0.62**	0.48*

\* 78/764/EEC

\*\* 1322/2014

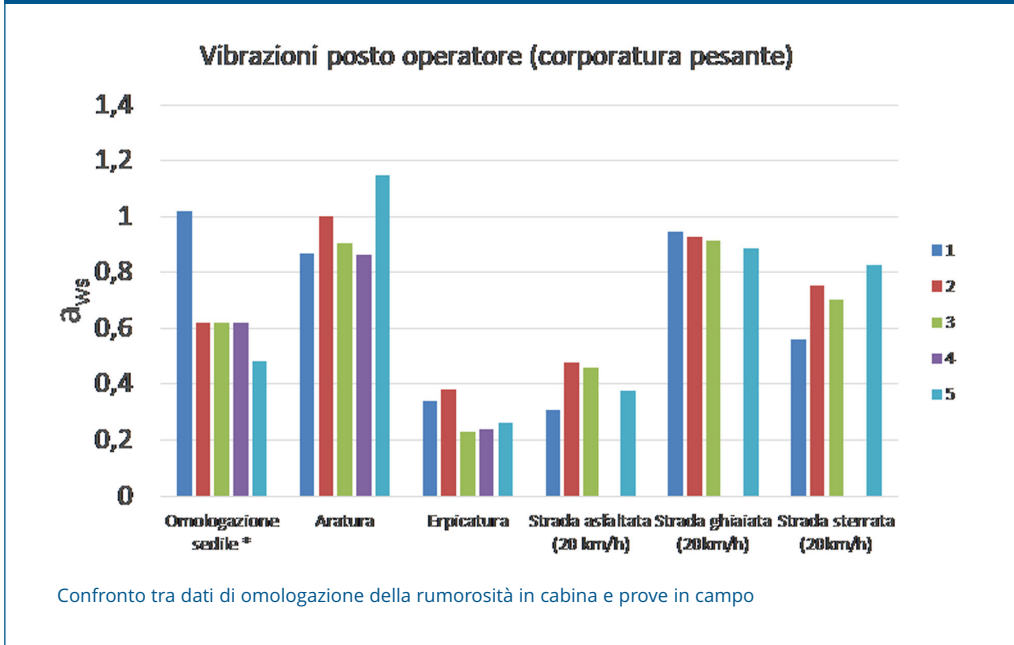
Come consentito dal regolamento UE/1322/2014, in Italia le ditte costruttrici di trattori agricole si sono accordate in sede UNACOMA Italia (associazione costruttori macchine agricole) per dichiarare i valori relativi alla procedura di prova sul sedile per tutti i trattori di categoria A. In Tabella 10 vengono riportati i valori di omologazione dichiarati dal Costruttore per i 5 trattori oggetto della ricerca. È da notare che non tutti i dati si riferiscono ai regolamenti europei attualmente in vigore, in quanto la loro emanazione è più recente rispetto alla fabbricazione di alcuni di essi.

In Figura 37 si riporta un confronto tra i dati di omologazione (corporatura pesante, rilevati sull'asse z) ed i valori di accelerazione determinante il rischio (relativi all'asse con valore più elevato) rilevati durante le prove presso l'azienda agricola; si può notare che:

- i valori in campo sono sistematicamente più alti di quelli di omologazione per alcune operazioni, quali l'aratura ed il trasferimento su strada ghiaia;
- il trattore con migliore valore di omologazione (n. 5) presenta in aratura il peggiore valore determinante il rischio;
- il trattore n. 1, nettamente peggiore degli altri come dato di omologazione, presenta in realtà valori determinanti il rischio comparabili con gli altri, se non addirittura migliori in alcuni casi.

Figura 37

Vibrazioni

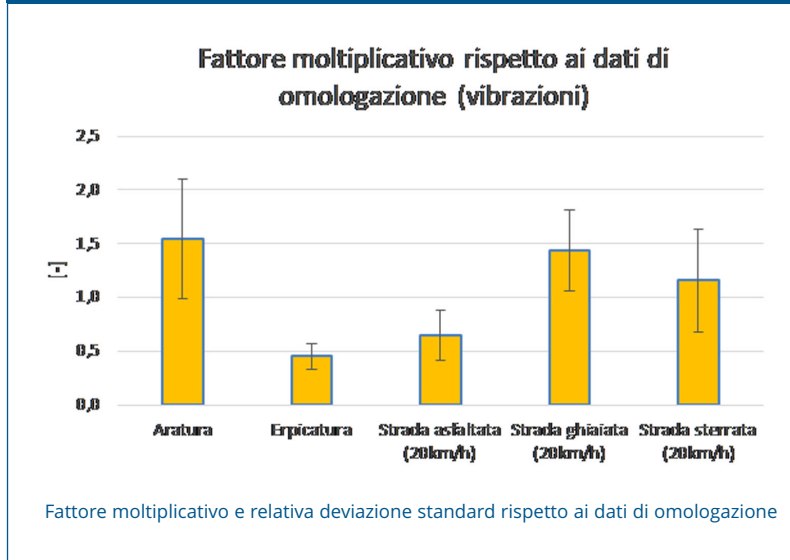


Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

In media si rileva un coefficiente moltiplicativo compreso tra 0,5 (dimezzamento) e 1,5 (incremento del 50%) a seconda delle diverse operazioni agricole, anche se la dispersione dei valori per i singoli trattori è piuttosto elevata, come evidenziato in Figura 38 dalla deviazione standard. Per i trattori oggetto dello studio non sono stati forniti dal costruttore i valori di omologazione secondo la procedura di prova su pista. Durante la ricerca, sul trattore n. 4, tale test è stato effettuato e pertanto è possibile confrontare il livello di omologazione ottenibile con i due metodi (riferiti all'asse z) con i livelli determinanti il rischio di alcune operazioni caratteristiche (Figura 39).

Figura 38

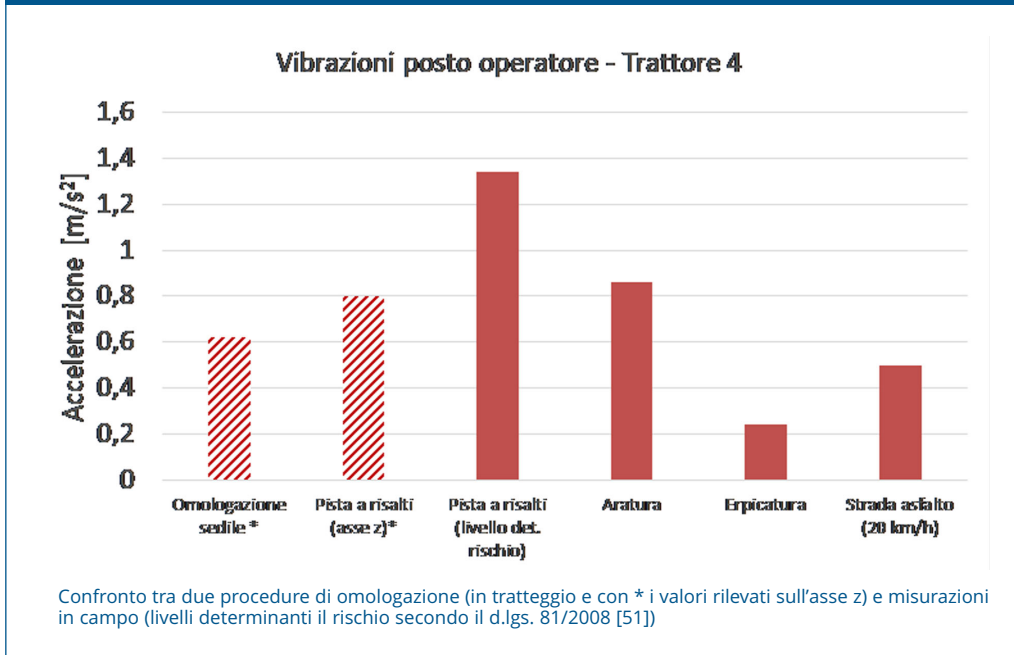
Vibrazioni



Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

Figura 39

Vibrazioni



Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

Come si può notare la prova su pista a risalti presenta sull'asse z valori più alti di quelli rilevati sul sedile testato sul banco prova. Il valore di omologazione del sedile ottenuto su banco prova risulta inferiore al valore determinante il rischio rilevato in aratura, maggiore rispetto alla condizione di erpicatura e di traslazione su strada d'asfalto in buone condizioni (pista di prova del costruttore). Il valore di omologazione su pista a risalti risulta simile al valore determinante in rischio rilevato in aratura, maggiore rispetto alla condizione di erpicatura e di traslazione su strada d'asfalto in buone condizioni (pista di prova del costruttore). Sulla pista a risalti, se si considerano i livelli determinanti il rischio si ottengono valori molto superiori alla condizione più critica dal punto di vista vibrazionale come quella dell'aratura. Si può pertanto concludere che i valori di omologazione dei sedili non sono indicativi dell'esposizione alle vibrazioni degli operatori dei trattori, e che i valori non possono essere utilizzati per valutare l'esposizione degli operatori poiché non possono rappresentare le diverse condizioni di utilizzo. D'altra parte, il metodo alternativo di prova su pista risalti ha fornito per il trattore in prova (n. 4) valori comparabili a quelli rilevati in aratura, anche se la determinazione avviene con una misura sull'asse z quando nelle condizioni di utilizzo gli assi determinanti il rischio sono frequentemente l'asse x e y. Se invece si considerano i valori determinanti il rischio rilevati sulla pista a risalti, essi sono eccessivamente alti rispetto a quanto rilevato sul trattore durante operazioni agricole, segno che la sollecitazione applicata al trattore dalla pista a risalti è eccessiva, o a causa della velocità molto elevata (12 km/h, mentre in aratura si procede a velocità molto inferiori) oppure a causa della dimensioni dei risalti e della loro natura rigida (il terreno su cui opera il trattore è sicuramente deformato dal passaggio del trattore stesso). In ogni caso una revisione delle caratteristiche della pista a risalti e delle modalità di prova potrebbe portare a risultati maggiormente significativi rispetto a quelli rilevati in condizioni operative.

## A.7 I VALORI DI ESPOSIZIONE SUI TRATTORI NEL DATABASE DEL PAF

### A.7.1 Rumore al posto operatore

Il Portale agenti fisici (PAF) in riferimento al rumore, sottolinea quanto segue: 'la banca dati contiene i valori  $L_{eq}$  (dB(A)) (Livello equivalente di pressione sonora) e  $L_{wa}$  (dB(A)) (Livello di potenza sonora) dichiarati dai costruttori in conformità alle vigenti norme in materia (direttiva macchine e/o specifiche normative)'.

Essa contiene altresì dati misurati in campo secondo gli specifici protocolli scaricabili dalla sessione del PAF 'materiali per la fornitura dati'.

Tali dati possono essere usati:

- nell'ambito della valutazione del rischio rumore per rispondere a quanto prescritto dall'art. 190 ' valutazione del rischio ' che prevede che la valutazione del rischio tenga in debito conto in particolare di:
  - art. 190 c) l'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre l'emissione di rumore: tale elemento deve essere preso in esame già in sede di valutazione del rischio;

- art. 190 f) le informazioni sull'emissione di rumore fornite dai costruttori dell'attrezzatura di lavoro in conformità alle vigenti disposizioni in materia;
- qualora in campo si riscontrino valori significativamente maggiori dei valori dichiarati dal produttore può ipotizzarsi una situazione di non conformità del macchinario alle condizioni ottimali previste dal costruttore, ad esempio cattive condizioni manutentive ovvero malfunzionamento di protezioni acustiche previste dal costruttore: la valutazione del rischio dovrà conseguentemente prevedere le opportune azioni idonee a tenere sotto controllo i fattori che determinano il peggioramento della rumorosità prodotta dal macchinario;
- ai fini della valutazione dell'esposizione prevista all'art.190 a) solo qualora questa risulti inferiore ad 80 dB(A), e quindi non sia previsto l'obbligo di misurazioni strumentali;
- per una stima preliminare dell'entità dei livelli di rumorosità che possono essere riscontrabili nei luoghi di lavoro ove sono utilizzati specifici macchinari;
- per ottemperare a quanto prescritto nell' art. 192 - Misure di prevenzione e protezione:  
(...) il datore di lavoro elimina i rischi alla fonte o li riduce al minimo mediante le seguenti misure:
  - adozione di altri metodi di lavoro che implicano una minore esposizione al rumore;
  - scelta di attrezzature di lavoro adeguate, tenuto conto del lavoro da svolgere, che emettano il minor rumore possibile, inclusa l'eventualità di rendere disponibili ai lavoratori attrezzature di lavoro conformi ai requisiti di cui al Titolo III, il cui obiettivo o effetto è di limitare l'esposizione al rumore.

Per quanto riguarda i trattori gommati, il PAF contiene dati rilevati in condizioni operative relativi a pochissimi modelli di trattore (10), unicamente in condizioni di trasferimento scarsamente definite (in 4 casi asfalto/terra battuta, in 6 casi terra battuta/strada bianca, con velocità indicata come *moderata* o *veloce*). Nella Tabella 11 viene riportato un confronto tra i valori medi di  $L_{Aeq}$  calcolati dai dati del PAF e quelli rilevati sperimentalmente sui trattori oggetto del Caso studio, unitamente alle rispettive deviazioni standard.

**Tabella 11** Confronto tra i dati di rumorosità medi al posto operatore per i trattori inseriti nel database rumore del PAF e quelli rilevati sui trattori analizzati

	PAF		Misure sperimentali (caso studio)		
	Asfalto Terra battuta	Terra battuta Strada bianca	Asfalto	Terra battuta	Strada bianca
$L_{Aeq}$ [dB(A)]	70.4	74.9	75.6	75.7	75.7
St.Dev.	2.4	2.0	3.5	2.9	3.6

Come si può notare sia i livelli medi rilevati sperimentalmente che riportati nel PAF sono inferiori ad 80 dB(A), e quindi escludono la presenza di rischio da esposizione al



rumore. Essi però si riferiscono a trattori con cabina chiusa testati a finestrini chiusi, pertanto in condizioni diverse (finestrini aperti o trattori senza cabina) i livelli sonori potrebbero superare notevolmente 80 dB(A). Per quanto riguarda le differenze tra PAF e misure sperimentali, esse sono trascurabili per le misure su strada bianca e terra battuta (circa 75 - 76 dB(A)) mentre sono maggiori per trasferimento su asfalto (i valori del PAF, per quanto numericamente limitati, presentano livelli inferiori di circa 5 dB(A) rispetto a quelli misurati sperimentalmente. È da sottolineare che nel PAF mancano completamente dati relativi ad altre tipologie di lavorazione, quali aratura o erpicatura, che sperimentalmente sono risultati per alcuni trattori più alti rispetto alle condizioni di trasferimento e possono essere più importanti per la durata dell'esposizione.

