

U.O. di Milano: Attività svolta nell'ambito del Progetto Sicura

1. Rumore

E' stato rilevato il L_{Aeq} all'orecchio del conducente di 60 trattori agricoli (tabella 1), dislocati in diverse aziende cerealicolo-zootecniche della Lombardia, per verificare l'influenza di alcuni parametri, come l'età, le ore di lavoro, le condizioni del silenziatore, della marmitta ecc., sul livello sonoro emesso e conseguentemente per esaminare se l'utilizzo di DPI può efficacemente ridurre il rumore percepito dal conducente.

N.	MARCA	MODELLO	CONDIZIONI DEL SILENZIATORE	TIPO STRUTTURA DI PROTEZIONE	LIVELLO SONORO EMESSO CON TRATTORE FERMO (dB(A)) LATO		LIVELLO SONORO EMESSO CON TRATTORE IN MARCIA (dB(A)) LATO	
					Dx	Sx	Dx	Sx
1	AGRIFULL	65	Usurato	telaio con ripari	95	96,5	96	96,5
2	AGRIFULL	65	mancante di parti	telaio	96	95,5	95	96
3	AGRIFULL	80 DT	Usurato	telaio	97,5	97	99	98,5
4	DEUTZ FAHR	-	mancante di parti	assente	93	93	91	91
5	FENDT	Farmer 102 S Turbomatic	Efficiente	telaio	95	95	94	93,5
6	FIAT	140 - 90	Efficiente	cabina originale	82,5	83,5	81,5	85
7	FIAT	DT 1180	mancante di parti	cabina originale	84	83	84	83
8	FIAT	F 110	Efficiente	cabina originale	75,5	76,5	75,5	77
9	FIAT	100 - 90	Efficiente	Cabina originale	88,5	88	88	87,5
10	FIAT	1380 DT	mancante di parti	Cabina originale	84,5	85	85	86
11	FIAT	780	Usurato	Cabina non originale	89	90	89	90,5
12	FIAT	980	Efficiente	Cabina non originale	89,5	86	90	86,5
13	FIAT	DT 100 - 90	Usurato	Cabina non originale	88	88	90	89
14	FIAT	70 - 90	Usurato	Telaio con ripari	94	95,5	95,5	95,5
15	FIAT	766	Usurato	Telaio con ripari	93,5	92	94	92,5
16	FIAT	566	Efficiente	Telaio con ripari	92	92,5	92	92
17	FIAT	1000	Usurato	Telaio con ripari	94,5	95	95,5	96
18	FIAT	850 DT	Usurato	Telaio con ripari	92,5	93	92,5	93,5
19	FIAT	1000	Efficiente	Telaio con ripari	94	94	94	93
20	FIAT	1000 Super	Usurato	telaio	96,5	99,5	98,5	98,5
21	FIAT	88 - 93	Efficiente	telaio	87	86	87	86,5
22	FIAT	1000 DT Super	Usurato	telaio	93	92,5	94	92,5
23	FIAT	980 DT	mancante di parti	telaio	92,5	92,5	92,5	92
24	FIAT	766 DT	Efficiente	assente	92	93	91,5	93

25	FORD	4630	Efficiente	telaio	95,5	97	95,5	96
26	FORD	5600	Usurato	telaio	94,5	94	95	95,5
27	HURLIMANN	H - 490	Efficiente	Cabina non originale	88,5	90	89,5	90
28	HURLIMANN	H - 470	Efficiente	telaio	94,5	93	95	94
29	INTERNATIONAL HARVESTER	533	mancante di parti	telaio con ripari	94,5	94,5	94,5	94,5
30	LAMBORGHINI	1356	Usurato	cabina originale	86,5	88,5	86,5	88,5
31	LAMBORGHINI	674 - 70	Efficiente	cabina originale	83	82	82,5	82,5
32	LAMBORGHINI	R 235 DT	Efficiente	telaio con ripari	97,5	97,5	96,5	96,5
33	LAMBORGHINI	904 DT	Efficiente	telaio con ripari	92,5	93	92,5	92,5
34	LAMBORGHINI	1256	mancante di parti	telaio con ripari	87	87	87	87,5
35	LAMBORGHINI	-	Usurato	telaio	95	95	95	95
36	LANDINI	110	Efficiente	cabina originale	71	71	73	74
37	LANDINI	7500	Efficiente	cabina originale	89,5	90	89,5	90
38	LANDINI	-	Efficiente	cabina non originale	91,5	92	92,5	92,5
39	LANDINI	6870	Efficiente	cabina non originale	90,5	90,5	91,5	90,5
40	LANDINI	DT 9500	mancante di parti	telaio con ripari	99	98,5	99,5	98,5
41	LANDINI	R 6000	Usurato	telaio con ripari	100	100	98	97,5
42	LANDINI	7500	Usurato	assente	98,5	97	99,5	98
43	FIAT - OM	750 Special	Efficiente	telaio con ripari	93	94	93,5	94,5
44	FIAT - OM	750 Special	Efficiente	telaio con ripari	95,5	95,5	94	94,5
45	SAME	Explorer II 80	Efficiente	cabina originale	84,5	84	84,5	84,5
46	SAME	Laser 110	Efficiente	cabina originale	82,5	81,5	83	82,5
47	SAME	Laser 130	Efficiente	cabina originale	84,5	85,5	84	85,5
48	SAME	Explorer II 90	Efficiente	cabina originale	82	82	84	82,5
49	SAME	Laser 150	Efficiente	cabina originale	83	81	81	80,5
50	SAME	Minitaurus 60	Efficiente	telaio con ripari	92,5	92,5	93	92
51	SAME	Explorer 55	Efficiente	telaio con ripari	90	90	89,5	90
52	SAME	Minitaurus 60	mancante di parti	telaio con ripari	95,5	95	96	95,5
53	SAME	Leopard 85	Usurato	telaio con ripari	92	92,5	92,5	95,5
54	SAME	Panter 95	Usurato	telaio con ripari	92,5	92,5	93	92
55	SAME	Minitaurus 50	Efficiente	telaio con ripari	97	97	96,5	97
56	SAME	Explorer 75 Special	Usurato	telaio	96,5	96	95	96,5
57	SAME	Centauro 70 Export	Usurato	cabina non originale	88	88	88,5	87,5
58	SAME	-	Efficiente	cabina non originale	82	81	81	81
59	SAME	Panter 95	Usurato	telaio	93	94	92,5	93
60	SAME	Minitaurus 50	Usurato	assente	92	92,5	94	93

Tabella 1 – Caratteristiche e livelli sonori rilevati sui trattori sottoposti a prova.

Sono state raccolte inoltre altre informazioni, che potevano influenzare la rumorosità emessa e il livello sonoro percepito dall'operatore (tabella 1):

- tipo di struttura di protezione;

- condizioni del silenziatore.

Prima di procedere al rilievo del livello sonoro, venivano raccolti alcuni dati informativi del trattore (tabella 2) quali:

- età del mezzo;
- potenza;
- ruote motrici;
- numero di ore lavorate per anno, con particolare riguardo all'ultimo periodo di lavoro;
- stima del numero di ore totali di lavoro del mezzo su informazioni fornite dall'utilizzatore (se il contaore era danneggiato).

