

COMFORT ACUSTICO AL POSTO OPERATORE PER TRATTORI AGRICOLI IN DIVERSE CONDIZIONI OPERATIVE

Francesca Pedrielli (1), Eleonora Carletti (2), Patrizio Fausti (3), Francesco Pompoli (4), Alessandro Peretti (5), Jacopo Griguolo (6), Pietro Nataletti (7)

- 1) C.N.R. – IMAMOTER, Istituto per le macchine agricole e movimento terra del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Ferrara, f.pedrielli@imamoter.cnr.it
- 2) C.N.R. – IMAMOTER, Istituto per le macchine agricole e movimento terra del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Ferrara
- 3) Dipartimento di Ingegneria, Università di Ferrara, Ferrara
- 4) Dipartimento di Ingegneria, Università di Ferrara, Ferrara
- 5) Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro, Università di Padova, Padova
- 6) Consulente in acustica, Rovigo
- 7) INAIL Ricerca, Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale, Monte Porzio Catone (Roma)

SOMMARIO

È stata condotta un'analisi sperimentale su 4 diversi trattori, in diverse condizioni reali di lavoro al fine di valutare le differenze in termini di rumore al posto operatore. I risultati hanno evidenziato che il livello sonoro non ponderato non sembra essere un parametro affidabile per descrivere il rumore presente al posto operatore, mentre sia il livello complessivo ponderato A, sia la loudness sembrano esserlo maggiormente; la scelta fra i due va effettuata in funzione dell'obiettivo da raggiungere.

1. Introduzione

In agricoltura, i problemi legati alla sicurezza dei lavoratori spaziano notevolmente e vanno dalla corretta prevenzione degli incidenti, all'attenzione per il benessere e il comfort dell'operatore. In Italia, il problema è reso ancor più evidente dal fatto che a fronte di un'alta diffusione di trattori agricoli si riscontra un elevatissimo numero di macchine in uso che sono molto datate. Questo aspetto è particolarmente preoccupante per l'igiene del lavoro perché i vecchi trattori rappresentano un rischio più elevato.

Negli ultimi anni, il mercato italiano dei trattori ha registrato un forte aumento delle nuove immatricolazioni segnando una svolta rispetto ad un lungo trend negativo del mercato nazionale. Tuttavia, anche se i dati forniti dal Ministero dei Trasporti italiano, evidenziano un aumento del 23,8% solo nell'ultimo anno, il numero di unità vendute (22.705) sono sempre un numero esiguo rispetto alle unità (circa 1,9 milioni) che si stima siano operative nel nostro Paese.

Questo articolo riguarda, in particolare, il disturbo da rumore e si propone non tanto di valutare l'esposizione al rumore ai sensi della normativa vigente quanto piuttosto: a) di stimare come le caratteristiche costruttive delle macchine e i diversi tipi di lavorazioni agricole possano influire sulle condizioni di disturbo; b) di valutare se il parametro psicoacustico della loudness possa essere più significativo rispetto al livello pesato A per descrivere il rumore percepito dall'operatore.

2. Materiali e metodi

2.1 Caratteristiche dei trattori

Le misurazioni sono state effettuate su quattro trattori (T1, T2, T3, T4) mentre svolgevano cinque diverse operazioni: sul campo durante aratura (a 4-7 km/h) ed erpicatura (a 2 km/h) e in movimento su diverse superfici (asfalto, ghiaia e sterrato) alla velocità di 20 km/h. I trattori, tutti dotati di cabina chiusa, avevano caratteristiche diverse principalmente in relazione alle sospensioni: T1 e T2 montavano silent block assiali in gomma sia sul lato anteriore che su quello posteriore della cabina, T3 e T4 presentavano un sistema con bussole radiali in gomma sulla

parte anteriore e ammortizzatori a molla nella parte posteriore della cabina.

Per quanto riguarda l'isolamento della cabina relativamente al rumore trasmesso per via strutturale e aerea, si deve considerare che le cabine dei trattori T1, T2, T3, sono sostanzialmente analoghe tra loro. Tuttavia passando dal trattore T1 (considerato "modello base"), ai trattori T2 e T3 aumentano gli irrigidimenti strutturali e i trattamenti bituminosi smorzanti sulle lamiere. La cabina del trattore T4 è diversa rispetto alle altre e presenta maggiori irrigidimenti e trattamenti smorzanti più importanti.