### A.7.2 Vibrazioni

Il d.lgs. 81/2008 [51] prevede, all'art. 202 comma 2, la possibilità che l'accelerazione prodotta da un veicolo venga stimata per tre diverse vie, ovvero utilizzando:

- misure sperimentali;
- informazioni fornite dal costruttore;
- informazioni reperite in banche dati.

Sul documento Inail 'La valutazione del rischio vibrazioni' si riportano al paragrafo 2.4 le possibili procedure per procedere a tale valutazione:

Sulla base dell'interpretazione resa dal Coordinamento tecnico delle Regioni e delle Province autonome, si può stabilire che la procedura da seguire su questo tema sia la seguente:

- a) si ricercano, all'interno di una banca dati, le informazioni relative alle accelerazioni dei diversi veicoli. I dati possono essere utilizzati a patto che essi descrivano le reali condizioni di rischio relativamente a:
  - modello e utilizzo dell'attrezzatura;
  - manutenzione dell'attrezzatura;
  - disponibilità di tutti gli elementi utili per una eventuale bonifica del rischio.
- b) Qualora l'opzione a) non sia percorribile, si utilizzano le informazioni relative alle accelerazioni dei diversi utensili/veicoli fornite dal costruttore. I dati possono essere utilizzati a patto che:
  - siano disponibili fattori correttivi (se richiesti);
  - l'attrezzatura sia in buone condizioni di manutenzione;
  - essi contengano gli elementi utili per una eventuale bonifica del rischio.
- c) Qualora né l'opzione b) né l'opzione c) risultino percorribili, vanno eseguite misure.

In quanto 'metodo di riferimento', va fatto ricorso a misure in tutti i casi dubbi o controversi o che abbisognano di particolare precisione nel calcolo dell'esposizione, ed in generale nei casi elencati nel documento del Coordinamento tecnico delle Regioni e Province autonome e di seguito riportati:

- situazioni espositive nelle quali, non potendo giustificare, non sono disponibili né dati pertinenti in BDV (banca dati vibrazioni) né valori forniti dal fabbricante;

- attrezzature di lavoro per le quali i dati del fabbricante siano in palese disaccordo (ed in particolare sottostimano) con i dati misurati riportati in BDV;
- attrezzature di lavoro i cui libretti di istruzione riportino valori di accelerazione senza riferirsi ad alcuna normativa CEN o a normativa CEN non pertinente al macchinario stesso;
- contenziosi sull'attendibilità dei livelli di esposizione;
- valutazione dei livelli di esposizione per indagini su presunte malattie professionali.

Il suddetto documento afferma anche che la misurazione delle vibrazioni serve anche per verificare se il programma di manutenzione del parco macchine (es.: sedili, ammortizzatori, attrezzi di lavoro collegati) è efficace e nel caso ridefinirne programmazione e specificità.

In generale una banca dati di vibrazioni (BDV) dovrebbe avere lo scopo di garantire un'agevole reperibilità dei valori di accelerazione prodotti da una notevole quantità di macchinari, i quali possono essere utilizzati per:

- verificare il rispetto o il superamento dei valori soglia di legge e assegnare la corretta classe di rischio;
- verificare la compatibilità del macchinario con il valore limite di esposizione su tempi brevi, con potenziale esclusione dal mercato di attrezzature con eccessivi livelli di vibrazione, ovvero tali da produrre un superamento dei valori limite di esposizione per periodi brevi;
- consentire ai datori di lavoro, ed ai loro consulenti, di orientarsi, in fase di acquisto di nuovi macchinari, verso attrezzature che producano il minore livello di vibrazioni, a parità di prestazioni offerte;
- favorire il più possibile l'attuazione immediata di interventi di riduzione del rischio alla fonte.

Infine, avendo il costruttore l'obbligo di valutare in sede progettuale lo 'stato dell'arte' delle vibrazioni prodotte da macchinari della stessa famiglia (art. 1.5.9 della direttiva macchine), una BDV ha l'ulteriore compito di poter essere utilizzata come riferimento di dati comparativi di valori di vibrazioni emessi da macchine simili. Tra le BDV esistenti, l'unica che attualmente soddisfa i requisiti richiesti dal d.lgs. 81/2008 [51], art. 202 comma 2, è quella riportata nel Portale agenti fisici (PAF).

Il PAF (Portale agenti fisici) è uno strumento realizzato e gestito dal Laboratorio di sanità pubblica dell'azienda Usl Toscana Sud Est insieme con il Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale (Laboratori Rischio agenti fisici ed Ergonomia e fisiologia) dell'Inail e con la collaborazione dell'azienda Usl di Modena. Il fine del PAF è quello di mettere a disposizione uno strumento informativo che orienti gli attori aziendali della sicurezza e gli operatori della prevenzione ad una risposta corretta ai fini della prevenzione e protezione da agenti fisici. Sicuramente uno dei più importanti aspetti del PAF è quello di ospitare la BDV alla quale è possibile fare ricorso, ai sensi del d.lgs. 81/2008 [51], art. 202, per ottenere una stima dell'accelerazione alla quale risulta esposto un lavoratore e per redigere, quindi, la valutazione del rischio da

vibrazioni. Il contenuto principale della BDV del PAF è rappresentato dai dati misurati in campo. Il valore riportato nella BDV rappresenta il valor medio di almeno tre misure ripetute sullo stesso utensile/veicolo nella condizione operativa indicata nella scheda. Fermo restando che le stime di rischio effettuate mediante misurazione in campo vanno effettuate da personale qualificato e con attrezzature e metodologie adeguate, si segnala che queste rappresentano generalmente una stima più precisa dell'effettiva esposizione del lavoratore. Accanto ai dati ottenuti mediante misure in campo, la BDV del PAF riporta anche i dati forniti dal costruttore dell'attrezzatura, che rappresentano l'elemento cardine del percorso alternativo per la stima dell'esposizione a vibrazioni. La consultazione della BDV del PAF è dotata di un apposito filtro di ricerca (uno per le HAV ed uno per le WBV) che consente all'utente di filtrare i dati relativi a ciascuna tipologia di macchinario in funzione di diversi parametri (come ad esempio il valore di emissione dichiarato o misurato) e di ordinarli in funzione del valore dei parametri stessi. Una volta identificato l'utensile (HAV) o il veicolo (WBV) che si vuole visualizzare si può accedere alla cosiddetta 'scheda macchinario' che fornisce due tipologie di dati e cioè i valori di accelerazione dichiarati dal produttore e quelli misurati in campo.

### Dati dichiarati dal costruttore

Per un macchinario certificato secondo standard EN/ISO pubblicati fino al 2007, la BDV riporta quanto obbligatoriamente richiesto dalla vecchia direttiva macchine ovvero:

- il valore quadratico medio ponderato dell'accelerazione;
- il riferimento allo standard di prova seguito (norma armonizzata) o una descrizione delle condizioni operative di misura.

Per un macchinario certificato secondo standard EN/ISO pubblicati dal 2008 in poi, la BDV riporta quanto obbligatoriamente richiesto dalla nuova direttiva macchine ovvero:

- il massimo dei valori assiali di accelerazione per ogni singola condizione operativa;
- l'incertezza di misura K;
- il riferimento allo standard di prova seguito (norma armonizzata) o una descrizione delle condizioni operative di misura.

### Dati misurati in campo

Per ogni misura acquisita in campo, la BDV 'corpo intero' mostra una scheda che contiene i valori di accelerazione misurati in campo sui tre assi  $a_{wx}$ ,  $a_{wy}$ ,  $a_{wz}$  e l'associato valore massimo assiale.

Non possono essere utilizzati i dati forniti misurati in campo riportati nella presente BDV 'corpo intero' se:

- il macchinario non è usato nelle condizioni operative indicate nella scheda descrittiva delle condizioni di misura della BDV;
- il macchinario non è in buone condizioni di manutenzione;
- i sedili sono rotti o in cattive condizioni di manutenzione;
- i sedili regolabili in peso non sono regolati in maniera adeguata dal lavoratore o se il sistema di regolazione è rotto;

- i pneumatici e gli ammortizzatori non sono in buone condizioni di manutenzione;
- il macchinario non è uguale a quello indicato in BDV (differente marca e modello);
- sono presenti differenti caratteristiche del fondo stradale, velocità di guida, tipologia di sedili montati che possono incidere sui livelli di esposizione prodotti da macchinari, anche se dello stesso tipo.

Per il caso studio in esame, si sono cercati all'interno del BDV del PAF dati relativi ai trattori testati. Purtroppo, nessuno di essi risulta incluso all'interno delle schede macchinario, pertanto a rigore nessun dato del PAF è utilizzabile per una eventuale valutazione del rischio da vibrazioni. Occorre inoltre osservare che, qualora uno dei trattori fosse inserito, non sarebbe specificato nel PAF la tipologia di sedile installato (per alcuni modelli possono essere installati diversi sedili) e difficilmente sarebbero disponibili tutte le condizioni operative riscontrabili in campo per quell'operatore ed il relativo sito di lavoro.

Per valutare lo stato dell'arte delle vibrazioni prodotte da trattori analoghi a quelli testati, si è effettuata una analisi statistica sulle schede macchinario relative a trattori. L'analisi è stata condotta su tutti i trattori gommati presenti nel BDV del PAF; è da notare che nelle schede per molti trattori manca l'informazione sul peso a vuoto del trattore (campo presente ma non compilato) pertanto la restrizione alla categoria A-classe II non è stata possibile.

Per i trattori si sono esaminate le condizioni di prova coerenti con i test effettuati (aratura, erpicatura, trasferimento su strada asfaltata e terra battuta/strada bianca).

Da notare che nelle schede macchinario non è riportata la velocità di prova ma nei trasferimenti la sola indicazione *veloce* o *moderata*. I dati sono stati analizzati accorpando le due tipologie di velocità. Per i trasferimenti, sono stati inclusi nell'analisi le prove con vari macchinari/attrezzi montati sul trattore o trainati, quali ad esempio atomizzatore, benna, pacciamatore, rimorchio.

Il risultato finale dell'esposizione associata al macchinario è rappresentato dal valore  $a_{wmax}$  (che somma al valor medio rilevato la deviazione standard dei test effettuati moltiplicata per 1,645). Questo valore è indicato dal PAF come quello da utilizzarsi per la valutazione dell'esposizione dell'operatore ed il confronto con i livelli di azione e limiti di esposizione forniti dalla normativa.

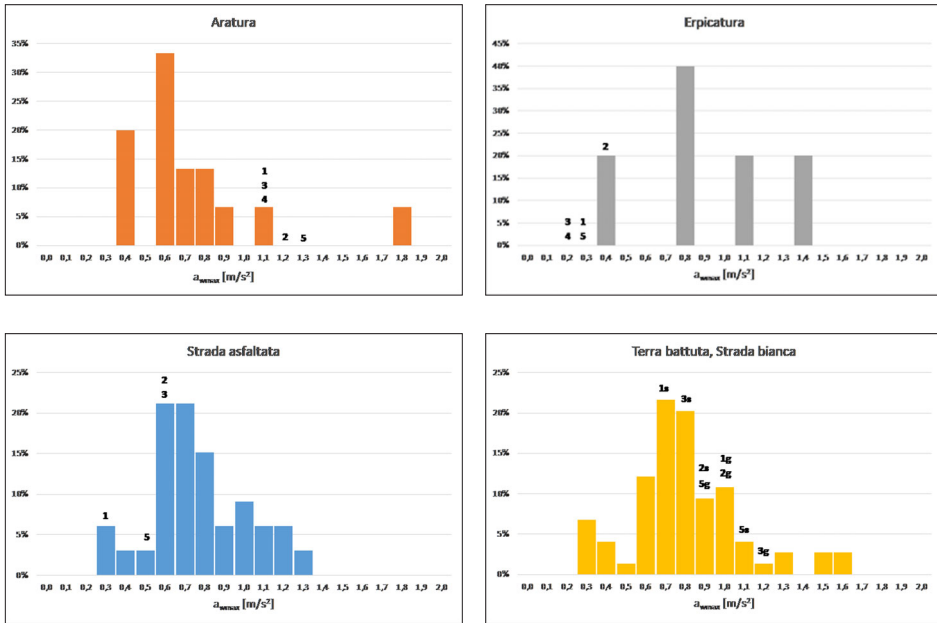
In Tabella 12 viene riassunto il numero di trattori analizzati presenti nel BDV per ciascuna operazione, a fianco viene riportato il valore medio  $a_{wmax}$  e la deviazione standard calcolata su tutti i trattori inseriti nel PAF. Nella colonna a fianco vengono anche riportati i valori medi di  $a_{wmax}$  e relativa deviazione standard rilevati sperimentalmente sui trattori oggetto del caso studio. Per uniformità con i dati del BDV, i valori  $a_{wmax}$  sono stati calcolati sommando ai valori medi misurati la relativa deviazione standard, moltiplicata per 1,645.

	PAF			Misure sperimentali (caso studio)		
	Numero	Valore medio $a_{wmax}$ [m/s <sup>2</sup> ]	Dev.st $a_{wmax}$ [m/s <sup>2</sup> ]	Numero	Valore medio $a_{wmax}$ [m/s <sup>2</sup> ]	Dev.st $a_{wmax}$ [m/s <sup>2</sup> ]
Aratura	15	0.7	0.4	5	1.1	0.1
Erpicazione	2.4	0.9	0.4	5	0.3	0.1
Trasferimento su strada asfaltata	33	0.8	0.3	4	0.5	0.1
Trasferimento su strada asfaltata in terra battuta/strada bianca	74	0.8	0.3	4	1.0	0.2

In Figura 40 vengono illustrate le distribuzioni probabilistiche per ciascuna operazione analizzata, relativa ai dati forniti dal PAF. I dati sono stati suddivisi in categorie di passo 0,1 m/s<sup>2</sup> e l'occorrenza è indicata in percentuale rispetto a tutti i dati disponibili. I numeri indicati in grassetto posizionano nella categoria i diversi trattori testati, come da numerazione già presentata.