N.	MARCA	MODELLO	POTENZA (kW)	RUOTE MOTRICI (n.)	ANNO DI ACQUISTO	ORE DI LAVORO TOTALI (n.)
1	AGRIFULL	65	48	2 RM	1990	6580
2	AGRIFULL	65	48	2 RM	1990	7310
3	AGRIFULL	80 DT	59	4 RM	1988	5530
4	DEUTZ - FAHR	-	59	2 RM	1978	25000
5	FENDT	Farmer 102 S turbomatic	41	2 RM	1977	5424
6	FIAT	DT 1180	87	4 RM	1981	3650
7	FIAT	F - 110	81	4 RM	1990	1800
8	FIAT	100 - 90	74	2 RM	1995	1250
9	FIAT	1380 DT	99	4 RM	1980	11000
10	FIAT	780	57	4 RM	1980	9275
11	FIAT	980	72	4 RM	1983	6500
12	FIAT	DT 100 - 90	74	4 RM	1988	11500
13	FIAT	70 - 90	52	2 RM	1989	3300
14	FIAT	766	57	2 RM	1983	7080
15	FIAT	1000	74	2 RM	1975	8500
16	FIAT	566	43	2 RM	1984	7960
17	FIAT	850 DT	66	4 RM	1980	14000
18	FIAT	1000	74	2 RM	1975	14000
19	FIAT	1000 super	74	4 RM	1976	9163
20	FIAT	88 - 93	65	4 RM	1994	4640
21	FIAT	1000 DT super	87	4 RM	1987	7870
22	FIAT	980 DT	72	4 RM	1982	7461
23	FIAT	766 DT	57	4 RM	1982	9500
24	FIAT	140 - 90	103	4 RM	1990	3105
25	FORD	4630	46	2 RM	1993	3600
26	FORD	5600	55	2 RM	1979	8900
27	HURLIMANN	H - 490	66	4 RM	1983	5400
28	HURLIMANN	H - 470	52	4 RM	1982	7000
29	INTERNATIONAL HARVESTER	533	39	2 RM	1981	7445

30	LAMBORGHINI	R 235 DT	26	4 RM	1990	5600
31	LAMBORGHINI	1356	99	4 RM	1983	3000
32	LAMBORGHINI	674 - 70	52	2 RM	1989	4802
33	LAMBORGHINI	904 DT	66	4 RM	1978	11500
34	LAMBORGHINI	1256	96	4 RM	1986	9000
35	LAMBORGHINI	-	59	4 RM	1982	9514
36	LANDINI	110	81	4 RM	1993	5591
37	LANDINI	7500	55	4 RM	1984	5739
38	LANDINI	-	81	4 RM	1991	6530
39	LANDINI	6870	52	2 RM	1990	6500
40	LANDINI	DT 9500	70	4 RM	1980	19620
41	LANDINI	R 600	44	2 RM	1975	15000
42	LANDINI	7500	55	4 RM	1977	8000
43	FIAT-OM	750 special	55	2 RM	1975	7982
44	FIAT -OM	750 special	55	2 RM	1983	9653
45	SAME	Explorer II 80	59	4 RM	1991	1655
46	SAME	Laser 110	81	4 RM	1988	3600
47	SAME	Laser 130	96	4 RM	1987	1200
48	SAME	Explorer II 90	66	4 RM	1992	2840
49	SAME	Laser 150	110	4 RM	1987	3690
50	SAME	Minitaurus 60	44	2 RM	1982	10000
51	SAME	Explorer 55	41	4 RM	1990	4406
52	SAME	Minitaurus 60	44	2 RM	1978	5562
53	SAME	Leopard 85	63	4 RM	1983	12000
54	SAME	Panter 95	70	4 RM	1982	8000
55	SAME	Minitaurus 50	37	2 RM	1975	8500
56	SAME	Explorer 75 special	55	2 RM	1990	7080
57	SAME	Panter 95	70	4 RM	1982	8540
58	SAME	Centaur 70 Export	52	4 RM	1980	6500
59	SAME	Laser 110	81	4 RM	1989	3848
60	SAME	Minitaurus 50	37	2 RM	1977	7000

Tabella 2 – Caratteristiche generali dei trattori esaminati.

Nonostante il numero non molto elevato di macchine la loro età era molto variabile, essendo compresa tra 4 e 30 anni, con una concentrazione maggiore del 50% tra 10 e 20 anni; i trattori provati sono inoltre rappresentativi di tutte le classi di potenza.

Come largamente prevedibile, il numero di ore lavorate da questi trattori, è molto variabile, da un minimo di 1200 fino a 25000 ore; nel 30 % dei casi questo dato è stato stimato dall'agricoltore, essendo il contatore fuori uso. Inoltre si evidenzia che il 57% delle macchine analizzate ricade all'interno di un intervallo che va da un minimo di 5.000 ad un massimo di 10.000 ore, mentre la media delle 60 macchine esaminate si attesta sulle 7.380 ore. Per quanto riguarda il numero di ore di lavoro annuali circa il 40% dei trattori esaminati ha lavorato tra le 400 e le 800 ore, confermando un loro certo sottoutilizzo.

Le condizioni del silenziatore hanno un'elevata influenza sul livello sonoro emesso: in metà dei casi tutto il sistema di scarico era ancora efficiente, mentre su 21 trattori il silenziatore era danneggiato; nei restanti trattori è stata addirittura rilevata una parziale o completa distruzione del sistema di scarico, con evidente influenza sull'incremento del livello sonoro.

Solamente il 26,7% dei trattori era dotato di cabina, mentre la rimanente parte delle macchine non aveva nessun dispositivo per la protezione dal rumore.

Quando su un trattore è montato un telaio di sicurezza con o senza il tetto od il parabrezza oppure, ancora peggio, una cabina non insonorizzata non si riscontrano riduzioni del livello sonoro ma anzi, spesso, a causa dell'effetto di risonanza causato dalla presenza di queste strutture, il livello all'orecchio del conducente può aumentare rispetto a quello che si potrebbe registrare se non ci fosse alcuna struttura.

Per poter essere comparate fra di loro, le prove di rumorosità sono state eseguite analizzando il livello sonoro emesso dai trattori all'orecchio del conducente nelle seguenti condizioni:

- nessuna macchina operatrice accoppiata al trattore;
- trattore fermo ed in movimento a velocità ridotta su strada aziendale (7,5 km/h);
- massimo regime di rotazione del motore.

Nonostante tali parametri non siano quelli reali di utilizzo dei trattori, in quanto non hanno nessuna operatrice collegata ma d'altra parte il trattore non viene impiegato continuamente al massimo regime di rotazione, si può affermare che le condizioni rispecchino con buona approssimazione la realtà, poichè i due fenomeni tendono ad annullarsi.

Le prove sono state eseguite utilizzando un fonometro analogico Brüel & Kjaer tipo 2209, equipaggiato con un microfono a condensatore, della Brüel & Kjaer modello 4165. Il sensore è stato posizionato in prossimità dell'orecchio del conducente in accordo alla normativa e la prova è stata ripetuta per entrambe le orecchie, tenendo valido il livello più alto registrato. Le rilevazioni sono state eseguite usando la curva di ponderazione A inserita e con la costante SLOW, per una durata tale da ricavare livelli equivalenti. Data la limitata variabilità del rumore, generalmente il tempo per ogni misura è stato di pochi minuti.

Le misure con macchina in movimento sono state effettuate con motore a regime di potenza massima nella marcia che più si avvicina a 7,5 km/h ed in campo libero, come del resto i rilievi a macchina ferma.

Oltre alla rilevazione del livello globale ponderato, è stata effettuata un'analisi di frequenza per bande d'ottava, utilizzando il set di filtri Brüel & Kjaer modello 1613. Sulla base dei dati ottenuti sono stati sottratti, per ogni singola banda, i valori di attenuazione dei d.p.i. considerati, forniti dalle singole ditte costruttrici, con l'obiettivo di analizzarne l'efficacia di protezione. I valori di attenuazione erano stati precedentemente depurati, in sottrazione, del valore tipico di deviazione standard al quale corrisponde il 98% di persone sicuramente protette, quando indossano quel determinato otoprotettore. Per ogni banda d'ottava è stato poi considerato il valore della pesatura prevista dalla curva A per ottenere, con somma logaritmica, il livello sonoro globale in dB(A) che il conducente percepirebbe indossando correttamente i singoli otoprotettori.

Sono stati pertanto esaminati 40 differenti tipi di cuffie ed 81 inserti di vario tipo, fra i quali 27 archetti, provenienti da 53 differenti costruttori (*tabelle 3, 4 e 5*).