2.2 RegISTRAZIONI binaurali e analisi dei dati

Le registrazioni binaurali sono state effettuate con l'ausilio della cuffia binaurale sovraaurale 3D SCADAS LMS collegata al sistema di acquisizione multicanale LMS SCADAS. Le registrazioni sono state successivamente analizzate per calcolare i livelli sonori e i principali parametri psicoacustici per ciascun orecchio, seguendo gli algoritmi implementati nel software LMS Test.Lab (ver.17.1, Siemens Industry Software NV, Leuven, Belgio). In questo articolo si riportano i risultati relativi al livello continuo equivalente L_{eq} , in dB e in dB(A) e al valore medio di loudness N, in sone, calcolato secondo la ISO532B per campo diffuso. In ogni condizione operativa, le acquisizioni sono state ripetute tre volte e, al fine di minimizzare l'influenza dell'operatore, tutti i trattori sono stati condotti dallo stesso operatore per tutte le diverse operazioni.

3. Risultati

Per ciascun orecchio e per ciascuna operazione, è stato calcolato il valore medio tra le 3 ripetizioni per i diversi trattori. I grafici riportati in Figura 1 mostrano tali valori medi per tutte le grandezze. Per rappresentare graficamente la variabilità dei dati fra le 3 ripetizioni, la differenza tra il valore medio e i valori estremi (minimo o massimo) è raffigurata con barre di errore. Come primo risultato si nota che i valori di orecchio destro e sinistro sono simili tra loro seppure con valori assoluti talvolta leggermente differenti.

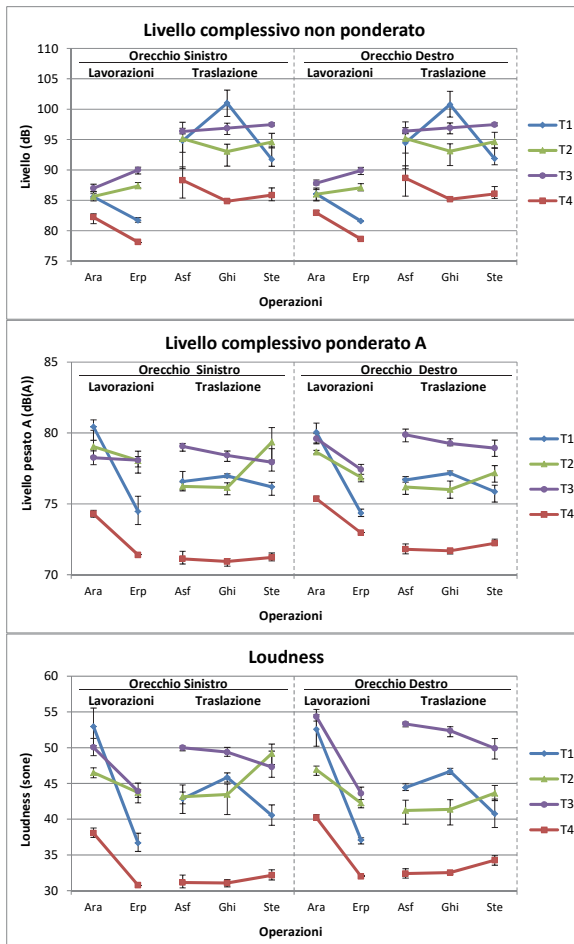


Figura 1 – Differenze tra i trattori (valore medio e range tra le 3 ripetizioni)

In tutti i grafici, il trattore T4 ha livelli/valori sempre più bassi di tutti gli altri a conferma dell'efficacia delle caratteristiche di isolamento acustico della propria cabina. Al contrario, i sistemi di sospensione/isolamento della cabina presenti sugli altri trattori non sempre hanno un chiaro effetto ai fini della riduzione del livello di rumore al posto guida. Considerando i livelli di pressione sonora complessivi non ponderati, le operazioni di aratura ed erpicatura sono le meno rumorose per tutti i trattori, mentre se si osservano i livelli di pressione sonora ponderati A, tali operazioni o hanno valori del tutto confrontabili con la traslazione su strada (T1, T2, T3) o, addirittura, hanno un livello più elevato (T4).

Le variazioni tra le diverse operazioni sono molto ampie (19 dB) per il livello non ponderato mentre sono molto più limitate (6 dB(A)) per il livello ponderato A. Inoltre, riferendosi a livelli di pressione acustica non ponderati durante la traslazione su diversi tipi di strade, i risultati sono discordanti tra i trattori. La peggiore condizione è rappresentata dal trattore T1 su strada ghiaia, ma le barre di errore per questa condizione evidenziano una grande variabilità dei risultati tra le 3 prove. Il contenuto a bassa frequenza di questi segnali è un elemento chiave per comprendere buona parte di queste differenze.