Figura 40

## Distribuzioni probabilistiche



Distribuzioni probabilistiche per ciascuna operazione analizzata, relativa ai dati forniti dal PAF; i numeri indicati in grassetto posizionano nella categoria i diversi trattori testati, come da numerazione già presentata

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Ingegneria

Come si può notare non si possono trarre considerazioni univoche sul rapporto tra i valori riscontrabili nel PAF e quelli sperimentali; ad esempio, in aratura i valori misurati sono mediamente più alti di quelli del BDV, quelli per erpicatura e trasferimento su strada asfaltata più bassi, quelli per trasferimento su terra battuta e strada bianca sono piuttosto simili. In sostanza rispetto al caso studio di può concludere che:

- il database presente nel PAF non include nessuno dei modelli testati, e questo rappresenta un notevole limite nel suo potenziale utilizzo;
- risulta difficile scegliere trattori di categoria simile in quanto uno dei dati principali (il peso a vuoto) viene riportato in poche schede macchinario;
- i dati presenti nel PAF sono caratterizzati, a parità di operazione, da una elevata variabilità, probabilmente funzione del tipo di trattore, del tipo di sedile e delle diverse caratteristiche della lavorazione effettuata;
- i valori medi rilevabili dai dati del PAF sono in alcuni casi molto diversi da quelli rilevati sui trattori (in alcuni casi questi ultimi sono inferiori, in altri superiori).

A termine va sottolineato che le vibrazioni sui trattori agricoli dipendono da molteplici parametri, quali le caratteristiche del terreno o della superficie di traslazione, le condizioni di usura e di manutenzione del mezzo e del sedile, la velocità di marcia, il tipo di attrezzo a traino, la profondità di lavorazione, il peso e la postura dell'operatore, le modalità di guida, ecc. Come si può facilmente intuire, alcuni di questi parametri sono difficilmente definibili.

## A.8 CONCLUSIONI

Dal caso studio si è evidenziato che per i trattori agricoli si è in presenza di rischi per l'esposizione a rumore e vibrazioni per il corpo intero. Per quanto riguarda il rumore, l'indagine si è limitata a trattori con cabina chiusa, ed in queste condizioni si è rilevato un rischio scarso o nullo con livelli generalmente inferiori a 80 dB(A). Occorre comunque sottolineare che la situazione può cambiare nel caso molto comune in cui i trattori a cabina chiusa vengano utilizzati con finestrini aperti, e soprattutto nel caso di trattori a cabina aperta, piuttosto diffusi in Italia. Nel caso delle vibrazioni i livelli di rischio rilevati sono invece superiori ai livelli di azione ( $0,5 \text{ m/s}^2$ ) e a quelli limite ( $1,0 \text{ m/s}^2$ ), pertanto il rischio vibrazioni è sicuramente presente per utilizzi orari prolungati durante la giornata lavorativa. Risulta molto complesso poter valutare l'esposizione giornaliera relativa all'utilizzo di un trattore agricolo, in quanto si è visto che i livelli di accelerazione dipendono fortemente dal tipo di attività svolta dal trattore, oltre che dalle sue caratteristiche tecniche e dalla tipologia di sedile. Inoltre, occorre considerare che l'esecuzione di molte operazioni è fortemente stagionale e la loro durata varia a seconda dell'azienda agricola nella quale opera il trattore stesso. Per quanto riguarda i dati di omologazione disponibili per i trattori agricoli, si è evidenziato che quelli relativi al rumore si riferiscono a condizioni di trasferimento su strada piuttosto particolari (velocità di 7,5 km/h, regime di rotazione del motore elevato, carico trainato) e forniscono livelli mediamente inferiori alle condizioni operative; per quanto riguarda le vibrazioni, si riferiscono ai livelli di vibrazione rilevati sul solo asse z sul sedile testato su banco prova, ed hanno una scarsa consistenza con i valori misurati sui trattori in campo. Infine, per quanto riguarda il potenziale utilizzo dei dati delle schede macchinario presenti sul PAF, si è riscontrata l'impossibilità di trovare i trattori oggetto dello studio e la difficile correlazione tra i dati riportati per altri trattori con le misure sperimentali rilevate durante lo studio. Vista la peculiarità del problema e la sua difficile determinazione in sede previsionale, ed alla luce dei costi comunque elevati di questi macchinari, una possibile soluzione potrebbe risiedere nella installazione di un dosimetro di vibrazioni all'interno del sedile, che possa contabilizzare per ciascun operatore che utilizza il trattore la rispettiva dose ed evidenziare eventualmente la necessità di pause in caso del suo superamento.

## B NORME TECNICHE

### B.1 ELENCO NORME TECNICHE RUMORE

**UNI EN 12549:** 2009 - Acustica - Procedure per prove di rumorosità degli utensili per l'inserimento di elementi di fissaggio - Metodo tecnico progettuale.

**UNI EN ISO 11200:** 2014 - Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Linee guida per l'uso delle norme di base per la determinazione dei livelli di pressione sonora al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni.

**UNI EN ISO 11201:** 2010 - Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Determinazione dei livelli di pressione sonora di emissione al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni in campo sonoro praticamente libero su un piano riflettente con correzioni ambientali trascurabili.

**UNI EN ISO 11202:** 2010 - Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Determinazione dei livelli di pressione sonora di emissione al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni applicando correzioni ambientali approssimate.

**UNI EN ISO 11203:** 2009 - Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Determinazione dei livelli di pressione sonora al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni sulla base del livello di potenza sonora.

**UNI EN ISO 11204:** 2010 - Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Determinazione dei livelli di pressione sonora di emissione al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni applicando correzioni ambientali accurate.

**UNI EN ISO 11205:** 2009 - Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Metodo tecnico progettuale per la determinazione dei livelli di pressione sonora in opera al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni mediante il metodo intensimetrico.

**UNI EN ISO 11689:** 1998 - Acustica - Procedura per la comparazione dei dati di emissione sonora per macchine ed apparecchiature.

**UNI EN ISO 11688-1:** 2009 - Acustica - Suggerimenti pratici per la progettazione delle macchine e delle apparecchiature a bassa emissione di rumore - Parte 1: Pianificazione.

**UNI EN ISO 11688-2:** 2002 - Acustica - Suggerimenti pratici per la progettazione di macchine ed apparecchiature a bassa emissione di rumore - Parte 2: Elementi di fisica per la progettazione a bassa emissione.

**UNI EN ISO 12001:** 2009 - Acustica - Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature - Regole per la stesura e la presentazione di una procedura per prove di rumorosità.



**UNI EN ISO 1680:** 2014 - Acustica - Procedura per prove di misurazione del rumore aereo emesso dalle macchine elettriche rotanti.

**UNI EN ISO 2151:** 2008 - Acustica - Procedura per prove di rumorosità di compressori e pompe per vuoto - Metodo tecnico progettuale (grado 2).

**UNI EN ISO 3740:** 2002 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore - Linee guida per l'uso delle norme di base.

**UNI EN ISO 3741:** 2010 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodi di laboratorio in camere riverberanti.

**UNI EN ISO 3743-1:** 2010 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodi tecnici progettuali in campo riverberante per piccole sorgenti trasportabili - Parte 1: Metodo di comparazione per camere di prova a pareti rigide.

**UNI EN ISO 3743-2:** 2009 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore utilizzando la pressione sonora - Metodi tecnici progettuali in campo riverberante per piccole sorgenti trasportabili - Parte 2: Metodi in camere riverberanti speciali.

**UNI EN ISO 3744:** 2010 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodo tecnico progettuale in un campo essenzialmente libero su un piano riflettente.

**UNI EN ISO 3745:** 2017 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodi di laboratorio in camere anecoica e semi-anecoica.

**UNI EN ISO 3746:** 2011 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodo di controllo con una superficie avvolgente su un piano riflettente.

**UNI EN ISO 3747:** 2011 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodi tecnico progettuale/ controllo per applicazioni in opera in un ambiente riverberante.

**UNI EN ISO 4871:** 2009 - Acustica - Dichiarazione e verifica dei valori di emissione sonora delle macchine e delle apparecchiature.

**UNI EN ISO 7779:** 2010 - Acustica - Misurazione del rumore aereo emesso dalle apparecchiature informatiche e di telecomunicazione.

**UNI EN ISO 9295:** 2015 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora ad alta frequenza emesso dalle macchine e apparecchiature.

[UNI EN ISO 9614-1](#): 2009 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante il metodo intensimetrico - Parte 1: Misurazione per punti discreti.

[UNI EN ISO 9614-2](#): 1998 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante il metodo intensimetrico - Misurazione per scansione.

[UNI EN ISO 9614-3](#): 2009 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante il metodo intensimetrico - Parte 3: Metodo di precisione per la misurazione per scansione.

[UNI EN ISO 12100](#): 2010 - Sicurezza del macchinario - Principi generali di progettazione - Valutazione del rischio e riduzione del rischio.

[UNI EN ISO 9612](#): 2011 - Acustica - Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro - Metodo tecnico progettuale.

[UNI EN 27574-1](#): 1991 - Acustica. Metodi statistici per la determinazione ed il controllo dei valori dichiarati di emissione acustica delle macchine e delle apparecchiature. Generalità e definizioni.

[UNI EN 27574-2](#): 1991 - Acustica. Metodi statistici per la determinazione ed il controllo dei valori dichiarati di emissione acustica delle macchine e delle apparecchiature. Metodi per valori dichiarati di macchine individuali.

[UNI EN 27574-3](#): 1991 - Acustica. Metodi statistici per la determinazione ed il controllo dei valori dichiarati di emissione acustica delle macchine e delle apparecchiature. Metodo semplificato (transitorio) per valori dichiarati di lotti di macchine.

[UNI EN 27574-4](#): 1991 - Acustica. Metodi statistici per la determinazione ed il controllo dei valori dichiarati di emissione acustica delle macchine e delle apparecchiature. Metodi per valori dichiarati di lotti di macchine.

[UNI ISO 1996-1](#): 2016 - Acustica - Descrizione, misurazione e valutazione del rumore ambientale - Parte 1: Grandezze fondamentali e metodi di valutazione.

[UNI EN ISO 11690-1](#): 1998 - Acustica - Raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro a basso livello di rumore contenenti macchinario - Strategie per il controllo del rumore.

[UNI EN ISO 11690-2](#): 1999 - Acustica - Raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro a basso livello di rumore contenenti macchinario - Provvedimenti per il controllo del rumore.

[UNI EN ISO 11690-3](#): 2000 - Acustica - Raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro a basso livello di rumore contenenti macchinario - Propagazione del suono e previsione del rumore in ambienti di lavoro.

[UNI EN ISO 14257](#): 2004 - Acustica - Misurazione e descrizione parametrica delle curve di decadimento del suono nello spazio degli ambienti di lavoro per la valutazione delle loro prestazioni acustiche.

**UNI EN ISO 16032:** 2005 - Acustica - Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici - Metodo tecnico progettuale.

**UNI EN ISO 266:** 1998 - Acustica - Frequenze preferibili.

**UNI EN ISO 3382-1:** 2009 - Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 1: Sale da spettacolo.

**UNI EN ISO 3382-2:** 2008 - Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari.

**UNI EN ISO 3382-3:** 2012 - Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 3: Open space.

**UNI EN ISO 6926:** 2016 - Acustica - Requisiti per le prestazioni e la calibrazione delle sorgenti sonore di riferimento per la determinazione dei livelli di potenza sonora.

**UNI EN ISO 7029:** 2017 - Acustica - Distribuzione statistica della soglia uditiva in funzione all'età e al sesso.

**UNI ISO 1996-2:** 2010 - Acustica - Descrizione, misurazione e valutazione del rumore ambientale - Parte 2: Determinazione dei livelli di rumore ambientale.

**UNI ISO 1999:** 2015 - Acustica - Stima della perdita uditiva indotta dal rumore.

**UNI ISO 9613-1:** 2006 - Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Parte 1: Calcolo dell'assorbimento atmosferico.

**UNI ISO 9613-2:2006:** 2006 - Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Parte 2: Metodo generale di calcolo.

**ISO 2204:** 1979 - Acoustics - Guide to International Standards on the measurement of airborne acoustical noise and evaluation of its effects on human beings.

**ISO 7574-1:** 1985 - Acoustics - Statistical methods for determining and verifying stated noise emission values of machinery and equipment General considerations and definitions.

**ISO 7574-2:** 1985 - Acoustics - Statistical methods for determining and verifying stated noise emission values of machinery and equipment Methods for stated values for individual machines.

**ISO 7574-3:** 1985 - Acoustics - Statistical methods for determining and verifying stated noise emission values of machinery and equipment Simple (transition) method for stated values for batches of machines.

**ISO 9296:** 2017 - Acoustics - Declared noise emission values of information technology and telecommunications equipment.

**ISO 9611:** 1996 - Acoustics - Characterization of sources of structure-borne sound with respect to sound radiation from connected structures - Measurement of velocity at the contact points of machinery when resiliently mounted.

ISO/TR 25417: 2007 - Acoustics - Definitions of basic quantities and terms.

ISO 14163: 1998 - Acoustics - Guidelines for noise control by silencers.

ISO/TR 7849: 1987 - Acoustics - Estimation of airborne noise emitted by machinery using vibration measurement.

ISO/TS 7849-1: 2009 - Acoustics - Determination of airborne sound power levels emitted by machinery using vibration measurement - Part 1: Survey method using a fixed radiation factor.

ISO/TS 7849-2: 2009 - Acoustics - Determination of airborne sound power levels emitted by machinery using vibration measurement - Part 2: Engineering method including determination of the adequate radiation factor.

ISO 5136: 2003 - Acoustics - Determination of sound power radiated into a duct by fans and other air-moving devices - In-duct method.

ISO 10302-1: 2011 - Acoustics - Measurement of airborne noise emitted and structure-borne vibration induced by small air-moving devices - Part 1: Airborne noise measurement.

UNI 7545-22: 2009 - Segni grafici per segnali di pericolo - Parte 22: Rumore.

UNI 9432: 2011 - Acustica - Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro.

UNI 10343: 1994 - Acustica. Valutazione delle prestazioni acustiche di cabinati e cabine mediante l'indice unico di valutazione.

UNI 10844: 1999 - Acustica - Determinazione della capacità di fonoassorbimento degli ambienti chiusi.

UNI 11532: 2014 - Acustica in edilizia - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati.

UNI 11532-1: 2018 - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione - Parte 1: Requisiti generali.

UNI 10855: 1999 - Acustica - Misura e valutazione del contributo acustico di singole sorgenti.