<u>Marca</u>	<u>Tipo</u>	NRR	SNR
American Allsafe	A-200-0	18	24
American Allsafe	A-200-U	17	23
American Allsafe	A-220-U	16	22
Bilsom International	Perflex 5701/02	22	30
Cabot Safety Corporation	Csboflex 500	20	29
Cabot Safety Corporation	E-A-R Caps 200	17	24

Eastern Safety	Band-TypeHearng	17	22
Flents Products Corporation	Peace & Quiet	24	31
Flents Products B25	Sila-Band 051-B	17	23
Flents Products Corporation	Sila-Band 051-B	17	23
Flents Products Corporation	Sila-Band 051-B	18	24
Howard Light Industry	Howard Light QB2-U	25	31
Jackson Products	Noise-Ban	17	22
Moldex Metrix	Pura Band 65-U	20	27
Moldex Metrix	Pura Band 65-B	20	28
North Health Care	Silent-Band-it BH	25	31
North Health Care	Silent-Band-it OH	26	31
North Health Care	Silent-Band-it UC	25	30
Tasco Corporation	Tasco Swivel B	17	23
Tasco Corporation	Tasco Swivel O	18	24
Tasco Corporation	Tasco Swivel U	17	23
Tasco Corporation	Tasco T-100-U	17	22
Wilson Safety	Sound Ban 10-B	18	25
Wilson Safety	Sound Ban 10	18	24
Wilson Safety	Sound Ban 10-Bu	18	24
Wilson Safety	Sound Ban 20-b	19	26
Wilson Safety	Sound Ban 20-u	22	28

Tabella 3 – Elenco degli archetti considerati nella simulazione con relativa attenuazione fornita dalle ditte costruttrici, espressa in termini di NRR e SNR.

<u>Marca</u>	<u>Tipo</u>	NRR	SNR
Bilsom International	Bilsom Downvik	33	40
Bilsom International	Blue 2308- oh	25	31
Bilsom International	Comfort 2315-oh	25	31
Bilsom International	Nova 27 0727-oh	27	33
Bilsom International	viking 29 2318 - bh	28	34
Bilsom International	viking 29 2318 - oh	29	34
Bilsom International	viking 29 2318 - uc	28	34
Cabot Safety Corporation	Cabot 3000 - b	26	33
Cabot Safety Corporation	Cabot 3000 - o	25	32
Cabot Safety Corporation	Cabot 3000 - u	26	33
ERB	Ear Muf	25	33
Elvex Corporation	Cap Mount	28	33
Elvex Corporation	Elvex Blue	29	37
Elvex Corporation	Equalizer	25	31
Elvex Corporation	Royal liquid	27	33

Elvex Corporation	Royal Pro-muf	25	31
Flents Products Corporation	Silenta super 2014-0	27	33
Flents Products B37	Silenta Universa B080-0	26	31
Howard Light Industry	Howard Light qm25-0	25	31
Howard Light Industry	Howard Light qm27-0	27	33
Howard Light Industry	Howard Light qm27-h	28	33
Mine Safety	Noise foe Mrkv-o	25	32
North Consumer	Gun Mufflex	25	31
North Health Care	Attenuator hp	29	35
North Health Care	Industrial Hp	25	31
North Health Care	Sound-Off HP oh	25	32
North Health Care	Sound-Off HP uc	25	31
North Health Care	Sound-Off HP lfhp	28	34
Peltor Incorporated	Peltor h10a-o	30	36
Peltor Incorporated	Peltor Lite-com htm7a	27	33
Recal Health	Classic 3	26	32
Silencio	Silencio CDS-800	29	35
Silencio	Silencio Liq 710	28	34
Silencio	Silencio RBW-71U	25	31
Silencio	Silencio RBW-71M	25	32
Tasco Corporation	Tasco ULTIMUFF 2592-H	25	32
Tasco Corporation	Tasco ULTIMUFF 2792-H	27	33
Wilson Safety	Sound Barrier 365a-b	25	32
Wilson Safety	Sound Barrier 365a-o	26	32
Wilson Safety	Sound Barrier 365a-u	25	32

Tabella 4 – Elenco delle cuffie considerate nella simulazione con relativa attenuazione fornita dalle ditte costruttrici, espressa in termini di NRR e SNR.

<u>Marca</u>	<u>Tipo</u>	<u>NRR</u>	<u>SNR</u>
3M	1100	29	36
American Allsafe	A-FM-24	27	33
American Allsafe	A-FM-26	27	33
Argus Corporation	Argus Foam	25	32
Aural Technology	Protectear solid	25	33
Bilsom	All Fit 5830	28	35
Bilsom	Whisper	27	33
Bilsom	Down Fit 6148	26	32
Bilsom	Per Fit 5603/04	26	33
Bilsom	Soft 5048	26	33
Cabot Safety	EAR Plugs	29	37
Cabot Safety	EAR Taperfit 2	33	40
Cabot Safety	E2 Fit Plugs	28	36

Emtech Laboratory	Hearsaver	29	35
Earmold Design	Sentinel Noise	29	36
Eastern Safety	Earplug 986	31	38
Eastern Safety	Earplug 987	31	38
Environmental	Insta-Mold	27	35
Fibre Metal	Purafit 6800	31	38
Fibre Metal	Purafit 6900	31	38
Flents Products	Ear stopples 020,030	25	32
Flents Products	Ear stopples 072, 073	25	31
Flents Products	Quiet Please	25	32
Flents Products	Silaplug	27	33
Hearing Conservation	Oto-Pro	31	37
Hocks Laboratory	Sound Seal	31	37
Howard Leigh Industry	Howard Leigh as1/30	27	33
Howard Leigh Industry	Howard Leigh lpf1/30	30	37
Howard Leigh Industry	Howard Leigh max1/30	34	39
Howard Leigh Industry	Howard Leigh qd1/30	26	33
Insta-Mold Products	InstaMold	27	35
Mid-States Laboratory	NoiseBraker	31	37
Mine safety Appliance	ACCU-FIT	26	32
Mine safety Appliance	Ears defenders	27	34
Moldex-Metric	Purafit	31	38
North Consumer	Com-Fit	26	33
North Consumer	Noise Huscher	29	37
North Health	Com-Fit	26	33
North Health	Decidamp	29	37
North Health	Silent partner	25	31
Pacific Coast Laboratory	Rockstars	28	35
Pacific Coast Laboratory	Sound Waves	28	35
Peltor Incorporated	Bull's Eye	31	38
PolyPlug Corporation	PolyPlug	25	34
Protect Ear International	Solid	26	33
Silencio	Silencio SDI-100	27	33
Starkey Laboratory	Sharpshooter	29	37
Supply One	Emtech Hearsavr	29	35
Tasco Corporation	Tasco Tri-Fit	25	32
Tasco Corporation	Tasco Tri-grd	26	32
Westone Laboratory	Westone 40	25	33
Westone Laboratory	Westone 44	25	33
Wilson Safety	Sound silencer EP 300	27	35
Wilson Safety	Sound silencer 100/1EP	26	33

Tabella 5 – Elenco degli inserti considerati nella simulazione con relativa attenuazione fornita dalle ditte costruttrici, espressa in termini di NRR e SNR.

Per ciascuno dei 60 trattori provati è stato simulato l'utilizzo dei 121 otoprotettori citati, effettuando in tal modo più di 7.200 confronti incrociati trattore/d.p.i., dai quali sono scaturite la migliore e la peggiore condizione.

I livelli di rumorosità all'orecchio del conducente, sia per quanto riguarda il rilievo da fermo che per quello in movimento, sono stati suddivisi in funzione del tipo di struttura di sicurezza presente (figure 1, 2 e 3).

