

ARTICOLO DI PUNTOSICURO

Anno 25 - numero 5358 di Lunedì 27 marzo 2023

Trattori e vibrazioni: come ridurre le vibrazioni sul sedile dell'operatore?

La progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo e i possibili interventi per la mitigazione degli effetti delle vibrazioni che arrivano all'operatore. Sistemi di collegamento, sospensioni e sedili ammortizzati.

Roma, 27 Mar ? Nei mesi scorsi, in relazione ai rischi relativi al **rumore** e alle **vibrazioni per gli operatori delle macchine agricole**, abbiamo presentato il documento "Progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo. Manuale operativo" prodotto nel 2021 dal Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale dell' Inail.

Questo manuale - rivolto non solo a tecnici altamente qualificati ma anche a progettisti, costruttori, utilizzatori di macchine ed apparecchiature, datori di lavoro e responsabili della sicurezza - si concentra principalmente sulla **riduzione delle vibrazioni** in quanto "circa **quattro quinti delle malattie professionali** riconosciute nel settore agricolo riguardano il sistema osteo-muscolare, il tessuto connettivo ed il sistema nervoso: di queste una quota preponderante è ascrivibile ad una eccessiva esposizione a vibrazioni".

Inoltre spesso il rumore generato sulle macchine agricole è "causato da irradiazione acustica dovuta a vibrazioni di pannelli. Pertanto, una progettazione concentrata sulla riduzione delle vibrazioni produce indirettamente una riduzione del rumore emesso".

Il documento non solo fornisce informazioni e analisi relative ai temi della vibroacustica connessa alle macchine agricole, ma riporta anche utili suggerimenti relativi alle possibili modifiche per la **mitigazione degli effetti delle vibrazioni e del rumore**.

Dopo aver già parlato delle possibili modifiche alle macchine operatrici, ci soffermiamo oggi sui seguenti argomenti:

- Vibrazioni e macchine agricole: le modifiche ai sistemi di collegamento
- Rischio vibrazioni: come intervenire sulle macchine agricole
- Vibrazioni e macchine agricole: la riduzione dell'esposizione al rischio

Pubblicità

<#? QUI-PUBBLICITA-MIM-[ACAA706] ?#>

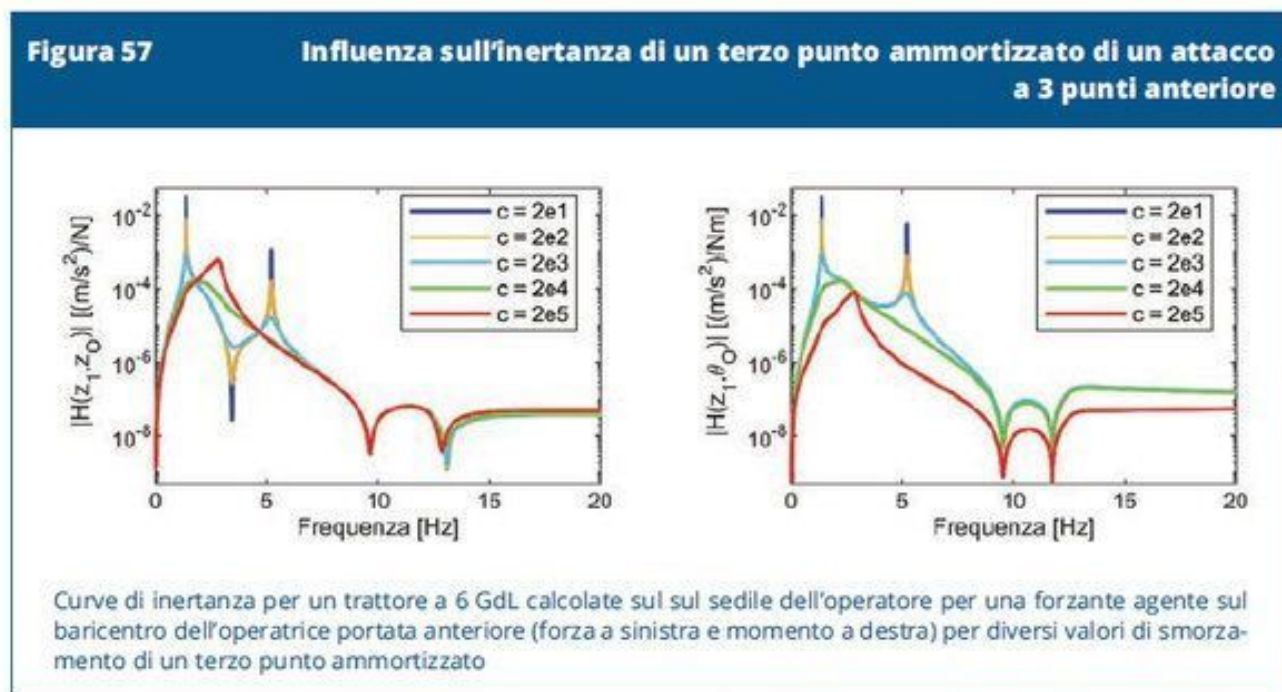
Vibrazioni e macchine agricole: le modifiche ai sistemi di collegamento

Il documento si sofferma, ad esempio, sulle **modifiche ai sistemi di collegamento per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore**. E si mostrano, in vari sotto paragrafi, alcune possibili "modifiche dei sistemi di collegamento che, apportate in fase di progettazione o in fase di bonifica dell'esistente, possono portare ad una riduzione dei livelli di accelerazione sul sedile dell'operatore".