UNI EN 1746: 2000 - Sicurezza del macchinario - Guida per la redazione delle clausole sul rumore nelle norme di sicurezza.

UNI EN ISO 1683: 2015 - Acustica - Valori di riferimento preferiti per i livelli acustici e vibratorii.

UNI EN 29295: 1992 - Acustica. Misurazione del rumore ad alta frequenza emesso dalle apparecchiature informatiche e per ufficio.

UNI EN ISO 4869-2: 1998 - Acustica - Protettori auricolari - Stima dei livelli di pressione sonora ponderati A quando i protettori auricolari sono indossati.

ISO 4869-1: 2018 - Acoustics - Hearing protectors Subjective method for the measurement of sound attenuation.

UNI EN ISO 4869-3: 2007 - Acustica - Protettori auricolari - Parte 3: Misurazione della perdita per inserzione delle cuffie usando una installazione di prova.

UNI EN ISO 4869-4: 2002 - Acustica - Protettori auricolari - Misurazione dei livelli effettivi di pressione sonora all'interno delle cuffie destinate alla riproduzione del suono.

UNI 10905: 2000 - Acustica - Procedura per prove di rumorosità delle macchine per la lavorazione del marmo e del granito.

UNI 11347: 2015 - Acustica - Programmi aziendali di riduzione dell'esposizione a rumore nei luoghi di lavoro.

UNI EN ISO 11957: 2009 - Acustica - Determinazione della prestazione di isolamento acustico di cabine - Misurazioni in laboratorio e in opera.

UNI 11022: 2003 - Acustica - Misurazione dell'efficacia acustica dei sistemi antirumore (insertion loss), per infrastrutture di trasporto, installati in ambiente esterno.

UNI EN ISO 15667: 2002 - Acustica - Linee guida per la riduzione del rumore mediante cabine e cappottature.

ISO 7960: 1995 - Airborne noise emitted by machine tools - Operating conditions for woodworking machines.

UNI 11009: 2002 - Sicurezza del macchinario - Macchine utensili - Presse meccaniche per la lavorazione a caldo e semicaldo del metallo a ciclo singolo con carico e scarico manuale dei pezzi.

UNI EN 1010-1: 2011 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la stampa e per la trasformazione della carta - Parte 1: Requisiti comuni.

UNI EN 1010-2: 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la stampa e la trasformazione della carta - Parte 2: Macchine per la stampa e macchine laccatrici comprese le attrezzature per la pre-stampa.

UNI EN 1010-4: 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la stampa e la trasformazione della carta - Parte 4: Macchine per legatoria, macchine per la trasformazione della carta e macchine per la finitura della carta.

UNI EN 1010-5: 2005 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la stampa e la trasformazione della carta - Parte 5: Macchine per la produzione di cartone ondulato e macchine per la trasformazione del cartone teso e del cartone ondulato.

UNI EN 1012-1: 2010 - Compressori e pompe per vuoto - Requisiti di sicurezza - Parte 1: Compressori ad aria.

**UNI EN 1012-2:** 2009 - Compressori e pompe per vuoto - Requisiti di sicurezza - Pompe per vuoto.

**UNI EN 1012-3:** 2014 - Compressori e pompe per vuoto - Requisiti di sicurezza - Parte 3: Compressori di processo.

**UNI EN 1034-1:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 1: Requisiti comuni.

**UNI EN 1034-2:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 2: Tamburi scortecciatori.

**UNI EN 1034-3:** 2012 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 3: Riavvolgatrici e bobinatrici.

**UNI EN 1034-4:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 4: Impastatrici e relativi impianti di carico.

**UNI EN 1034-5:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 5: Taglierine.

**UNI EN 1034-6:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 6: Calandre.

**UNI EN 1034-7:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 7: Vasche.

**UNI EN 1034-8:** 2012 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 8: Impianti di raffinazione.

**UNI EN 1034-13:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 13: Macchine per separare la palla o la serie di balle.

**UNI EN 1034-14:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 14: Tagliatrici per rotoli.

**UNI EN 1034-16:** 2012 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 16: Macchine per la produzione di carta e cartone.

**UNI EN 1034-17:** 2012 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 17: Macchine per la produzione di carta velina.

**UNI EN 1034-21:** 2012 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 21: Spalmatrice.

**UNI EN 1034-22:** 0 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 22: Sfibratori per legno.

**UNI EN 1034-26:** 2012 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 26: Macchine per l'imballaggio delle bobine.

**UNI EN 1034-27:** 2012 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di macchine per la produzione e la finitura della carta - Parte 27: Sistemi per la movimentazione delle bobine.

**UNI EN 1035:** 2000 - Macchine per conceria - Macchine a piani mobili - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 1114-1:** 2011 - Macchine per materie plastiche e gomma - Estrusori e linee di estrusione - Parte 1: Requisiti di sicurezza per estrusori.

**UNI EN 1114-3:** 2009 - Macchine per materie plastiche e gomma - Estrusori e linee di estrusione - Requisiti di sicurezza per traini.

**UNI EN 12012-1:** 2018 - Macchine per materie plastiche e gomma - Macchine per riduzione dimensionale - Parte 1: Requisiti di sicurezza per granulatori a lame e per trituratori.

**UNI EN 12012-3:** 2008 - Macchine per materie plastiche e gomma - Macchine per riduzione dimensionale - Parte 3: Requisiti di sicurezza per trituratori.

**UNI EN 12012-4:** 2008 - Macchine per materie plastiche e gomma - Macchine per riduzione dimensionale - Parte 4: Requisiti di sicurezza per agglomeratori.

**UNI EN 12013:** 2018 - Macchine per materie plastiche e gomma - Mescolatori interni - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 12041:** 2015 - Macchine per l'industria alimentare - Formatrici - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 12042:** 2014 - Macchine per l'industria alimentare - Spezzatrici automatiche - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 12043:** 2015 - Macchine per l'industria alimentare - Celle di lievitazione intermedia - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 12044:** 2010 - Macchine per la produzione di calzature e di prodotti di pelletteria e similari - Macchine fustellatrici e punzonatrici - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 1218-1:** 2009 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Tenonatrici - Parte 1: Tenonatrici monolato con tavola mobile.

**UNI EN 1218-2:** 2009 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Tenonatrici - Parte 2: Tenonatrici e/o profilatrici doppie con avanzamento a catena o a catene.

**UNI EN 1218-5:** 2010 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Tenonatrici - Parte 5: Profilatrici su un lato con tavola fissa e rulli di avanzamento o con avanzamento a catena.

**UNI EN 12203:** 2010 - Macchine per la produzione di calzature e di prodotti di pelletteria e similari - Presse per calzature e pelletteria - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 12215:** 2010 - Impianti di verniciatura - Cabine di verniciatura per l'applicazione di prodotti vernicianti liquidi - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 12267:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Seghe circolari - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 12268:** 2014 - Macchine per l'industria alimentare - Seghe a nastro - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 12301:** 2008 - Macchine per materie plastiche e gomma - Calandre - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 12331:** 2015 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine tritacarne - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 12355:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine scuoiatrici, sco-tennatrici e asportatrici di membrane - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 12387:** 2010 - Macchine per la produzione di calzature e di prodotti di pelletteria e similari - Attrezzature modulari per la riparazione della scarpa - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 12409:** 2011 - Macchine per materie plastiche e gomma - Termoformatrici - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 12417:** 2009 - Macchine utensili - Sicurezza - Centri di lavorazione.

**UNI EN 12463:** 2014 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine insaccatrici e macchine ausiliarie - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 1247:** 2010 - Macchine per fonderia - Requisiti di sicurezza per siviere, materiali di colata, macchine per colata centrifuga, macchine per colata continua o semicontinua.

**UNI EN 1248:** 2009 - Macchine da fonderia - Requisiti di sicurezza per apparecchiature di granigliatura.



**UNI EN 12505:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Centrifughe per il trattamento degli oli e grassi alimentari - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 12545:** 2009 - Macchine per la produzione di calzature e di prodotti di pelletteria e similari - Procedura per prove di rumorosità - Requisiti comuni.

**UNI EN 12581:** 2010 - Impianti di verniciatura - Macchinario per l'applicazione di prodotti vernicianti liquidi organici per immersione ed elettroforesi - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 12621:** 2010 - Macchine per l'alimentazione e la circolazione sotto pressione di prodotti vernicianti - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 12622:** 2014 - Sicurezza delle macchine utensili - Presse piegatrici idrauliche.

**UNI EN 12629-1:** 2010 - Macchine per la costruzione dei prodotti da costruzione di calcestruzzo e di silicato di calcio - Sicurezza - Parte 1: Requisiti generali.

**UNI EN 12629-2:** 2010 - Macchine per la costruzione dei prodotti da costruzione di calcestruzzo e di silicato di calcio - Sicurezza - Parte 2: Blocchiere.

**UNI EN 12629-3:** 2010 - Macchine per la costruzione dei prodotti da costruzione di calcestruzzo e di silicato di calcio - Sicurezza - Parte 3: Macchine a piano scorrevole e a tavola rotante.

**UNI EN 12629-4:** 2010 - Macchine per la costruzione dei prodotti da costruzione di calcestruzzo e di silicato di calcio - Sicurezza - Parte 4: Macchine per la fabbricazione delle tegole di calcestruzzo.

**UNI EN 12629-5-1:** 2010 - Macchine per la costruzione dei prodotti da costruzione di calcestruzzo e di silicato di calcio - Sicurezza - Parte 5-1: Macchine per la fabbricazione in verticale delle tubazioni.

**UNI EN 12629-5-2:** 2010 - Macchine per la costruzione dei prodotti da costruzione di calcestruzzo e di silicato di calcio - Sicurezza - Parte 5-2: Macchine per la fabbricazione in orizzontale delle tubazioni.

**UNI EN 12629-5-3:** 2010 - Macchine per la costruzione dei prodotti da costruzione di calcestruzzo e di silicato di calcio - Sicurezza - Parte 5-3: Macchine per la precompressione delle tubazioni.

**UNI EN 12629-5-4:** 2010 - Macchine per la costruzione dei prodotti da costruzione di calcestruzzo e di silicato di calcio - Sicurezza - Parte 5-4: Macchine per il rivestimento delle tubazioni di calcestruzzo.

**UNI EN 12629-6:** 2010 - Macchine per la costruzione dei prodotti da costruzione di calcestruzzo e di silicato di calcio - Sicurezza - Parte 6: Attrezzature fisse e mobili per la fabbricazione di prodotti armati prefabbricati.

**UNI EN 12629-7:** 2010 - Macchine per la costruzione dei prodotti da costruzione di calcestruzzo e di silicato di calcio - Sicurezza - Parte 7: Attrezzature fisse e mobili per la fabbricazione su banco di prodotti precompressi.

**UNI EN 12629-8:** 2010 - Macchine per la costruzione dei prodotti da costruzione di calcestruzzo e di silicato di calcio - Sicurezza - Parte 8: Macchine e attrezzature per la costruzione dei prodotti da costruzione di silicato di calcio (e calcestruzzo).

**UNI EN 1265:** 2009 - Sicurezza del macchinario - Codice di prova del rumore per le macchine e gli equipaggiamenti di fonderia.

**UNI EN 12653:** 2010 - Macchine per la produzione di calzature e di prodotti di pelletteria e simili - Macchine inchiodatrici - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 12717:** 2009 - Sicurezza delle macchine utensili - Trapani.

**UNI EN 12750:** 2013 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Scorniatrici su quattro lati.

**UNI EN 12757-1:** 2010 - Apparecchiature di miscelazione dei prodotti vernicianti - Requisiti di sicurezza - Parte 1: Apparecchiature di miscelazione per l'impiego di ritocco nell'autocarrozzeria.

**UNI EN 12779:** 2016 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Sistemi fissi di estrazione di trucioli e polveri - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 12852:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine per la lavorazione di alimenti e frullatori - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 12853:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Frullatori e sbattitori portatili - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 12854:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Frullatori ad immersione - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 12855:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Cutter a vasca rotante - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 12921-1:** 2010 - Macchine di lavaggio e di pretrattamento di manufatti che utilizzano sostanze liquide o in fase di vapore - Parte 1: Requisiti di sicurezza generali.

**UNI EN 12921-2:** 2009 - Macchine di lavaggio e di pretrattamento di manufatti che utilizzano sostanze liquide o in fase di vapore - Parte 2: Sicurezza delle macchine che utilizzano detergenti acquosi.

**UNI EN 12921-3:** 2009 - Macchine di lavaggio e di pretrattamento di manufatti che utilizzano sostanze liquide o in fase di vapore - Parte 3: Sicurezza delle macchine che utilizzano solventi infiammabili.

**UNI EN 12921-4:** 2009 - Macchine di lavaggio e di pretrattamento di manufatti che utilizzano sostanze liquide o in fase di vapore - Parte 4: Sicurezza delle macchine che utilizzano solventi alogenati.

**UNI EN 12981:** 2009 - Impianti di verniciatura - Cabine per l'applicazione di prodotti vernicianti in polvere - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 12984:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine e apparecchi portatili e/o guidati a mano con strumenti di taglio azionati meccanicamente - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 13023:** 2010 - Metodi per la misurazione del rumore di macchine per la stampa, macchine per la trasformazione della carta, macchine per la produzione della carta e attrezzature ausiliarie - Classi di accuratezza 2 e 3.

**UNI EN 13035-1:** 2008 - Macchine e impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro piano - Requisiti di sicurezza - Parte 1: Attrezzature per l'immagazzinamento, la movimentazione e il trasporto all'interno della fabbrica.

**UNI EN 13035-11:** 2010 - Macchine e impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro piano - Requisiti di sicurezza - Parte 11: Trapanatrici.

**UNI EN 13035-2:** 2008 - Macchine e impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro piano - Requisiti di sicurezza - Parte 2: Attrezzature per l'immagazzinamento, la movimentazione e il trasporto all'esterno della fabbrica.

**UNI EN 13035-3:** 2010 - Macchine ed impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro piano - Requisiti di sicurezza - Parte 3: Macchine da taglio.

**UNI EN 13035-4:** 2010 - Macchine e impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro piano - Requisiti di sicurezza - Parte 4: Tavoli basculanti.

**UNI EN 13035-5:** 2010 - Macchine e impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro piano - Requisiti di sicurezza - Parte 5: Macchine e impianti per impilare e disimpilare.

**UNI EN 13035-6:** 2010 - Macchine e impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro piano - Requisiti di sicurezza - Parte 6: Macchine per troncaggio.