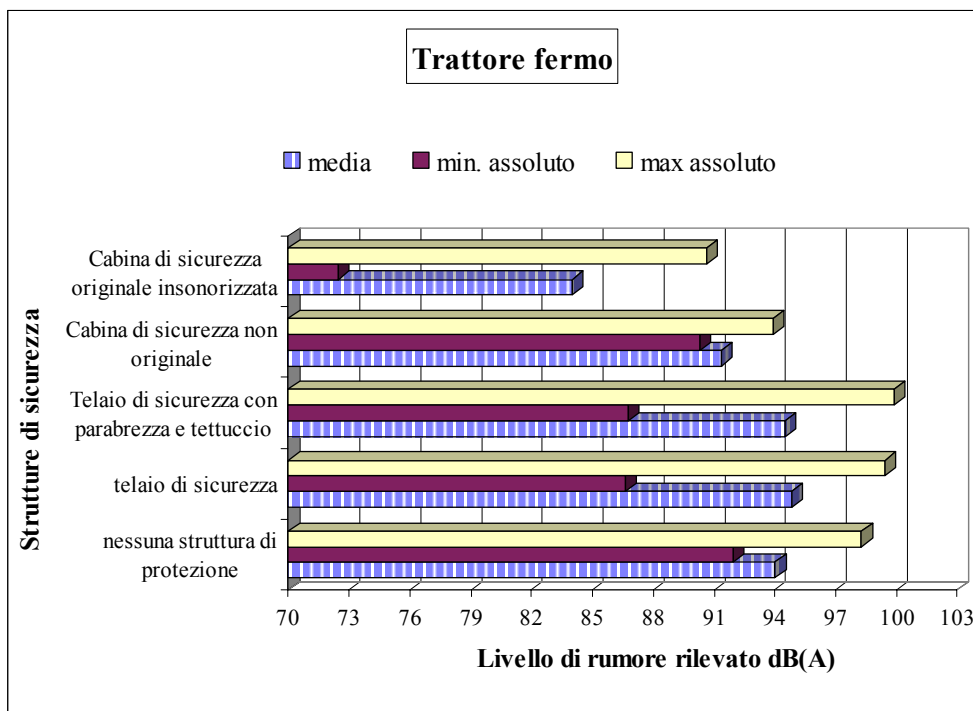


Figura 1 – Livello di rumorosità, medio, minimo e massimo, rilevato all'orecchio del conducente, con trattore fermo, per ogni tipologia di struttura di sicurezza individuata.

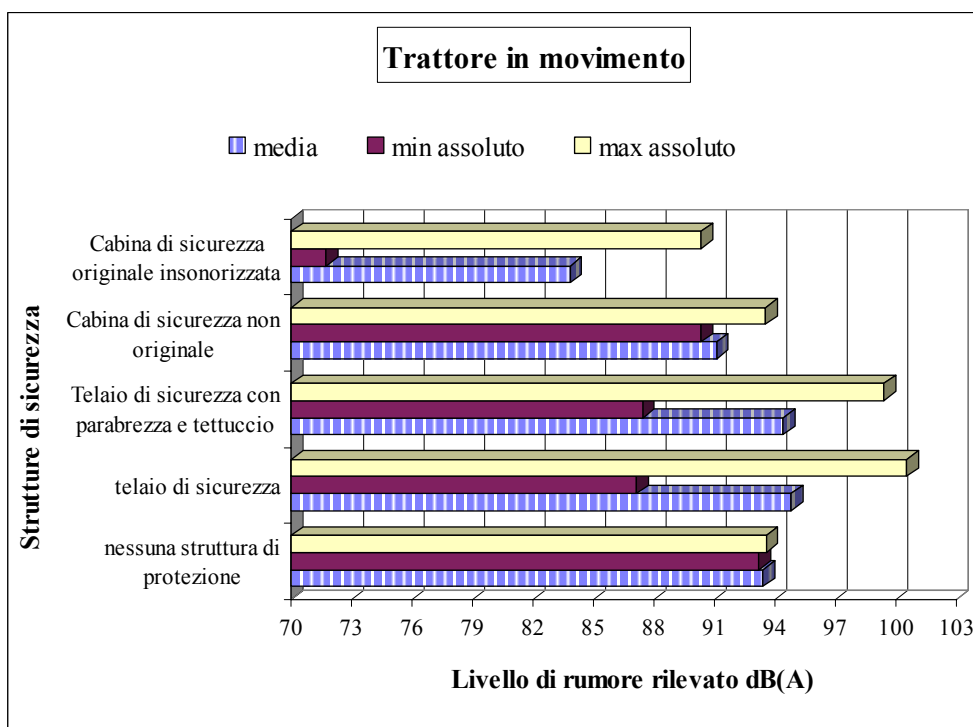


Figura 2 – Livello di rumorosità, medio, minimo e massimo, rilevato all'orecchio del conducente, con trattore in movimento, per ogni diversa struttura di sicurezza individuata.

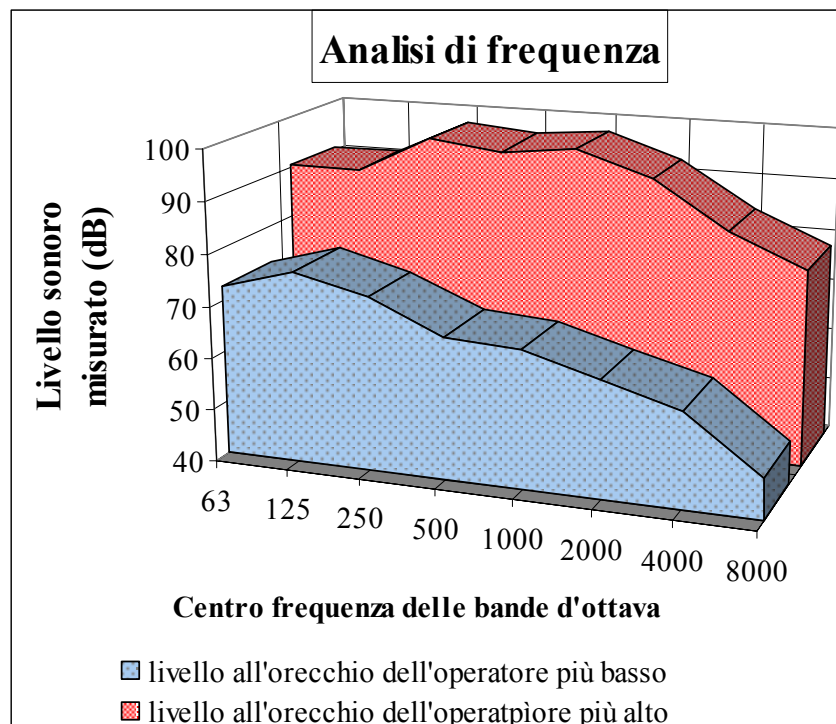


Figura 3 – Analisi di frequenza del più alto e del più basso livello sonoro rilevato all'orecchio del conducente durante le prove svolte.

Come facilmente prevedibile, quando il trattore è dotato di una cabina insonorizzata, la media dei valori rilevati, per il rilievo a macchina ferma, è stata di 84,0 dB(A), con un massimo rilevato di 90 dB(A) ed un minimo di 72 dB(A); un simile andamento è stato ottenuto anche quando il trattore era in movimento. Anche se molto spesso lo stato di manutenzione delle cabine insonorizzate è stato trovato non ottimale, la sola loro presenza permette di garantire nella maggior parte dei casi un accettabile livello di rumore all'orecchio del conducente, considerando anche che il limite previsto dalle numerose normative nazionali internazionali è compreso tra 85 e 90 dB(A).

Sfortunatamente la situazione delle altre tipologie di strutture di sicurezza è significativamente peggiore; infatti, le medie vanno da un minimo di 91 dB(A) ad un massimo di 95 dB(A); in un caso addirittura i singoli livelli riscontrati hanno superato i 100 dB(A).

Le cabine non originali, secondo i livelli riscontrati, non assicurano una sufficiente protezione per il conducente del trattore.

Ovviamente, quando sui trattori è montato un telaio di sicurezza, con o senza il tettuccio ed il parabrezza, nessun tipo di protezione dal rumore è prevista per il conducente. Anzi, anche in questo caso, se il tettuccio ed il parabrezza sono in pessime condizioni, oppure non correttamente montati, possono entrare in risonanza aumentando il livello sonoro percepito al posto di guida.