Come si può vedere dallo spettro riportato in Figura 2 relativamente al trattore 1, come era prevedibile, la generazione di queste componenti a bassa frequenza, dovuta all'interazione ruota-terreno, è più evidente per le superfici più compatte e quasi scompare nelle operazioni in campo. Inoltre, risonanze ed effetti modali, in cabina, di tali componenti di rumore potrebbero essere la ragione della grande variabilità tra le diverse ripetizioni.

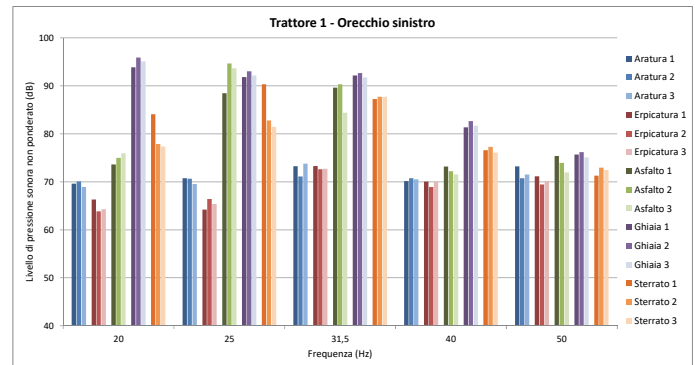


Figura 2 – Spettro a bassa frequenza in bande di 1/3 di ottava del livello equivalente non ponderato, per le diverse operazioni e ripetizioni.

Per quanto riguarda la loudness, i risultati sono molto simili a quelli ottenuti per il livello pesato A; l'unica differenza evidente è che la loudness meglio descrive le variazioni tra le diverse operazioni. Le condizioni estreme in termini di disturbo sono rispettivamente aratura ed erpicatura. Pertanto, sembra che il maggior contenuto di energia acustica presente nella traslazione su strada non sia collegato a un disturbo più elevato, ma ciò può essere confermato solo da test soggettivi. Vale la pena notare che per tutti i 60 segnali analizzati i valori di loudness hanno avuto una variabilità sempre maggiore delle minime differenze percepibili rilevate per questo parametro per altre macchine (0.8 sone per i caricatori compatti) e quindi tale variabilità risulta significativa ai fini della percezione [2].

4. Conclusioni

Le caratteristiche dei segnali di rumore, registrate binauralmente su quattro diversi trattori in diverse condizioni di lavoro, sono state valutate in termini di livello continuo equivalente L_{eq} , in dB e in dB(A) e di valore medio di loudness N, in sone.

I segnali registrati all'orecchio destro e sinistro sono abbastanza simili anche se l'analisi della varianza ha mostrato differenze statisticamente significative, probabilmente dovute alla posizione di lavoro dell'operatore durante le operazioni condotte in campo. Le misure, soprattutto in termini di livello complessivo non ponderato, hanno mostrato forti differenze tra alcune ripetizioni a causa delle componenti a bassa frequenza generate dall'interazione ruota-terreno e irradiate all'interno della cabina con effetti modali e di risonanza. Per questo motivo, il livello sonoro non ponderato sembra non essere affidabile per descrivere il rumore presente al posto operatore.

Loudness e L_{Aeq} sembrano portare informazioni simili e solo uno di essi andrebbe mantenuto; la scelta di quale va definita in funzione dell'obiettivo da raggiungere, in relazione al rispetto dei limiti di rumore o in relazione alla valutazione della percezione di fastidio per l'operatore.

5. Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Giovanni Brambilla per il prezioso supporto nell'elaborazione dei dati. La ricerca è stata sviluppata nell'ambito del Progetto BRIC-ID26 finanziato da INAIL.

6. Bibliografia

- [1] Assottrattori, Agricultural machinery: registrations rocket at the end of 2017, Press Release 15.01.2018, Available online: <https://www.assottrattori.it/ew/comunicati/Press%20Release%20FederUna%20coma%202018%20January%202018.doc> (accessed on 19 January 2018)
- [2] Pedrielli, F., Carletti, E., and Casazza, C., *Just noticeable differences of loudness and sharpness for earth moving machines*, in Atti di Acoustics '08, Paris, France, 29 Giugno - 4 Luglio 2008.