**UNI EN 13035-7:** 2010 - Macchine e impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro piano - Requisiti di sicurezza - Parte 7: Macchine da taglio per il vetro laminato.

**UNI EN 13035-9:** 2010 - Macchine e impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro piano - Requisiti di sicurezza - Parte 9: Impianti di lavaggio.

**UNI EN 13042-1:** 2010 - Macchine ed impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro cavo - Requisiti di sicurezza - Parte 1: Alimentatore di gocce.

**UNI EN 13042-2:** 2010 - Macchine ed impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro cavo - Requisiti di sicurezza - Parte 2: Macchine di caricamento.

**UNI EN 13042-3:** 2010 - Macchine ed impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro cavo - Requisiti di sicurezza - Parte 3: Macchine IS.

**UNI EN 13042-5:** 2010 - Macchine ed impianti per la produzione, il trattamento e la lavorazione del vetro cavo - Requisiti di sicurezza - Parte 5: Presse.

UNI EN 13102: 2009 - Macchine per ceramica - Sicurezza - Carico e scarico di piastrelle di ceramica.

UNI EN 13112: 2010 - Macchine per conceria - Spaccatrici e ugualizzatrici a nastro - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 13113: 2010 - Macchine per conceria - Spalmatrici a rullo - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 13114: 2010 - Macchine per conceria - Reattori di processo rotanti - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 13128: 2009 - Sicurezza delle macchine utensili - Fresatrici (incluse alesatrici).

UNI EN 13208: 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Pelaverdure - Requisiti di sicurezza e di igiene.

UNI EN 13288: 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine per il sollevamento e il rovesciamento di recipienti - Requisiti di sicurezza e di igiene.

UNI EN 13289: 2013 - Macchine per la lavorazione della pasta - Essiccatoi e raffreddatori - Requisiti di sicurezza e di igiene.

UNI EN 13355: 2009 - Impianti di verniciatura - Cabine forno - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 13378: 2013 - Macchine per la lavorazione della pasta - Presse per pasta - Requisiti di sicurezza e di igiene.

UNI EN 13379: 2013 - Macchine per la lavorazione della pasta - Stenditrici, sfilatrici e troncatrici, convogliatori di canne, accumulatori per canne - Requisiti di sicurezza e di igiene.

UNI EN 13389: 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Mescolatori a bracci orizzontali - Requisiti di sicurezza e di igiene.

UNI EN 13390: 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine per torte e crostate - Requisiti di sicurezza e di igiene.

UNI EN 13418: 2013 - Macchine per materie plastiche e gomma - Unità per avvolgimento film o foglie - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 13457: 2010 - Macchine per la produzione di calzature e di prodotti di pelletteria e simili - Macchine spaccatrici, smussatrici, rifilatrici, incollatrici ed essiccatrici - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 13534: 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine siringatrici per salatura - Requisiti di sicurezza e di igiene.

UNI EN 13570: 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine mescolatrici - Requisiti di igiene.

UNI EN 13591: 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Caricatori per forni a ripiani fissi - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 13621:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Asciugatrici per l'insalata - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 13675:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza di laminatoi e sistemi di formatura tubi ed equipaggiamenti di finitura.

**UNI EN 13732:** 2013 - Macchine per l'industria alimentare - Refrigeranti del latte sfuso alla stalla - Requisiti di prestazione, sicurezza e igiene.

**UNI EN 13736:** 2009 - Sicurezza delle macchine utensili - Presse pneumatiche.

**UNI EN 1374:** 2010 - Macchine agricole - Scaricatori di insilato fissi per sili cilindrici - Sicurezza.

**UNI EN 13862:** 2009 - Macchine per taglio di superfici piane orizzontali - Sicurezza.

**UNI EN 13870:** 2015 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine porzionatrici - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 13871:** 2014 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine cubettatrici - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 13885:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine clippatrici - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 13886:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Caldaie per cottura equipaggiate con mescolatori e/o miscelatori azionati da motore - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 13954:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Taglierine per pane - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 13985:** 2009 - Macchine utensili - Sicurezza - Cesoie a ghigliottina.

**UNI EN 14070:** 2009 - Sicurezza delle macchine utensili - Trasferte e macchine speciali.

**UNI EN 1417:** 2015 - Macchine per materie plastiche e gomma - Mescolatori a cilindri - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 14462:** 2015 - Apparecchiature per il trattamento delle superfici - Procedura per prove di rumorosità delle apparecchiature per il trattamento delle superfici, incluse le attrezzature manuali asservite - Classi di accuratezza 2 e 3.

**UNI EN 14655:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Taglia baguette - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 14656:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza di presse a estrusione per acciaio e metalli non ferrosi.

**UNI EN 14673:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza di presse idrauliche a forgiare a caldo in stampo aperto per acciaio e metalli non ferrosi.

**UNI EN 14677:** 2008 - Sicurezza del macchinario - Metallurgia secondaria - Macchinario e attrezzatura per il trattamento dell'acciaio liquido.

**UNI EN 14681:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza di macchinari ed equipaggiamenti per la produzione di acciaio con forno elettrico ad arco.

**UNI EN 14753:** 2008 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza di macchine ed equipaggiamenti per la colata continua dell'acciaio.

**UNI EN 14886:** 2008 - Macchine per materie plastiche e gomma - Macchine per il taglio e la lavorazione secondaria di espansi - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 14957:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine lavastoviglie con convogliatore - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 14958:** 2009 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine per la macinazione e la lavorazione delle farine e delle semole - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 15036-1:** 2007 - Caldaie per riscaldamento - Prove per la misurazione del rumore aereo emesso dai generatori di calore - Parte 1: Emissioni di rumore aereo dai generatori di calore.

**UNI EN 15036-2:** 2007 - Caldaie per riscaldamento - Prove per la misurazione del rumore aereo emesso dai generatori di calore - Parte 2: Emissioni di rumore dei prodotti della combustione allo sbocco del generatore di calore.

**UNI EN 15061:** 2009 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza dei macchinari e degli equipaggiamenti delle linee di processo nastri.

**UNI EN 15067:** 2008 - Macchine per materie plastiche e gomma - Termosaldatrici per sacchi e sacchetti - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 15093:** 2009 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza di laminatoi a caldo di prodotti piani.

**UNI EN 15094:** 2009 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza di laminatoi a freddo di prodotti piani.

**UNI EN 15165:** 2014 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine formatrici - Requisiti di sicurezza ed igiene.

**UNI EN 15166:** 2009 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine automatiche per la separazione della parte posteriore di carcasse da macello - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 15180:** 2014 - Macchine per l'industria alimentare - Dosatrici per alimenti - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 15467:** 2015 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine per decapitare e filettare il pesce - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 1547:** 2009 - Apparecchiature di processo termico industriale - Procedura per prove di rumorosità per apparecchiature di processo termico industriale, incluse le attrezzature di manipolazione ausiliarie.

**UNI EN 15503:** 2016 - Macchine da giardinaggio - Soffiatori, aspiratori e aspiratori-soffiatori da giardinaggio - Sicurezza.

**UNI EN 15774:** 2011 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine per la lavorazione della pasta fresca e ripiena (tagliatelle, cannelloni, ravioli, tortellini, orecchiette e gnocchi) - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 15861:** 2012 - Macchine per l'industria alimentare - Affumicatori - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 15895:** 2011 - Chiodatrici a sparo - Requisiti di sicurezza - Pistole marcatrici a massa battente.

**UNI EN 15949:** 2012 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza di laminatori a caldo per barre, profili e vergella.

**UNI EN 16228-1:** 2014 - Attrezzature per perforazioni e fondazioni - Sicurezza - Parte 1: Prescrizioni generali.

**UNI EN 16228-2:** 2014 - Attrezzature per perforazioni e fondazioni - Sicurezza - Parte 2: Perforatrici mobili per lavori di ingegneria civile e geotecnica e per l'industria mineraria ed estrattiva.

**UNI EN 16228-3:** 2014 - Attrezzature per perforazioni e fondazioni - Sicurezza - Parte 3: Attrezzature per perforazione orizzontale direzionata (HDD).

**UNI EN 16228-4:** 2014 - Attrezzature per perforazioni e fondazioni - Sicurezza - Parte 4: Attrezzature per fondazioni.

**UNI EN 16228-5:** 2014 - Attrezzature per perforazioni e fondazioni - Sicurezza - Parte 5: Attrezzature per diaframmi.

**UNI EN 16228-6:** 2014 - Attrezzature per perforazioni e fondazioni - Sicurezza - Parte 6: Attrezzature per jetting, cementazione e iniezione.

**UNI EN 16228-7:** 2014 - Attrezzature per perforazioni e fondazioni - Sicurezza - Parte 7: Attrezzature ausiliarie intercambiabili.

**UNI EN 16474:** 2015 - Macchine per materie plastiche e gomma - Vulcanizzatrici per pneumatici - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 16583:** 2016 - Scambiatori di calore - Ventilconvettori ad acqua - Determinazione del livello di potenza sonora.

**UNI EN 16644:** 2015 - Pompe - Pompe rotodinamiche - Circolatori senza premistoppa di potenza assorbita non maggiore di 200 W per impianti di riscaldamento e impianti d'acqua calda sanitaria per uso domestico - Procedura per prove di rumorosità (vibroacustiche) per la misurazione del rumore trasmesso dalla struttura e dal fluido.

**UNI EN 1672-1:** 2014 - Macchine per l'industria alimentare - Concetti di base - Parte 1: Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 1673:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Forni a carrello rotativo - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 1674:** 2015 - Macchine per l'industria alimentare - Sfogliatrici - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 16743:** 2016 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine affettatrici industriali automatiche - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 16774:** 2016 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per convertitori di acciaio e relative attrezzature.

**UNI EN 1678:** 2010 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine tagliaverdure - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 1807-1:** 2013 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe a nastro - Parte 1: Seghe a nastro da falegnameria e refendini.

**UNI EN 1807-2:** 2013 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe a nastro - Parte 2: Segatronchi.

**UNI EN 1829-1:** 2010 - Macchine a getto d'acqua ad alta pressione - Requisiti di sicurezza - Parte 1: Macchine.

**UNI EN 1845:** 2008 - Macchine per la fabbricazione di calzature - Macchine per lo stampeggio di calzature - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 1870-10:** 2013 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 10: Troncatrici automatiche e semiautomatiche monolama con taglio dal basso.

**UNI EN 1870-11:** 2013 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 11: Troncatrici orizzontali semiautomatiche con una sola unità di taglio (seghe radiali).

**UNI EN 1870-12:** 2014 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 12: Troncatrici a pendolo.

**UNI EN ISO 19085-2:** 2017 - Macchine per la lavorazione del legno - Sicurezza - Parte 2: Sezionatrici orizzontali per pannelli con sega circolare.

**UNI EN 1870-14:** 2012 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 14: Sezionatrici verticali per pannelli.

**UNI EN 1870-15:** 2012 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 15: Troncatrici multilama con avanzamento integrato del pezzo in lavorazione e carico e/o scarico manuale.

**UNI EN 1870-16:** 2012 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 16: Troncatrici doppie per taglio a V.

**UNI EN 1870-17:** 2015 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe



circolari - Parte 17: Troncatrici manuali a taglio orizzontale con una sola unità di taglio (seghe radiali manuali).

**UNI EN 1870-19:** 2014 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 19: Seghe circolari da banco (con o senza tavola mobile) e seghe da cantiere.

**UNI EN 1870-3:** 2015 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 3: Troncatrici e troncatrici con pianetto.

**UNI EN 1870-4:** 2012 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 4: Seghe circolari multilama per il taglio longitudinale con carico e/o scarico manuale.

**UNI EN 1870-5:** 2012 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 5: Seghe circolari da banco/troncatrici con taglio dal basso.

**UNI EN 1870-6:** 2018 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 6: Seghe circolari per legna da ardere.

**UNI EN 1870-7:** 2012 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 7: Seghe per tronchi monolama con tavola di avanzamento integrata e carico e/o scarico manuale.

**UNI EN 1870-8:** 2013 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 8: Rifilatrici monolama con avanzamento motorizzato dell'unità lama e carico e/o scarico manuale.

**UNI EN 1870-9:** 2012 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Seghe circolari - Parte 9: Troncatrici a doppia lama con avanzamento integrato e con carico e/o scarico manuale.

**UNI EN 1953:** 2013 - Apparecchiature di polverizzazione e spruzzatura per prodotti di rivestimento e finitura - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 1974:** 2009 - Macchine per l'industria alimentare - Macchine affettatrici - Requisiti di sicurezza e di igiene.

**UNI EN 201:** 2010 - Macchine per materie plastiche e gomma - Macchine a iniezione - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 289:** 2014 - Macchine per materie plastiche e gomma - Presse a compressione e transfer - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 378-2:** 2017 - Sistemi di refrigerazione e pompe di calore - Requisiti di sicurezza e ambientali - Parte 2: Progettazione, costruzione, prova, marcatura e documentazione.

**UNI EN 415-10:** 2014 - Sicurezza delle macchine per imballare - Parte 10: Requisiti generali.

**UNI EN 415-2:** 2001 - Sicurezza delle macchine per imballare - Macchinario per imballare in contenitori preformati rigidi.

UNI EN 415-3: 2010 - Sicurezza delle macchine per imballare - Parte 3: Formatrici, riempitrici e sigillatrici.

UNI EN 415-5: 2010 - Sicurezza delle macchine per imballare - Parte 5: Macchine avvolgitrici.

UNI EN 415-6: 2013 - Sicurezza delle macchine per imballare - Parte 6: Macchine avvolgitrici di pallet.

UNI EN 415-7: 2008 - Sicurezza delle macchine per imballare - Parte 7: Macchine per imballaggi multipli.

UNI EN 415-8: 2008 - Sicurezza delle macchine per imballare - Parte 8: Macchine regiatrici.

UNI EN 415-9: 2010 - Sicurezza delle macchine per imballare - Parte 9: Metodi di misurazione del rumore per macchine per imballare, linee d'imballaggio e relative attrezzature, grado di accuratezza 2 e 3.

UNI EN 453: 2014 - Macchine per l'industria alimentare - Impastatrici - Requisiti di sicurezza e di igiene.

UNI EN 454: 2015 - Macchine per l'industria alimentare - Mescolatrici planetarie - Requisiti di sicurezza e di igiene.