Le performances di riduzione del livello sonoro dei DPI presi in considerazione, fornite direttamente dai costruttori, sono molto variabili, soprattutto se si considerano le tre diverse tipologie sottoposte a prova:

- cuffie: NRR da 25 a 33; media 26,6;
- archetti: NRR da 16 a 26; media di 19,4;
- inserti: NRR da 25 a 34; media di 27,8.

Nella figura 4 sono mostrati i livelli sonori medi, minimo e massimo che i conducenti dei trattori agricoli provati dovrebbero percepire tenendo conto di tutte le combinazioni cuffie/trattori

considerati per quanto riguarda i rilievi effettuati a trattore fermo; i valori calcolati nel caso di trattore in movimento sono risultati simili (figura 5).

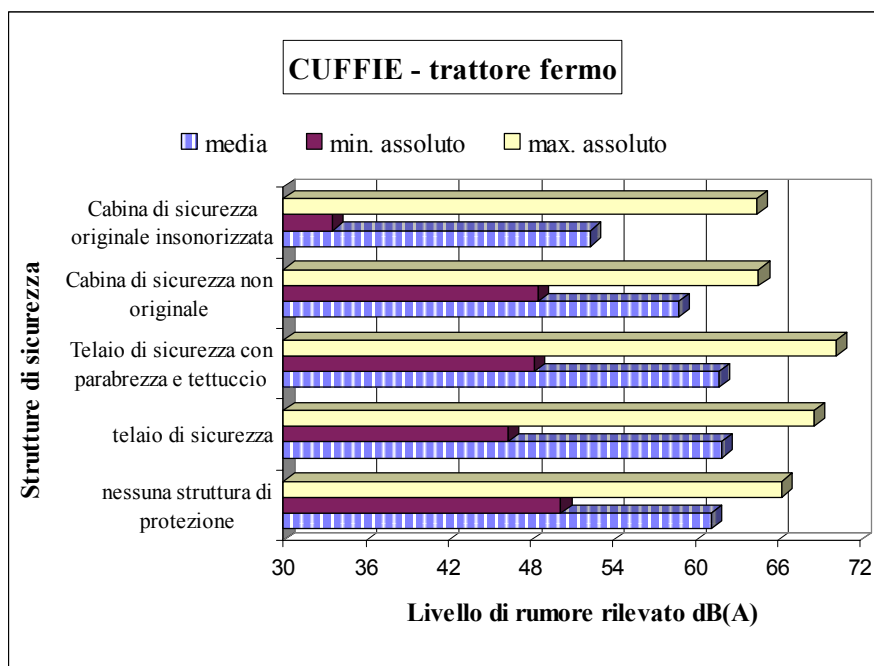


Figura 4 – Livello sonoro all'orecchio del conducente teoricamente percepito tenendo conto di tutte le combinazioni di attenuazione trattore/cuffie nel caso del rilievo con trattore fermo.

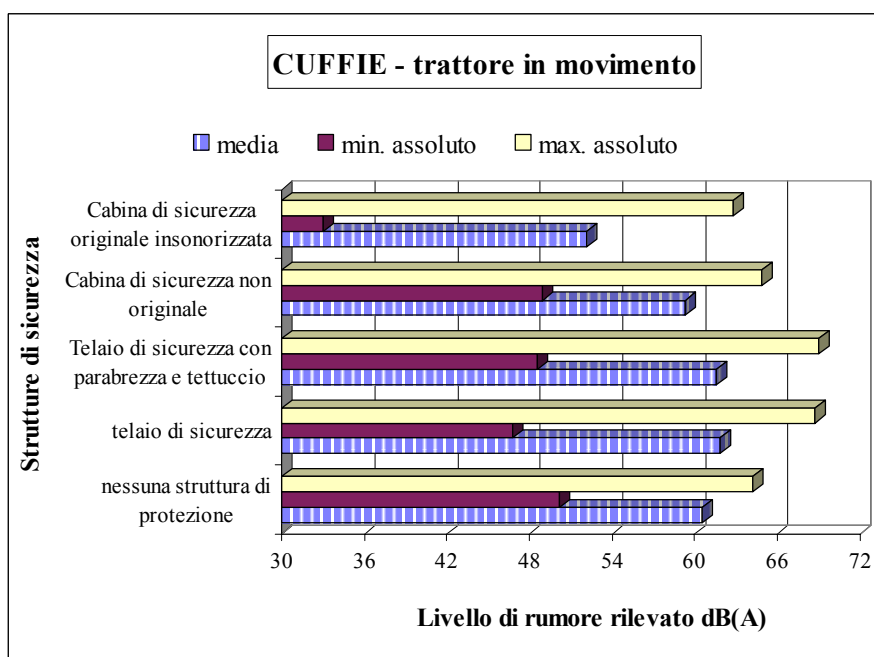


Figura 5 – Livello sonoro all'orecchio del conducente teoricamente percepito tenendo conto di tutte le combinazioni di attenuazione trattore/cuffie nel caso del rilievo con trattore in movimento.

Teoricamente, l'utilizzo dei DPI sembra risolvere completamente il problema: infatti il livello sonoro all'orecchio del conducente quando gli otoprotettori sono indossati risulta molto basso ed addirittura in alcuni casi, come quando una cabina insonorizzata è presente, l'utilizzo degli stessi non è necessario.

La situazione è simile per quanto riguarda gli inserti (figure 6 e 7): infatti, il grado di attenuazione mostrato da questi otoprotettori è simile ed a volte supera quello delle cuffie.

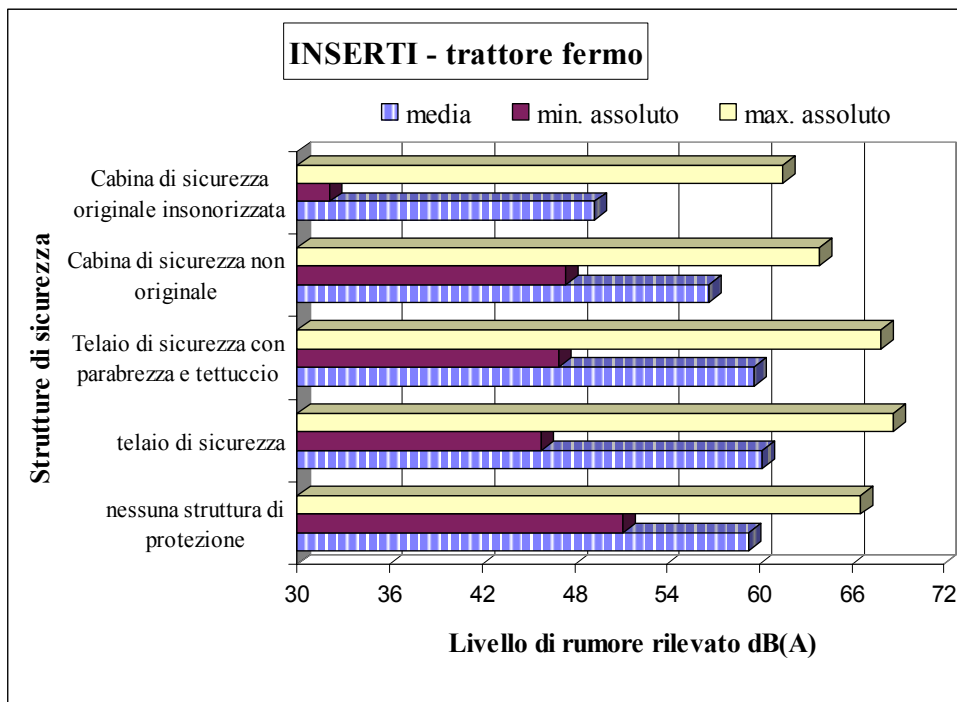


Figura 6 – Livello sonoro all’orecchio del conducente teoricamente percepito tenendo conto di tutte le combinazioni di attenuazione trattore/inserto nel caso del rilievo con trattore fermo.