Ricordando, come segnalato in altri articoli, che il livello di vibrazioni trasmesse all'operatore può essere modificato dalla presenza di **macchine operatrici** collegate al trattore, il documento indica, ad esempio, che "una soluzione, spesso adottata, per isolare il trattore dalle vibrazioni dovute alle forzanti agenti sull'operatrice, consiste nell'inserimento di un **terzo punto dotato di smorzatore**".

Viene poi proposto un caso in cui si mostrano "gli effetti di un terzo punto ammortizzato dell'attacco a tre punti anteriore sulle vibrazioni trasmesse all'operatore".

Riprendiamo, a titolo esemplificativo, un grafico che mostra l'inertanza (la misura dell'attitudine di una struttura a mettersi in vibrazione a seguito dell'applicazione di una forza) fra lo spostamento del sedile" ed una forza, o una coppia agente sul baricentro della macchina operatrice portata, "per diversi valori di smorzamento di un terzo punto ammortizzato. Si può notare che aumentando lo smorzamento si ha una progressiva riduzione dei picchi dell'inertanza fino ad un valore ottimale". Un ulteriore incremento "produce un aumento indesiderato dell'inertanza" in corrispondenza "dell'antirisonanza originaria del sistema".



(Università degli Studi di Roma La Sapienza - DIMA in collaborazione con Università degli Studi dell'Aquila - DIIE)

E l'analisi delle curve di trasmissibilità ? con riferimento ad altri grafici presenti nel documento - "mostra che l'inserimento di un terzo punto ammortizzato non altera in modo significativo la trasmissione al sedile dell'operatore delle vibrazioni prodotte dall'interazione delle ruote del trattore con il terreno. Quindi, come prevedibile, l'introduzione di uno smorzatore sul terzo punto modifica solo la via di trasmissione tra macchina operatrice e trattore senza modificare la trasmissibilità del trattore stesso".

Rischio vibrazioni: come intervenire sulle macchine agricole

Il documento si sofferma poi sulle **modifiche ai trattori per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore**.

Il documento ricorda in generale che il **parco macchine italiano** "è piuttosto datato ed una significativa percentuale dei trattori non dispone dei moderni dispositivi per la protezione del conducente. Tuttavia, le normative ed i limiti imposti dalle leggi a tutela del lavoratore si applicano all'intero parco macchine".

E dunque mentre i nuovi trattori agricoli "sono progettati nel rispetto degli obblighi normativi, per i trattori più datati sono spesso necessari degli **interventi di bonifica**".

Si indica che dopo un'analisi del sistema e delle criticità "**è possibile intervenire introducendo degli opportuni sistemi di sospensione per separare la sorgente delle vibrazioni dalla struttura della macchina o l'operatore dalla struttura vibrante**". E, come mostrato nel capitolo 4 del documento Inail, la sospensione "deve essere progettata in modo che la frequenza di taglio sia inferiore alla più bassa frequenza di sollecitazione".

In particolare tra gli **interventi attuabili in termini di bonifica dell'esistente** "si possono considerare:

- l'installazione di sospensioni nei punti di fissaggio della cabina al telaio del trattore: si può distinguere in questo caso tra isolamento a bassa frequenza, introducendo dei veri e propri ammortizzatori, o un isolamento ad alta frequenza collegando la cabina al telaio mediante dei silent-block;
- la sostituzione di sedili rigidi con sedili ammortizzati: il sistema introdotto deve essere in grado di ridurre sia le vibrazioni che gli effetti degli urti;
- la sostituzione degli pneumatici: la rigidità e la pressione di gonfiaggio degli pneumatici possono essere scelte in modo da minimizzare le vibrazioni della macchina. Si noti che una riduzione eccessiva della rigidità può portare a elevati movimenti di beccheggio a bassa frequenza".

"Utilizzate singolarmente o meglio combinate tra loro", queste modifiche ? continua il documento ? "possono essere sufficienti a rendere il trattore o la macchina agricola nel suo complesso rispondente ai requisiti normativi. Qualora tali modifiche non fossero sufficienti alla riduzione delle criticità, può diventare necessaria la sostituzione del trattore".

Vibrazioni e macchine agricole: la riduzione dell'esposizione al rischio

Ci soffermiamo sugli effetti connessi ad alcune delle modifiche indicate, ad esempio sull'**effetto dello smorzamento delle sospensioni sulle vibrazioni del sedile dell'operatore**.