UNI EN 536: 2015 - Macchine per costruzioni stradali - Impianti di miscelazione per materiali per costruzioni stradali - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 691-1: 2012 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Parte 1: Requisiti comuni.

UNI EN 692: 2009 - Macchine utensili - Presse meccaniche - Sicurezza.

UNI EN 693: 2011 - Macchine utensili - Sicurezza - Presse idrauliche.

UNI EN 710: 2010 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per gli impianti e le macchine per fonderia, per gli impianti per la preparazione delle forme e delle anime e per gli impianti ad essi associati.

UNI EN 746-1: 2009 - Apparecchiature di processo termico industriale - Parte 1: Requisiti generali di sicurezza per apparecchiature di processo termico industriale.

UNI EN 746-3: 2009 - Apparecchiature di processo termico industriale - Parte 3: Requisiti di sicurezza per la generazione e l'utilizzo di gas di atmosfera.

UNI EN 792-13: 2009 - Utensili portatili non elettrici - Requisiti di sicurezza - Parte 13: Utensili per l'inserimento di elementi di fissaggio.

UNI EN ISO 19085-6: 2018 - Macchine per la lavorazione del legno - Sicurezza - Parte 6: Fresatrici verticali monoalbero (toupies).

UNI EN 848-2: 2013 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Fresatrici

su un solo lato con utensile rotante - Parte 2: Fresatrici superiori monoalbero ad avanzamento manuale e integrato.

**UNI EN ISO 19085-3:** 2018 - Macchine per la lavorazione del legno - Requisiti di sicurezza - Parte 3: Foratrici e fresatrici a controllo numerico (NC).

**UNI EN 859:** 2012 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Piallatrici a filo con avanzamento manuale.

**UNI EN 860:** 2012 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Piallatrici a spessore su una sola faccia.

**UNI EN 861:** 2012 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Piallatrici combinate a filo e a spessore.

**UNI EN 869:** 2009 - Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza per unità di fusione a pressione di metalli.

**UNI EN 930:** 2010 - Macchine per la produzione di calzature e di prodotti di pelletteria e similari - Macchine cardatrici, smerigliatrici, lucidatrici e fresatrici - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 931:** 2010 - Macchine per la produzione di calzature - Macchine per il montaggio - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN 940:** 2012 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Macchine combinate per la lavorazione del legno.

**UNI EN 972:** 2010 - Macchine per conceria - Macchine alternative a rulli - Requisiti di sicurezza.

**UNI EN ISO 10821:** 2010 - Macchine per cucire industriali - Requisiti di sicurezza per le macchine per cucire, le unità e i sistemi.

**UNI EN ISO 11111-2:** 2016 - Macchinario tessile - Requisiti di sicurezza - Parte 2: Macchine di preparazione alla filatura e di filatura.

**UNI EN ISO 11111-3:** 2016 - Macchinario tessile - Requisiti di sicurezza - Parte 3: Macchine per la produzione di non tessuti.

**UNI EN ISO 11111-4:** 2016 - Macchinario tessile - Requisiti di sicurezza - Parte 4: Macchine per la lavorazione del filato e per la produzione di corde e cordami.

**UNI EN ISO 11111-5:** 2016 - Macchinario tessile - Requisiti di sicurezza - Parte 5: Macchine di preparazione alla tessitura e alla maglieria.

**UNI EN ISO 11111-6:** 2016 - Macchinario tessile - Requisiti di sicurezza - Parte 6: Macchine per la fabbricazione dei tessuti.

**UNI EN ISO 11111-7:** 2016 - Macchinario tessile - Requisiti di sicurezza - Parte 7: Macchine per tintura e finissaggio.

**UNI EN ISO 11148-1:** 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicu-

rezza - Parte 1: Macchine utensili per l'assemblaggio di elementi di collegamento meccanici non filettati.

**UNI EN ISO 11148-10:** 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 10: Macchine utensili con funzionamento a compressione.

**UNI EN ISO 11148-11:** 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 11: Roditrici e cesoie.

**UNI EN ISO 11148-12:** 2013 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 12: Seghetti a movimento alternativo, oscillante e circolare.

**UNI EN ISO 11148-2:** 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 2: Taglierine e macchine per formare.

**UNI EN ISO 11148-3:** 2013 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 3: Trapani e maschiatrici.

**UNI EN ISO 11148-4:** 2013 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 4: Macchine utensili a percussione non rotative.

**UNI EN ISO 11148-5:** 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 5: Trapani a percussione rotativi.

**UNI EN ISO 11148-6:** 2013 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 6: Macchine utensili per l'assemblaggio di elementi di collegamento filettati.

**UNI EN ISO 11148-7:** 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 7: Smerigliatrici.

**UNI EN ISO 11148-8:** 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 8: Levigatrici e lucidatrici.

**UNI EN ISO 11148-9:** 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 9: Smerigliatrici per stampi.

**UNI EN ISO 11553-3:** 2013 - Sicurezza del macchinario - Macchine laser - Parte 3: Riduzione del rumore e metodi di misurazione del rumore per macchine laser e macchine laser portatili e relative attrezzature ausiliarie (classe di accuratezza 2).

**UNI EN ISO 15744:** 2008 - Utensili portatili non elettrici - Procedura per la misurazione del rumore - Metodo tecnico progettuale (grado 2).

**UNI EN ISO 16089:** 2016 - Macchine utensili - Sicurezza - Rettificatrici fisse.

**UNI EN ISO 16093:** 2017 - Macchine utensili - Sicurezza - Segatrici per il taglio dei metalli a freddo.

**UNI EN ISO 17916:** 2016 - Sicurezza delle macchine per il taglio termico.

**UNI EN ISO 18217:** 2015 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Bordatrici con avanzamento a catena.

UNI EN ISO 19085-1: 2017 - Macchine per la lavorazione del legno - Sicurezza - Parte 1: Requisiti comuni.

UNI EN ISO 19085-5: 2017 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Sicurezza - Parte 5: Squadratrici.

UNI EN ISO 19432: 2013 - Macchine e attrezzature per le costruzioni edili - Troncatrici a disco portatili con motore a scoppio - Requisiti di sicurezza.

UNI EN ISO 19932-1: 2013 - Macchine per la protezione delle colture - Irroratrici a spalla - Parte 1: Requisiti ambientali e di sicurezza.

UNI EN ISO 20361: 2015 - Pompe e gruppi di pompaggio per liquidi - Procedura per prove di rumorosità - Classi di accuratezza 2 e 3.

UNI EN ISO 22868: 2011 - Macchine forestali e da giardinaggio - Codice di prova del rumore per macchine portatili manualmente con motore a combustione interna - Metodo tecnico progettuale (classe di precisione 2).

UNI EN ISO 23125: 2015 - Macchine utensili - Sicurezza - Torni.

UNI EN ISO 28881: 2013 - Macchine utensili - Sicurezza - Macchine a elettro-erosione.

UNI EN ISO 4254-1: 2015 - Macchine agricole - Sicurezza - Parte 1: Requisiti generali.

UNI EN ISO 4254-10: 2010 - Macchine agricole - Sicurezza - Parte 10: Spandivoltafieno e ranghiatori rotativi.

UNI EN ISO 4254-14: 2016 - Macchine agricole - Sicurezza - Parte 14: Fasciatrici per balle di foraggio.

UNI EN ISO 4254-5: 2010 - Macchine agricole - Sicurezza - Parte 5: Macchine per la lavorazione del terreno con utensili azionati.

UNI EN ISO 4254-6: 2010 - Macchine agricole - Sicurezza - Parte 6: Irroratrici e distributori di concimi liquidi.

UNI EN ISO 4254-7: 2018 - Macchine agricole - Sicurezza - Parte 7: Mietitrebbiatrici, falcia-trincia-caricatrici di foraggio e raccogliatrici di cotone.

UNI EN ISO 4413: 2012 - Oleoidraulica - Regole generali e requisiti di sicurezza per i sistemi e i loro componenti.

UNI EN ISO 8230-1: 2009 - Requisiti di sicurezza per macchine per lavaggio a secco - Parte 1: Requisiti generali di sicurezza.

UNI EN ISO 9902-1: 2014 - Macchinario tessile - Procedura per prove di rumorosità - Parte 1: Requisiti comuni.

UNI EN ISO 9902-2: 2014 - Macchinario tessile - Procedura per prove di rumorosità - Parte 2: Macchinario di preparazione alla filatura e di filatura.

[UNI EN ISO 9902-3](#): 2014 - Macchinario tessile - Procedura per prove di rumorosità - Parte 3: Macchinario per la produzione di nontessuti.

[UNI EN ISO 9902-4](#): 2014 - Macchinario tessile - Procedura per prove di rumorosità - Parte 4: Macchinario di lavorazione del filato e di produzione di corde e cordami.

[UNI EN ISO 9902-5](#): 2014 - Macchinario tessile - Procedura per prove di rumorosità - Parte 5: Macchinario di preparazione alla tessitura e alla maglieria.

[UNI EN ISO 9902-6](#): 2014 - Macchinario tessile - Procedura per prove di rumorosità - Parte 6: Macchinario per la fabbricazione di tessuti.

[UNI EN ISO 9902-7](#): 2014 - Macchinario tessile - Procedura per prove di rumorosità - Parte 7: Macchinario per la tintura e il finissaggio.

[UNI ISO 13347-3](#): 2009 - Ventilatori industriali - Determinazione dei livelli di potenza sonora dei ventilatori in condizioni di laboratorio normalizzate - Parte 3: Metodi con superficie d'inviluppo.

[UNI ISO 230-5](#): 2010 - Codice di collaudo per macchine utensili - Parte 5: Determinazione dell'emissione sonora.

[UNI ISO 4412-1](#): 1994 - Oleoidraulica. Procedimento di prova per determinare il livello della rumorosità aerea. Pompe.

[UNI ISO 4412-2](#): 1994 - Oleoidraulica. Procedimento di prova per determinare il livello della rumorosità aerea. Motori..

[UNI ISO 4412-3](#): 1994 - Oleoidraulica. Procedimento di prova per determinare il livello della rumorosità aerea. Pompe - Metodo con impiego di una serie di microfoni posizionati su un parallelepipedo.

[UNI ISO 8525](#): 2009 - Rumore aereo emesso dalle macchine utensili - Condizioni di funzionamento delle macchine ad asportazione.

[UNI EN 12312-16](#): 2010 - Attrezzature per servizi aeroportuali di rampa - Requisiti specifici - Parte 16: Dispositivi di avviamento.

[UNI EN 12312-17](#): 2010 - Attrezzature per servizi aeroportuali di rampa - Requisiti specifici - Parte 17: Apparati per l'aria condizionata.

[UNI EN 12312-18](#): 2010 - Attrezzature per servizi aeroportuali di rampa - Requisiti specifici - Parte 18: Mezzi e attrezzature per ossigeno e azoto.

[UNI EN 12312-19](#): 2010 - Attrezzature per servizi aeroportuali di rampa - Requisiti specifici - Parte 19: Martinetti di sollevamento, tripodi, puntoni di coda.

[UNI EN 12312-20](#): 2010 - Attrezzature per servizi aeroportuali di rampa - Requisiti specifici - Parte 20: Unità di alimentazione elettrica a terra.

[UNI EN 1915-4](#): 2012 - Attrezzature per servizi aeroportuali di rampa - Requisiti generali - Parte 4: Metodi per la misura e la riduzione del rumore.

UNI EN 16770: 2018 - Sicurezza delle macchine per la lavorazione del legno - Sistemi di estrazione di trucioli e polveri per installazioni in interni - Requisiti di sicurezza.

UNI EN ISO 19085-8: 2018 - Macchine per la lavorazione del legno - Sicurezza - Parte 8: Levigatrici e calibratrici a nastro per pezzi rettilinei.

UNI EN ISO 16092-1: 2018 - Sicurezza delle macchine utensili - Presse - Parte 1: Requisiti generali di sicurezza.

UNI EN 690: 2014 - Macchine agricole - Spandiletame - Sicurezza.

UNI EN 14018: 2010 - Macchine agricole e forestali - Seminatrici - Sicurezza.

UNI EN 13448: 2010 - Macchine agricole e forestali - Gruppi falcianti scavallatori - Sicurezza.

UNI EN 12733: 2009 - Macchine agricole e forestali - Motofalciatrici condotte a piedi - Sicurezza.

UNI EN 703: 2010 - Macchine agricole - Macchine desilatrici, miscelatrici e/o trinciatrici e distributrici di insilati - Sicurezza.

UNI EN 13140: 2010 - Macchine agricole - Macchine per la raccolta delle barbabietole da zucchero e da foraggio - Sicurezza.

UNI EN 709: 2010 - Macchine agricole e forestali - Motocoltivatori provvisti di coltivatori rotativi, motozappatrici, motozappatrici con ruota(e) motrice(i) - Sicurezza.

UNI 11324: 2010 - Macchine agricole e forestali - Fasciatrici portate, semiportate e trainate per balle di foraggio - Sicurezza.

UNI EN 16952: 2018 - Macchine agricole - Piattaforme di lavoro fuoristrada per operazioni in frutteto (WPO) - Sicurezza.

UNI EN 909: 2010 - Macchine agricole e forestali - Macchine per l'irrigazione del tipo a perno centrale e ad avanzamento delle ali piovane - Sicurezza.

UNI EN 13525: 2010 - Macchine forestali - Sminuzzatrici mobili - Sicurezza.

UNI EN 15011: 2014 - Apparecchi di sollevamento - Gru a ponte e gru a cavalletto.

UNI EN 12999: 2018 - Apparecchi di sollevamento - Gru caricatrici.

UNI EN 14985: 2012 - Apparecchi di sollevamento - Gru a braccio rotante.

UNI EN 13852-1: 2013 - Apparecchi di sollevamento - Gru per l'utilizzo in mare aperto - Parte 1: Gru per l'utilizzo in mare aperto per impieghi generali.

UNI EN 13852-2: 2005 - Apparecchi di sollevamento - Gru per l'utilizzo in mare aperto - Parte 2: Gru di bordo.

UNI ISO 8566-1: 2010 - Apparecchi di sollevamento - Cabine e stazioni di comando - Parte 1: Generalità.

UNI ISO 8566-3: 2010 - Apparecchi di sollevamento - Cabine e stazioni di comando - Parte 3: Gru a torre.

ISO 8566-4: 1998 - Cranes - Cabins - Part 4: Jib cranes.

ISO 8566-5: 2017 - Cranes - Cabins and control stations - Part 5: Overhead travelling and portal bridge cranes.