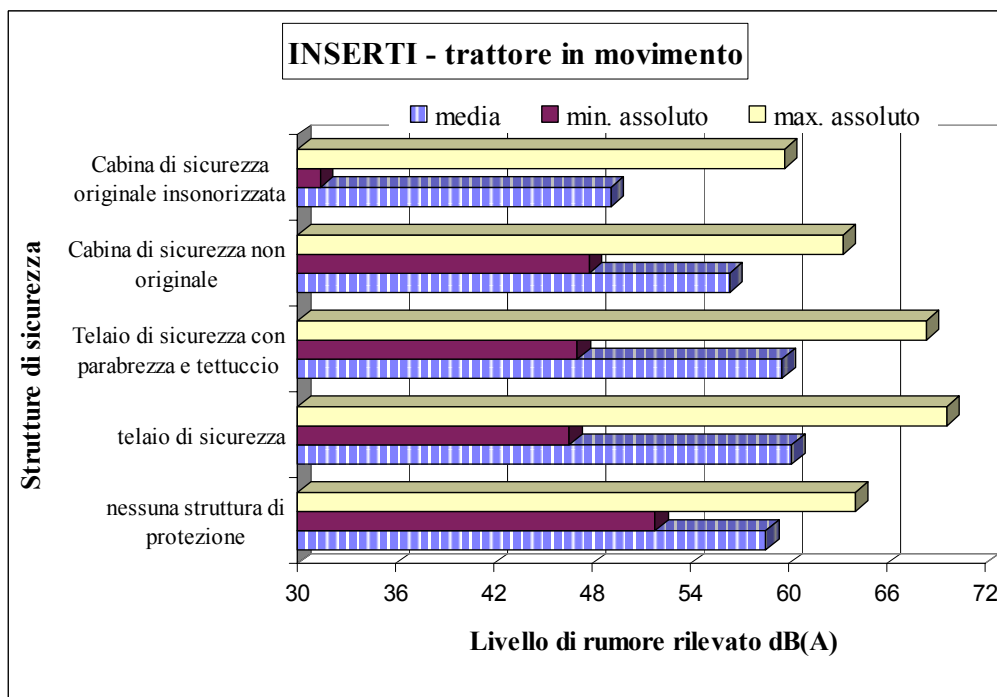


Figura 7 – Livello sonoro all’orecchio del conducente teoricamente percepito tenendo conto di tutte le combinazioni di attenuazione trattore/inserto nel caso del rilievo con trattore in movimento. Al contrario, l’attenuazione teorica ottenuta con l’utilizzo degli “archetti” è meno efficace in confronto a quella offerta dagli altri due DPI; in quest’ultimo caso il valore massimo calcolato si colloca tra 77 e 78 dB(A) (figure 8 e 9).

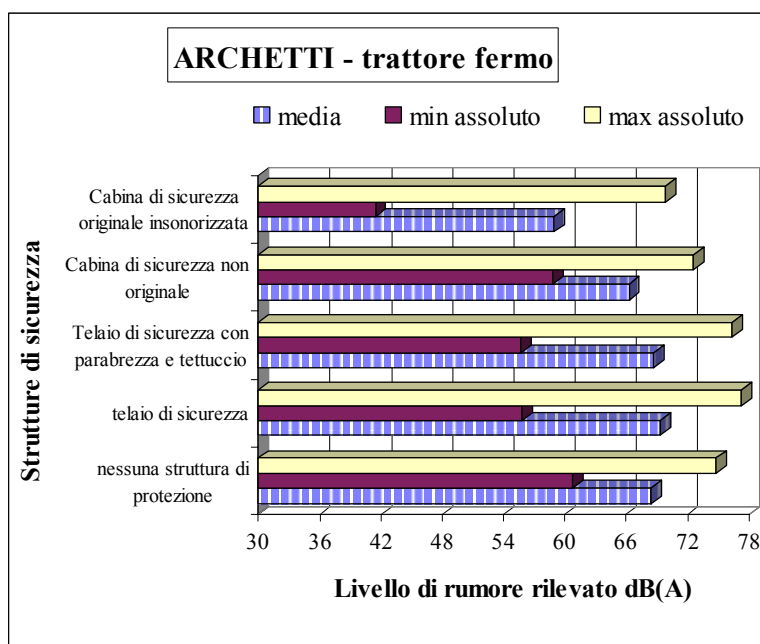


Figura 8 – Livello sonoro all'orecchio del conducente teoricamente percepito tenendo conto di tutte le combinazioni di attenuazione trattore/archetto nel caso del rilievo con trattore fermo.

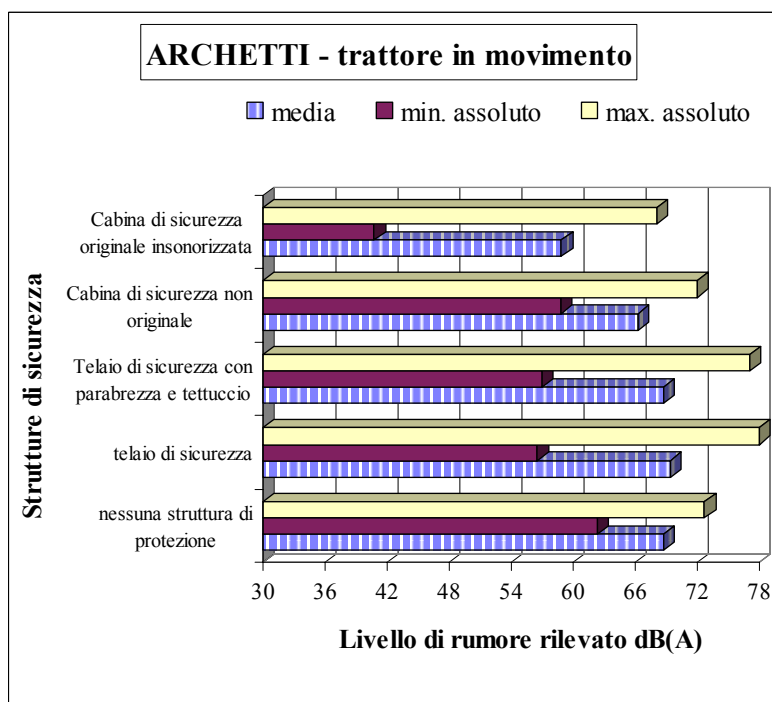


Figura 9 – Livello sonoro all'orecchio del conducente teoricamente percepito tenendo conto di tutte le combinazioni di attenuazione trattore/archetto nel caso del rilievo con trattore in movimento.

E' importante ricordare che i risultati ottenuti non sono completamente rappresentativi della realtà perché i dati sull'attenuazione dei DPI, che le case costruttrici forniscono e che devono sempre accompagnare gli otoprotettori, non sono in grado di prevedere completamente la reale attenuazione globale. Inoltre, relativamente ai dati forniti dal costruttore e rilevati in laboratorio, il DPI che possiede un'attenuazione, che si avvicina maggiormente a quella reale, sono le cuffie seguite dagli inserti deformabili; tutti gli altri otoprotettori hanno attenuazioni molto al di sotto di quelle dichiarate.

Nel 1989, l'Occupational Safety Health Administration (OSHA, 1989) ha prodotto una guida per i propri ispettori, in cui si raccomanda che, per comparare l'attenuazione dei diversi DPI e per determinare quello più appropriato nel contenimento del livello sonoro all'orecchio dell'utilizzatore, i valori di NRR derivanti dai dati di laboratorio devono essere diminuiti del 50%. A causa dell'elevata variabilità delle condizioni di utilizzo il NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) nel 1996 ha raccomandato di considerare una riduzione dei valori dell'NRR forniti dal costruttore del 30% per le cuffie, del 50% per gli inserti deformabili e del 70% per le altre tipologie di otoprotettori. In conformità a queste indicazioni, nelle *figure 10, 11 e 12* sono mostrati i livelli di rumorosità medi percepiti all'orecchio del guidatore che indossa i DPI sottoposti a prova con livelli di protezione (NRR) normali (forniti dalla casa costruttrice) e ridotti secondo le indicazioni OSHA e NIOSH. In questo caso sono stati presi in considerazione solamente i livelli medi rilevati con trattore in movimento, perché più elevati, e all'interno di questi sono stati esclusi i valori relativi ai trattori con cabina insonorizzata perché, come dimostrato, il conducente di queste macchine non necessita di otoprotettori.