Nel documento, con riferimento al modello del trattore a 6 GdL (gradi di libertà), si mostra come "ciascuno smorzatore agisca differentemente sulla trasmissibilità per ciascun modo del sistema". E una tabella mostra "gli effetti di ciascuno smorzatore sui fattori di smorzamento modale" dei modi del trattore:

Tabella 29 Influenza dei singoli smorzatori sui fattori di smorzamento modale									
Modo	f [Hz]	ζ_0	ζ_{c1}	ζ_{c2}	ζ_{c3}	ζ_{c4}	ζ_{c5}	ζ_{c6}	ζ_{tot}
1	1.07	0.0002	0.0011	0.0002	0.2136	0.0086	0.0002	0.0008	0.2218
2	1.44	0.0002	0.1810	0.0016	0.0027	0.0004	0.0003	0.0426	0.2539
3	3.51	0.0006	0.0872	0.0826	0.0009	0.0006	0.0014	0.0153	0.2425
4	4.55	0.0007	0.0274	0.1453	0.0007	0.0007	0.0014	>1	>1
5	7.46	0.0012	0.0012	0.0012	0.1967	0.4602	0.0012	0.0012	0.6572
6	12.09	0.0019	0.0020	0.0023	0.0021	0.0019	0.1675	0.0735	0.2446
		a_{wz}^0	a_{wz}^{c1}	a_{wz}^{c2}	a_{wz}^{c3}	a_{wz}^{c4}	a_{wz}^{c5}	a_{wz}^{c6}	a_{wz}^{tot}
	a_{wz} [m/s ²]	19.70	6.44	6.40	18.76	19.37	17.68	5.65	1.54

Il documento riporta molte indicazioni per la lettura dei risultati della tabella.

Sono riportate poi indicazioni relative agli **effetti dell'inserimento di un sedile ammortizzato** e si evidenzia "come realizzare un dimensionamento di massima di una sospensione del sedile per ridurre l'esposizione alle vibrazioni del conducente del trattore".

Si consideri ? continua il documento ? "un trattore cabinato privo di sospensione del sedile e della cabina che provochi una elevata esposizione del conducente alle vibrazioni in termini di accelerazione" e in vari grafici si mostra "lo spettro dell'accelerazione della risposta al sedile dell'operatore mentre il trattore percorre un tracciato standard ad una velocità di 3 km/h".

Volendo attenuare le vibrazioni evidenziate nelle immagini e nel documento, introducendo una sospensione al sedile, è opportuno considerare che "una sospensione è in grado di attenuare le vibrazioni con pulsazione maggiore di $\frac{1}{2} \omega_n$, dove ω_n è la pulsazione propria del sistema sospeso. Ciò comporta che la pulsazione del sistema sospeso deve essere inferiore alle pulsazioni dei modi che si vogliono attenuare".

Nel caso presentato "è presente un modo proprio del sistema ad una frequenza relativamente bassa ($f_1 \approx 1$ Hz). Pertanto, volendo attenuare la risposta in corrispondenza di tutti e tre i modi evidenziati dalla trasmissibilità, sarebbe necessario adottare una sospensione del sedile troppo flessibile. È quindi necessario **agire preliminarmente su altri elementi del trattore**. Analizzando la natura dei modi del trattore e l'influenza dei singoli parametri, si osserva che la frequenza del primo modo è fortemente influenzata dalla rigidità della sospensione dell'assale. Si può quindi intervenire su tale rigidità per spostare a frequenze più elevate il primo modo del trattore".

Rimandiamo ancora alla lettura integrale del documento che riporta ulteriori indicazioni e immagini sulle possibili modifiche ed effetti, relative al rischio vibrazioni e al rischio rumore, e che si sofferma, in conclusione, anche su altri aspetti:

- modifiche alle macchine operatrici per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore;
- insonorizzazione della cabina per l'attenuazione delle medie alte frequenze.

RTM

Scarica il documento da cui è tratto l'articolo:

Inail, Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale, " Progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo. Manuale operativo", a cura di Annalisa Fregolent (Università degli Studi di Roma La Sapienza - Dipartimento di ingegneria meccanica e aerospaziale), Pietro Nataletti (Inail ? Dimeila), Walter D'Ambrogio e Jacopo Brunetti (Università degli Studi dell'Aquila - Dipartimento di ingegneria industriale e dell'informazione e di economia), manuale predisposto nell'ambito del progetto Bric Inail ID26 del Piano delle attività di ricerca Inail 2016 - 2018, Collana Salute e Sicurezza, edizione 2021 (formato PDF, 4.09 MB).

Vai all'area riservata agli abbonati dedicata a " Informazioni su progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo".



Licenza Creative Commons

I contenuti presenti sul sito PuntoSicuro non possono essere utilizzati al fine di addestrare sistemi di intelligenza artificiale.

www.puntosicuro.it