UNI 11577: 2015 - Sicurezza del macchinario - Autobetonpompe - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 16851: 2017 - Gru - Sistemi di gru leggere.

UNI EN 1459-3: 2015 - Carrelli elevatori fuoristrada - Requisiti di sicurezza e verifica - Parte 3: Interfaccia tra il carrello elevatore telescopico e la piattaforma di lavoro.

UNI EN 1459-1: 2017 - Carrelli elevatori fuoristrada - Requisiti di sicurezza e verifiche - Parte 1: Carrelli a braccio telescopico.

UNI EN 1459-2: 2015 - Carrelli elevatori fuoristrada - Requisiti di sicurezza e verifiche - Parte 2: Carrelli a braccio telescopico rotante.

UNI EN ISO 3691-1: 2015 - Carrelli Industriali - Requisiti di sicurezza e verifiche - Parte 1: Carrelli industriali motorizzati, esclusi quelli senza conducente, i telescopici e i trasportatori per carichi.

UNI EN 16307-1: 2015 - Carrelli industriali - Requisiti di sicurezza e verifiche - Parte 1: Requisiti supplementari per carrelli industriali motorizzati, esclusi quelli senza conducente, i telescopici e i trasportatori per carichi.

UNI EN ISO 23771: 2015 - Macchinario tessile - Guida alla progettazione del macchinario tessile per la riduzione delle emissioni sonore.

UNI EN 1570-1: 2015 - Requisiti di sicurezza per piattaforme elevabili - Parte 1: Piattaforme elevabili fino a due livelli fissi di sbarco.

UNI EN 1777: 2010 - Piattaforme idrauliche per servizi antincendio e di soccorso - Requisiti di sicurezza e prove.

UNI EN 528: 2009 - Trasloelevatori - Requisiti di sicurezza.

BS EN 62841-2-2: 2014 - Electric motor-operated hand-held tools, transportable tools and lawn and garden machinery. Safety. Particular requirements for hand-held screwdrivers and impact wrenches.

UNI EN 12151: 2008 - Macchine e impianti per la preparazione di calcestruzzo e malta - Requisiti di sicurezza.

ISO 8528-10: 1998 - Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets Measurement of airborne noise by the enveloping surface method.

UNI EN ISO 11111-1: 2016 - Macchinario tessile - Requisiti di sicurezza - Parte 1: Requisiti comuni.



UNI EN ISO 4254-9: 2019 - Macchine agricole - Sicurezza - Seminatrici.

UNI CEN/TS 1459-8: 2018 - Carrelli elevatori fuoristrada - Requisiti di sicurezza e verifiche - Parte 8: Trattori agricoli a braccio telescopico.

ISO 7574-4: 1985 - Acoustics - Statistical methods for determining and verifying stated noise emission values of machinery and equipment Methods for stated values for batches of machines.

EN 1829-1: 2010 - Macchine a getto d'acqua ad alta pressione. Requisiti di sicurezza. macchine.

IEC 60335-2-79: 2016 - Sicurezza degli apparecchi d'uso domestico e similare - Parte 2: Norme particolari per idropultrici ed apparecchi per la pulizia a vapore.

ISO 6393: 2008 - Macchine movimento terra - Determinazione del livello di potenza sonora - Condizioni di prova statica.

ISO 6394: 2008 - Macchine movimento terra - Determinazione del livello di pressione sonora di emissione sulla posizione dell'operatore - Condizioni di prova statiche.

ISO 6395: 2008 - Macchine movimento terra - Determinazione del livello di potenza sonora - Condizioni di prova dinamiche.

ISO 6396: 2008 - Macchine movimento terra - Determinazione del livello di pressione sonora di emissione sulla posizione dell'operatore - Condizioni di prova dinamiche.

UNI 11464: 2012 - Sicurezza del macchinario - Autobetoniere - Requisiti di sicurezza.

UNI 11485: 2013 - Sicurezza del macchinario - Autolavaggi - Requisiti di sicurezza, metodi di prova.

UNI EN 12001: 2012 - Macchine per il trasporto, la proiezione e la distribuzione di calcestruzzo e malta - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 12053: 2008 - Sicurezza dei carrelli industriali - Metodi di prova per la misurazione delle emissioni di rumore.

UNI EN 12102-1: 2018 - Condizionatori d'aria, refrigeratori di liquido, pompe di calore, raffreddatori di processo e deumidificatori con compressori azionati elettricamente - Determinazione del livello di potenza sonora - Parte 1: Condizionatori d'aria, refrigeratori di liquido, pompe di calore per il riscaldamento e il raffreddamento degli ambienti, deumidificatori e refrigeratori di processo.

UNI EN 12111: 2014 - Macchine per scavo meccanizzato di gallerie - Frese e minatori continui - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 12418: 2009 - Macchine per il taglio di pietra e muratura da cantiere - Sicurezza.

UNI EN 12649: 2011 - Compattatori di calcestruzzo e macchine lisciatrici - Sicurezza.

UNI EN 13000: 2014 - Apparecchi di sollevamento - Gru mobili.

UNI EN 13019: 2009 - Macchine per la pulizia stradale - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 13020: 2015 - Macchine per il trattamento della superficie stradale - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 13021: 2009 - Macchine per i servizi invernali - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 13367: 2009 - Macchine per ceramica - Sicurezza - Trasbordatori e apparato di movimentazione dei carri.

UNI EN 13524: 2014 - Macchine per la manutenzione delle strade - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 13683: 2011 - Macchine da giardinaggio - Trituratori/ sminuzzatrici con motore incorporato - Sicurezza.

UNI EN 13684: 2018 - Macchine da giardinaggio - Aeratori e scarificatori condotti a piedi - Sicurezza.

UNI EN 13977: 2011 - Applicazioni ferroviarie - Binario - Requisiti di sicurezza per macchine portatili e carrelli per la costruzione e la manutenzione.

UNI EN 14017: 2010 - Macchine agricole e forestali - Spandiconcime per concimi solidi - Sicurezza.

UNI EN 14033-3: 2017 - Applicazioni ferroviarie - Binario - Macchine per la costruzione e la manutenzione della infrastruttura ferroviaria - Parte 3: Requisiti generali di sicurezza.

UNI EN 14439: 2009 - Apparecchi di sollevamento - Sicurezza - Gru a torre.

UNI EN 14910: 2010 - Macchine da giardinaggio - Tagliaerba a motore con conducente a piedi - Sicurezza.

UNI EN 1501-4: 2008 - Veicoli raccolta rifiuti e relativi dispositivi di sollevamento - Requisiti generali e di sicurezza - Parte 4: Codice di prova dell'emissione acustica per veicoli raccolta rifiuti.

UNI EN 15059: 2015 - Veicoli battipista - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 15163: 2017 - Macchine e impianti per l'estrazione e la lavorazione delle pietre naturali - Sicurezza - Requisiti per le tagliatrici a filo diamantato.

UNI EN 15571: 2015 - Macchine e impianti per l'estrazione e la lavorazione della pietra naturale - Sicurezza - Requisiti per macchine di finitura superficiale.

UNI EN 15572: 2015 - Macchine e impianti per l'estrazione e la lavorazione della pietra naturale - Sicurezza - Requisiti per macchine di finitura bordi.

UNI EN 15573: 2009 - Macchine movimento terra - Requisiti di progettazione per la circolazione stradale.

UNI EN 15610: 2009 - Applicazioni ferroviarie - Emissione acustica - Misurazione della rugosità della rotaia collegata alla generazione del rumore di rotolamento.

UNI EN 15746-2: 2011 - Applicazioni ferroviarie - Binario - Macchine strada-rotaia ed equipaggiamenti associati - Parte 2: Requisiti generali di sicurezza.

UNI EN 15892: 2011 - Applicazioni ferroviarie - Emissione del rumore - Misurazione del rumore all'interno delle cabine di guida.

UNI EN 15955-2: 2013 - Applicazioni ferroviarie - Binario - Macchine smontabili ed equipaggiamenti associati - Parte 2: Requisiti generali di sicurezza.

UNI EN 15997: 2012 - Quadricicli fuoristrada (ATV - Quad) - Requisiti di sicurezza e metodi di prova.

UNI EN 16191: 2014 - Macchine per scavo meccanizzato di gallerie - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 16252: 2013 - Compattatori per rifiuti o frazioni riciclabili - Presse compattatrici orizzontali - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 16307-6: 2014 - Carrelli industriali - Requisiti di sicurezza e verifiche - Parte 6: Requisiti supplementari per carrelli trasportatori per carichi e persone.

UNI EN 16486: 2014 - Macchine per la compattazione di rifiuti o frazioni riciclabili - Compattatori - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 16500: 2014 - Macchine per la compattazione di rifiuti e frazioni riciclabili - Compattatori verticali - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 16564: 2015 - Macchine e impianti per l'estrazione e la lavorazione della pietra naturale - Sicurezza - Requisiti per macchine segatrici/fresatrici di tipo a ponte, comprese le versioni a comando numerico (NC/CNC).

UNI EN 1889-1: 2011 - Macchine per unità estrattive in sotterraneo - Macchine mobili sotterranee - Sicurezza - Parte 1: Veicoli con pneumatici.

UNI EN 474-1: 2018 - Macchine movimento terra - Sicurezza - Parte 1: Requisiti generali.

UNI EN 474-10: 2009 - Macchine movimento terra - Sicurezza - Parte 10: Requisiti per scavafossi.

UNI EN 474-11: 2009 - Macchine movimento terra - Sicurezza - Parte 11: Requisiti per compattatori per discarica.

UNI EN 474-12: 2009 - Macchine movimento terra - Sicurezza - Parte 12: Requisiti per escavatori a fune.

UNI EN 474-2: 2009 - Macchine movimento terra - Sicurezza - Parte 2: Requisiti per apripista.

UNI EN 474-3: 2009 - Macchine movimento terra - Sicurezza - Parte 3: Requisiti per caricatori.

UNI EN 474-4: 2012 - Macchine movimento terra - Sicurezza - Parte 4: Requisiti per terne.

**UNI EN 474-5:** 2013 - Macchine movimento terra - Sicurezza - Parte 5: Requisiti per escavatori idraulici.

**UNI EN 474-6:** 2009 - Macchine movimento terra - Sicurezza - Parte 6: Requisiti per autoribaltabili.

**UNI EN 474-7:** 2009 - Macchine movimento terra - Sicurezza - Parte 7: Requisiti per motoruspe.

**UNI EN 474-8:** 2009 - Macchine movimento terra - Sicurezza - Parte 8: Requisiti per motolivellatrici.

**UNI EN 474-9:** 2009 - Macchine movimento terra - Sicurezza - Parte 9: Requisiti per posatubi.

**UNI EN 500-1:** 2010 - Macchine mobili per costruzioni stradali - Sicurezza - Parte 1: Requisiti generali.

**UNI EN 500-2:** 2009 - Macchine mobili per costruzioni stradali - Sicurezza - Parte 2: Requisiti specifici per frese stradali.

**UNI EN 500-3:** 2009 - Macchine mobili per costruzioni stradali - Sicurezza - Parte 3: Requisiti specifici per macchine per la stabilizzazione del suolo e per macchine riciclatrici.

**UNI EN 500-4:** 2011 - Macchine mobili per costruzioni stradali - Sicurezza - Parte 4: Requisiti specifici per compattatori.

**UNI EN 500-6:** 2009 - Macchine mobili per costruzioni stradali - Sicurezza - Parte 6: Requisiti specifici per finitrici stradali.

**UNI EN 786:** 2010 - Macchine da giardinaggio - Tagliabordi e tagliaerba elettrici portatili e con conducente a piedi - Sicurezza meccanica.

**UNI EN ISO 3095:** 2013 - Acustica - Applicazioni ferroviarie - Misurazione del rumore emesso dai veicoli su rotaia.

**UNI EN ISO 5395-1:** 2018 - Macchine da giardinaggio - Requisiti di sicurezza per i tosaerba con motore a combustione interna - Parte 1: Terminologia e prove comuni.

**UNI EN ISO 5395-2:** 2017 - Macchine da giardinaggio - Requisiti di sicurezza per i tosaerba con motore a combustione interna - Parte 2: Tosaerba con conducente a piedi.

**UNI EN ISO 5395-3:** 2018 - Macchine da giardinaggio - Requisiti di sicurezza per i tosaerba con motore a combustione interna - Parte 3: Tosaerba con conducente a bordo seduto.

**UNI EN ISO 5801:** 2018 - Ventilatori - Verifica delle prestazioni che utilizzano vie aeree standardizzate.

**UNI EN ISO 5802:** 2015 - Ventilatori industriali - Prove prestazionali in sito.

**UNI EN ISO 4254-8:** 2018 - Macchine agricole e forestali - Sicurezza - Parte 8: Spandiconcime per concimi solidi.

UNI EN ISO 19296: 2019 - Estrazione mineraria - Macchine mobili sotterranee - Sicurezza delle macchine.

## B.2 ELENCO NORME TECNICHE VIBRAZIONE

UNI EN 12096: 1999 - Vibrazioni meccaniche - Dichiarazione e verifica dei valori di emissione vibratoria.

UNI EN ISO 5349-1: 2004 - Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano - Parte 1: Requisiti generali.

UNI EN ISO 5349-2: 2015 - Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano - Parte 2: Guida pratica per la misurazione sul posto di lavoro.

UNI ISO 8727: 2016 - Vibrazioni meccaniche e urti - Esposizione dell'uomo - Sistemi di coordinate biodinamiche.

UNI 9513: 1989 - Vibrazioni e urti. Vocabolario.

UNI ISO 5805: 2004 - Vibrazioni meccaniche ed urti - Esposizione dell'individuo - Vocabolario.

UNI CEN/TR 15172-1: 2008 - Vibrazioni al corpo intero - Linee guida per la riduzione del rischio da vibrazione - Parte 1: Metodo tecnico progettuale per la progettazione delle macchine.

UNI CEN/TR 15172-2: 2008 - Vibrazioni al corpo intero - Linee guida per la riduzione del rischio da vibrazione - Parte 2: Misure di prevenzione sul posto di lavoro.

UNI EN 1299: 2009 - Vibrazioni meccaniche ed urti - Isolamento vibrazionale dei macchinari - Informazioni per la messa in opera dell'isolamento della fonte.

UNI CEN/TR 16391: 2013 - Vibrazioni meccaniche e urti - Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio - Influenza delle forze di prensione all'interfaccia mano-macchina per la valutazione all'esposizione.