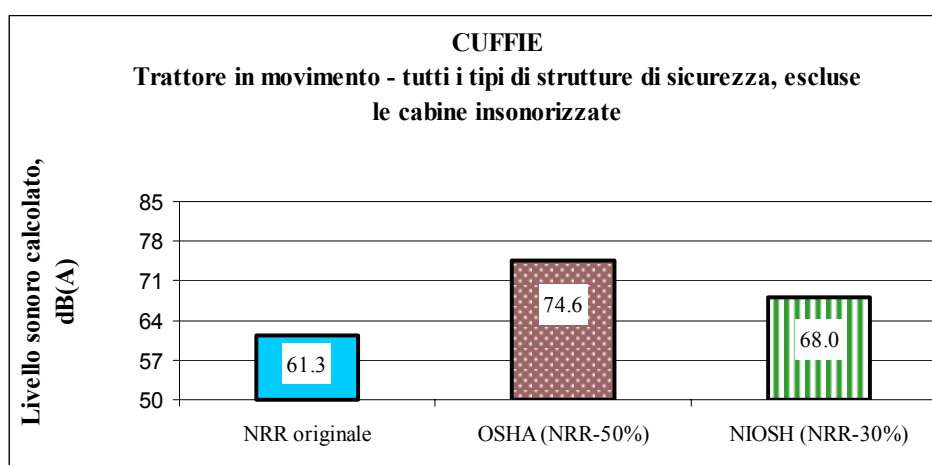


Figura 10 – Calcolo del livello sonoro medio percepito all'orecchio del conducente, che indossa cuffie, in relazione allo stesso valore modificato secondo le indicazioni OSHA e NIOSH, per tenere conto delle differenze tra l'attenuazione rilevata in laboratorio e quella reale durante l'utilizzo del DPI.

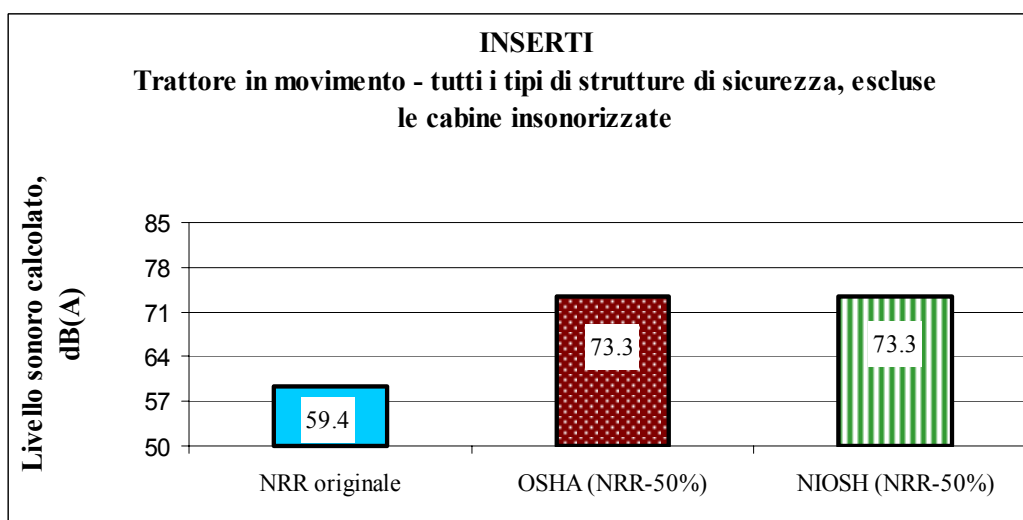


Figura 11 – Calcolo del livello sonoro medio percepito all'orecchio del conducente, che indossa inserti, in relazione con allo stesso valore modificato secondo le indicazioni OSHA e NIOSH, per tenere conto delle differenze tra l'attenuazione rilevata in laboratorio e quella reale durante l'utilizzo del DPI.

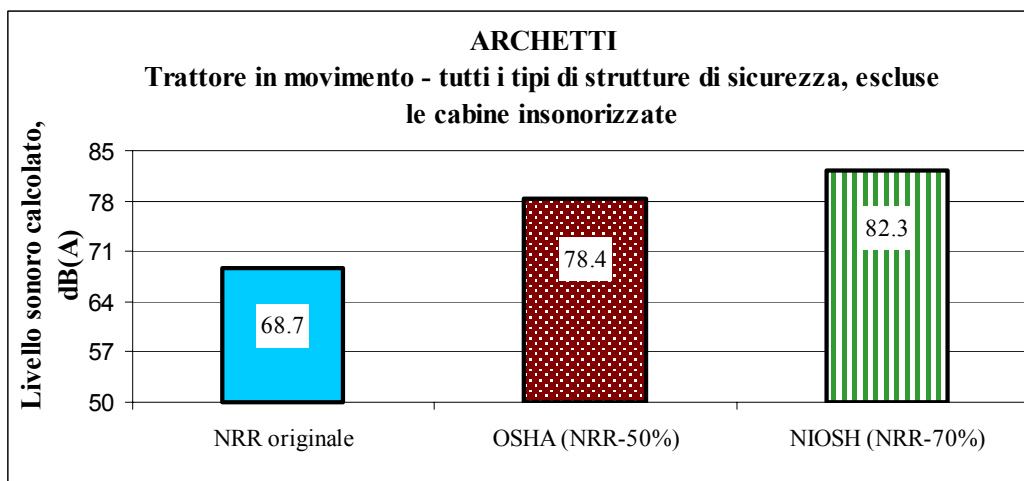


Figura 12 – Calcolo del livello sonoro medio percepito all’orecchio del conducente, che archetti, in relazione allo stesso valore modificato secondo le indicazioni OSHA e NIOSH, per tenero conto delle differenze tra l’attenuazione rilevata in laboratorio e quella reale durante l’utilizzo del DPI.

Anche tenendo conto delle riduzioni di attenuazione previste per quanto riguarda le cuffie e per alcuni tipi di inserti (deformabili) la situazione non presenta generalmente punti critici, perché i DPI sono sempre in grado di contenere il livello sonoro all’orecchio del conducente al di sotto dei valori di pericolo.

Peraltro con gli archetti, ed in generale con tutti gli inserti di tipo non deformabile, se si considera la riduzione prevista dal NIOSH (70%) il livello sonoro all’orecchio del conducente sale pericolosamente al di sopra di 82 – 83 dB(A), valori non molto lontani da quello limite (85 dB(A)), previsto da parecchie normative. Va ricordato, inoltre, che i valori calcolati sono medi e quindi alcune combinazioni trattore/DPI potrebbero superare la precedente soglia di pericolo.

Concludendo possiamo affermare che l’attenuazione del rumore dei dispositivi di protezione individuale (DPI) dipende essenzialmente dalle caratteristiche tecniche delle diverse tipologie e da come questi dispositivi vengono indossati dall’operatore. D’altra parte l’utilizzo degli otoprotettori non dovrebbe essere l’unica azione messa in atto per la riduzione della rumorosità all’orecchio dell’operatore: anzi, i DPI dovrebbero essere usati solamente quando il livello del progresso tecnico raggiunto, in particolari operazioni ed ambienti di lavoro, non è in grado di ridurre adeguatamente l’esposizione dell’individuo ad elevati livelli di rumore; condurre trattori vecchi e usati rientra sicuramente in una di queste casistiche.