UNI ISO 2631-1: 2014 - Vibrazioni meccaniche e urti - Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero - Part1: Requisiti Generali.

ISO 2631-5: 2018 - Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration Method for evaluation of vibration containing multiple shocks.

EN ISO 8041-1: 2017 - Risposta degli esseri umani alle vibrazioni - Strumentazione di misurazione - Parte 1: Strumenti per la misurazione di vibrazione per uso generale.

UNI 11568: 2015 - Strumentazione e analisi per la misura delle vibrazioni - Strumentazione di misura.

UNI ISO 5348: 2007 - Vibrazioni meccaniche e urti - Montaggio meccanico degli accelerometri.

**UNI EN 14253:** 2008 - Vibrazioni meccaniche - Misurazione e calcolo della esposizione alle vibrazioni trasmesse all'intero corpo al fine di tutelare la salute dell'operatore - Guida pratica.

**UNI EN ISO 12100:** 2010 - Sicurezza del macchinario - Principi generali di progettazione - Valutazione del rischio e riduzione del rischio.

**UNI EN 12786:** 2013 - Sicurezza del macchinario - Guida per la redazione delle clausole sulle vibrazioni nelle norme di sicurezza.

**UNI CEN/TR 15350:** 2013 - Vibrazioni meccaniche - Linee guida per la valutazione dell'esposizione al sistema mano-braccio partendo dalle informazioni disponibili, comprese quelle fornite dal fabbricante della macchina.

**ISO 2041:** 2018 - Mechanical vibration, shock and condition monitoring - Vocabulary.

**UNI ISO/TR 18570:** 2018 - Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione umana alla vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio - Metodo supplementare per valutare il rischio di lesione vascolare.

**CR 1030-1:** 1995 - Hand-Arm Vibration - Guidelines For Vibration Hazards Reduction - Part 1: Engineering Methods By Design Of Machinery.

**ISO 15230:** 2007 - Mechanical vibration and shock - Coupling forces at the man-machine interface for hand-transmitted vibration.

**UNI EN ISO 13753:** 2008 - Vibrazioni meccaniche ed urti - Vibrazioni al sistema mano-braccio - Metodo per misurare la trasmissibilità delle vibrazioni di materiali resilienti caricati dal sistema mano-braccio.

**UNI EN 1032:** 2009 - Vibrazioni meccaniche - Esame di macchine mobili allo scopo di determinare i valori di emissione vibratoria.

**UNI ISO 2631-4:** 2018 - Vibrazioni meccaniche e urti - Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero - Parte 4: Linee guida per la valutazione degli effetti delle vibrazioni e del moto rotatorio sul comfort dei passeggeri e dell'equipaggio nei.

**UNI ISO 2631-2:** 2018 - Vibrazioni meccaniche e urti - Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero - Parte 2: Vibrazioni negli edifici (da 1 Hz a 80 Hz).

**UNI 9614:** 2017 - Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.

**UNI 9916:** 2014 - Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.

**UNI 10786:** 1999 - Vibrazioni meccaniche - Prove su macchine fisse per determinare le emissioni delle vibrazioni trasmesse al corpo interno.

**UNI CEN ISO/TS 15694:** 2004 - Vibrazioni meccaniche e shocks - Misura e valutazione di shocks singoli trasmessi da macchine portatili o condotte a mano al sistema mano braccio.

**UNI EN 13490:** 2009 - Vibrazioni meccaniche - Carrelli industriali - Valutazione in laboratorio e specifica delle vibrazioni trasmesse all'operatore dal sedile.

**UNI EN 13059:** 2008 - Sicurezza dei carrelli industriali - Metodi di prova per la misurazione delle vibrazioni.

**UNI EN ISO 3691-1:** 2015 - Carrelli Industriali - Requisiti di sicurezza e verifiche - Parte 1: Carrelli industriali motorizzati, esclusi quelli senza conducente, i telescopici e i trasportatori per carichi.

**UNI EN ISO 3691-2:** 2016 - Carrelli industriali - Requisiti di sicurezza e verifiche Parte 2: Carrelli industriali a braccio telescopico.

**UNI EN ISO 3691-3:** 2017 - Carrelli industriali - Requisiti di sicurezza e verifiche - Parte 3: Requisiti supplementari per carrelli con posto di guida elevabile e carrelli specificatamente progettati per circolare con carichi elevati.

**UNI EN ISO 3691-5:** 2015 - Carrelli industriali - Requisiti di sicurezza e verifiche - Parte 5: Carrello elevatore con operatore a piedi.

**UNI EN ISO 3691-6:** 2015 - Carrelli industriali - Requisiti di sicurezza e verifiche - Parte 6: Carrello trasportatore per carichi e persone.

**UNI EN 16307-1:** 2015 - Carrelli industriali - Requisiti di sicurezza e verifiche - Parte 1: Requisiti supplementari per carrelli industriali motorizzati, esclusi quelli senza conducente, i telescopici e i trasportatori per carichi.

**ISO/TS 3691-7:** 2011 - Industrial trucks - Safety requirements and verification - Part 7: Regional requirements for countries within the European Community.

**ISO/TS 3691-8:** 2012 - Industrial trucks - Safety requirements and verification - Part 7: Regional requirements for countries within the European Community.

**UNI CEN/TS 15730:** 2009 - Macchine movimento terra - Linee guida per la valutazione dell'esposizione alle vibrazioni del corpo intero in macchine con operatore a bordo - Uso di dati armonizzati raccolti da istituti internazionali, organizzazioni e costruttori.

**UNI EN ISO 7096:** 2009 - Macchine movimento terra - Valutazioni di laboratorio delle vibrazioni trasmesse al sedile dell'operatore.

**UNI EN ISO 10326-1:** 2016 - Vibrazioni meccaniche - Metodo di laboratorio per la valutazione delle vibrazioni sui sedili dei veicoli - Parte 1: Requisiti di base.

**UNI EN ISO 13090-1:** 2000 - Vibrazioni meccaniche ed urti - Guida sugli aspetti di sicurezza delle prove ed esperimenti con le persone - Esposizione del corpo intero alle vibrazioni meccaniche ed agli urti ripetuti.

**UNI EN ISO 22867:** 2012 - Macchine forestali e da giardinaggio - Codice di prova delle vibrazioni per macchine portatili manualmente con motore a combustione interna - Vibrazione alle impugnature.

**UNI EN ISO 20643:** 2012 - Vibrazioni meccaniche - Macchine portatili e condotte a mano - Principi per la valutazione della emissione delle vibrazioni.

**UNI EN 1915-3:** 2012 - Attrezzature per servizi aeroportuali di rampa - Requisiti generali - Parte 3: Metodi per la misura e la riduzione delle vibrazioni.

**EN ISO 10819:** 2013 - Vibrazioni meccaniche e urti - Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio - Misurazione e valutazione delle trasmissibilità delle vibrazioni al palmo della mano attraverso un guanto.

**UNI EN ISO 28927-1:** 2017 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria. Parte 1: Smerigliatrici verticali e angolari.

**UNI EN ISO 28927-2:** 2017 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria. Parte 2: Avvitatori, avvitadadi e cacciaviti.

**UNI EN ISO 28927-3:** 2010 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria. Parte 3: Lucidatrici e levigatrici rotative, orbitali e a movimento rotorbitale.

**UNI EN ISO 28927-4:** 2011 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria. Parte 4: Smerigliatrici dritte.

**UNI EN ISO 28927-5:** 2015 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria. Parte 5: Trapani e trapani a percussione.

**UNI EN ISO 28927-6:** 2010 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria. Parte 6: Pestelli.

**UNI EN ISO 28927-7:** 2010 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria. Parte 7: Roditrici e cesoie.

**UNI EN ISO 28927-8:** 2016 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria. Parte 8: Seghetti, lucidatrici e limatrici con azione alternativa e seghetti con azione rotatoria o oscillatoria.

**UNI EN ISO 28927-9:** 2010 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria. Parte 9: Martelli disincrostatori e scrostatori ad aghi.

**UNI EN ISO 28927-10:** 2011 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria. Parte 10: Trapani a percussione, martelli demolitori e picconatori.

**UNI EN ISO 28927-11:** 2011 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria. Parte 11: Martelli per la lavorazione della pietra.

**UNI EN ISO 28927-12:** 2012 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria. Parte 12: Smerigliatrici per stampi.

**UNI 11009:** 2002 - Sicurezza del macchinario - Macchine utensili - Presse meccaniche per la lavorazione a caldo e semicaldo del metallo a ciclo singolo con carico e scarico manuale dei pezzi.



UNI EN 15503: 2016 - Macchine da giardinaggio - Soffiatori, aspiratori e aspiratori-soffiatori da giardinaggio - Sicurezza.

UNI EN 16228-1: 2014 - Attrezzature per perforazioni e fondazioni - Sicurezza - Parte 1: Prescrizioni generali.

UNI EN 746-1: 2009 - Apparecchiature di processo termico industriale - Parte 1: Requisiti generali di sicurezza per apparecchiature di processo termico industriale.

UNI EN 792-13: 2009 - Utensili portatili non elettrici - Requisiti di sicurezza - Parte 13: Utensili per l'inserimento di elementi di fissaggio.

UNI EN ISO 11148-1: 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 1: Macchine utensili per l'assemblaggio di elementi di collegamento meccanici non filettati.

UNI EN ISO 11148-2: 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 2: Tagliatine e macchine per formare.

UNI EN ISO 11148-3: 2013 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 3: Trapani e maschiatrici.

UNI EN ISO 11148-4: 2013 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 4: Macchine utensili a percussione non rotative.

UNI EN ISO 11148-5: 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 5: Trapani a percussione rotativi.

UNI EN ISO 11148-6: 2013 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 6: Macchine utensili per l'assemblaggio di elementi di collegamento filettati.

UNI EN ISO 11148-7: 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 7: Smerigliatrici.

UNI EN ISO 11148-8: 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 8: Levigatrici e lucidatrici.

UNI EN ISO 11148-9: 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 9: Smerigliatrici per stampi.

UNI EN ISO 11148-10: 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 10: Macchine utensili con funzionamento a compressione.

UNI EN ISO 11148-11: 2012 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 11: Roditrici e cesoie.

UNI EN ISO 11148-12: 2013 - Macchine utensili portatili non elettriche - Requisiti di sicurezza - Parte 12: Seghetti a movimento alternativo, oscillante e circolare.

ISO 5008: 2002 - Agricultural wheeled tractors and field machinery - Measurement of whole-body vibration of the operator.

UNI EN ISO 4254-1: 2015 - Macchine agricole - Sicurezza - Parte 1: Requisiti generali.

UNI EN 13977: 2011 - Applicazioni ferroviarie - Binario - Requisiti di sicurezza per macchine portatili e carrelli per la costruzione e la manutenzione.

UNI CEN ISO/TS 8662-11: 2006 - Macchine utensili portatili - Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura - Parte 11: Macchine utensili per l'inserimento di elementi di fissaggio.

UNI EN ISO 5395-1: 2013 - Macchine da giardinaggio - Requisiti di sicurezza per i tosaerba con motore a combustione interna - Parte 1: Terminologia e prove comuni.

UNI EN ISO 10517: 2019 - Tosasiepi portatili a motore - Sicurezza.

UNI EN ISO 11680-1: 2012 - Macchine forestali - Requisiti di sicurezza e prove per potatrici ad asta a motore - Parte 1: Macchine equipaggiate con un motore a combustione interna integrato.

UNI EN ISO 11806-1: 2012 - Macchine agricole e forestali - Requisiti di sicurezza e prove per decespugliatori e tagliaerba a motore portatili manualmente - Parte 1: Macchine equipaggiate di un motore a combustione interna integrato.

UNI EN ISO 19432: 2013 - Macchine e attrezzature per le costruzioni edili - Troncatrici a disco portatili con motore a scoppio - Requisiti di sicurezza.

UNI EN 500-4: 2011 - Macchine mobili per costruzioni stradali - Sicurezza - Parte 4: Requisiti specifici per compattatori.

UNI EN ISO 11681-1: 2012 - Macchine forestali - Requisiti di sicurezza e prove per motoseghe a catena portatili - Parte 1: Motoseghe a catena per lavori forestali.

UNI EN ISO 11681-2: 2017 - Macchine forestali - Requisiti di sicurezza e prove per motoseghe a catena portatili - Parte 2: Motoseghe a catena per potatura.

UNI EN 709: 2010 - Macchine agricole e forestali - Motocoltivatori provvisti di coltivatori rotativi, motozappatrici, motozappatrici con ruota(e) motrice(i) - Sicurezza.

ISO 11789: 1999 - Powered edgers with rigid cutting means - Definitions, safety requirements and test procedures.

CEI EN 60745-1: 2011 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety - Part 1: General requirements.

CEI EN 60745-2-1: 2011 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety Part 2: Particular requirements for drills and impact drills.

CEI EN 60745-2-2: 2011 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety Part 2: Particular requirements for screwdrivers and impact wrenches.

CEI EN 60745-2-3: 2012 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety - Part 2-3: Particular requirements for grinders, polishers and disk-type sanders.

CEI EN 60745-2-4: 2008 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety - Part 2-4: Particular requirements for sanders and polishers other than disk type.

CEI EN 60745-2-5: 2011 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety Part 2: Particular requirements for circular saws.

CEI EN 60745-2-6: 2011 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety Part 2: Particular requirements for hammers.

CEI EN 60745-2-8: 2010 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety Part 2: Particular requirements for shears and nibblers.

CEI EN 60745-2-9: 2011 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety Part 2: Particular requirements for tappers.

CEI EN 60745-2-11: 2011 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety Part 2: Particular requirements for reciprocating saws (jig and sabre saws).

CEI EN 60745-2-12: 2010 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety Part 2: Particular requirements for concrete vibrators.

CEI EN 60745-2-13: 21011 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety - Part 2-13: Particular requirements for chain saws.

CEI EN 60745-2-14: 2010 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety Part 2: Particular requirements for planers.

CEI EN 60745-2-15: 2010 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety Part 2: Particular requirements for hedge trimmers.

CEI EN 60745-2-17: 2011 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety Part 2: Particular requirements for routers and trimmers.

CEI EN 60745-2-22: 2011 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety - Part 2-22: Particular requirements for cut-off machines.

CEI EN 60745-2-23: 2013 - Hand-held motor-operated electric tools - Safety Part 2: Particular requirements for die grinders and small rotary.