In generale gli otoprotettori dovrebbero essere usati da operatori che sono esposti a livelli di rumore che superano 85 dB(A), in correlazione alla durata dell’esposizione a questi livelli. Secondo l’indagine svolta, il livello di rumore medio all’orecchio del conducente dei trattori usati esaminati è stato di circa 87 – 88 dB(A), anche se sono stati rilevati picchi massimi superiori a 101 dB(A).

Si è indagato sul beneficio ottenibile indossando varie tipologie di otoprotettori, considerando anche le raccomandazioni dell’OSHA e del NIOSH, che consigliano di diminuire i livelli di protezione dichiarati dalle ditte costruttrici e rilevati in laboratorio, per tenere in debito conto le differenze tra questi valori e quelli reali rilevati durante l’utilizzo dei DPI. Da questa indagine si può concludere che mediamente, possono essere comunque ottenuti 10 dB(A) di attenuazione utilizzando degli otoprotettori come protezione da elevati livelli sonori derivanti dall’utilizzo di trattori agricoli vecchi ed usati. Questo significa che il livello rilevato all’orecchio del conducente può essere ridotto mediamente a 77 – 78 dB(A), con minimi, nelle situazioni peggiori, di 90 – 91 dB(A). Ciò può essere considerato un buon risultato, anche se l’effetto protettivo dei DPI dipende molto da come viene indossato, se è adatto alle caratteristiche ed esigenze del lavoratore e soprattutto se è appropriato al livello sonoro a cui dovrà essere utilizzato.

Il migliore dispositivo di protezione individuale è quindi quello che l’operatore indossa con continuità perché confortevole, efficace, con il minor impatto possibile sulla comunicazione di chi

lo indossa (riducendo comunque il livello sonoro) e che non isola completamente l'utilizzatore dal rumore ambientale.

Per le tipiche condizioni climatiche dell'ambiente agricolo, le cuffie sembrano essere le meno adatte per i conducenti di trattori; gli inserti deformabili monouso, al contrario, dovrebbero essere i più adatti per i seguenti motivi:

- meno costosi delle cuffie;
- forniscono un buon livello di attenuazione;
- sono igienici, essendo monouso;
- riducono al minimo il disagio dell'utilizzo, essendo molto leggeri.

Non esiste la possibilità di conoscere esattamente quale sia il grado di l'attenuazione che l'operatore è in grado di ottenere quando indossa un determinato otoprotettore o quanto tale attenuazione possa variare da un giorno all'altro perché le variabili in gioco sono molte e diversificate. Per assicurare, quindi, il più alto grado di protezione tramite l'utilizzo degli otoprotettori, ogni operatore dovrebbe essere formato e informato per effettuare la scelta del DPI più adatto alle sue caratteristiche fisiche ed alle sue necessità, per poterlo indossare nel modo più corretto e per poterlo sostituire adeguatamente quando necessario.

2. Vibrazioni

Mietitrebbiatrici

Sulle mietitrebbiatrici, le fonti più importanti di vibrazioni a bassa frequenza (le più dannose) sono risultate essere il battitore, il ventilatore, gli scuotipaglia ed i crivelli. Peraltro, in base alle caratteristiche del movimento (lineare o rotatorio) e alla frequenza delle vibrazioni, è possibile individuare il contributo di ogni componente.

Sono state sottoposte a prova sei diverse mietitrebbiatrici, le cui caratteristiche principali sono riportate in *tabella 6*.

N.	Marca e modello	Anno di acquisto	Tipo di testata montata	Numero file testata di raccolta	Velocità battitore separatore (min^{-1})
1	John Deere 2066 serie Z	1995	frumento	-	150 – 1050
2	Claas Lexion 460	1998	mais	8	160 - 1050
3	John Deere 2258 Extra	1998	frumento	-	150 – 1050
4	John Deere CTS	1995	mais	8	150 – 1100
5	FiatAgri Laverda 3790	1987	frumento	-	430 - 1200
6	Claas 98 SL	1989	mais	6	650 -1500

Tabella 6 – Caratteristiche principali delle mietitrebbiatrici sottoposte a prova.

Per quanto riguarda la mietitrebbiatrice 1, di tipo convenzionale, nello spettro rilevato sul sedile per l'asse verticale (*figura 13*), si notano due picchi, intorno a 5 Hz e a 12,5 Hz: il primo si riferisce con tutta probabilità ad uno sbilanciamento del battitore che, ruotando a 300 min^{-1} , compie circa 5 rotazioni al secondo; tale ipotesi è confermata dal medesimo picco, anche se di ampiezza molto minore, presente nell'asse trasversale. L'altro picco, invece, è dovuto al ventilatore, che ruota ad un regime superiore (circa 700 min^{-1}).

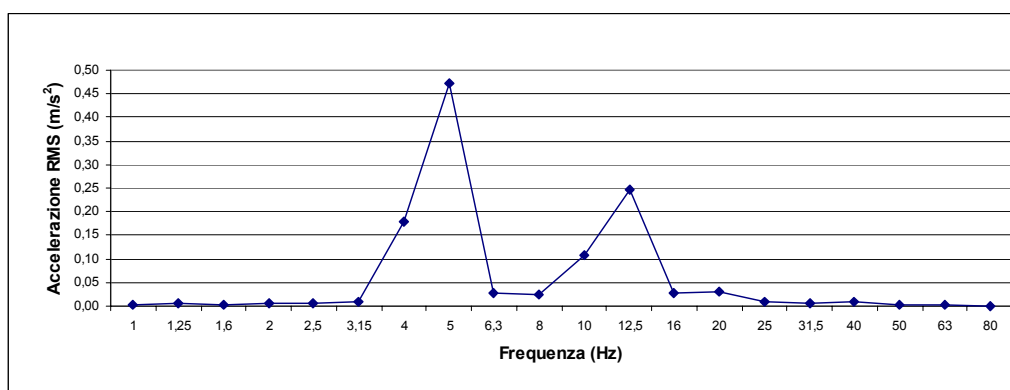


Figura 13 - Mietitrebbiatrice John Deere 2066 Serie Z, vibrazioni corpo intero, asse verticale.

Nell'asse longitudinale, invece, i massimi livelli sono stati verificati tra 2 e 3 Hz (*figura 14*): per la direzione della vibrazione e per la sua frequenza (120-150 colpi al minuto), si deduce che questo è il contributo degli scuotipaglia.

Sul volante, invece, e sempre nell'asse verticale, si rileva il massimo livello nel terzo d'ottava con centro banda 40 Hz, *figura 15*: è evidente il contributo del motore che, a regime di potenza massima, gira a circa 2100 min^{-1} .

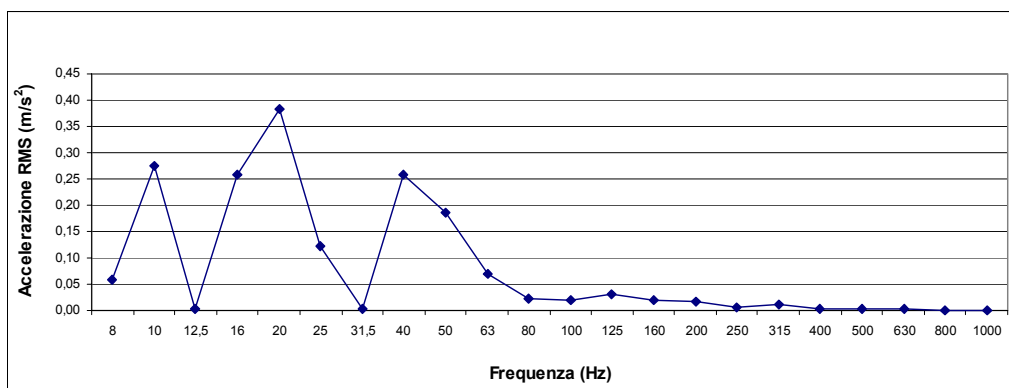


Figura 14 - Mietitrebbiatrice John Deere 2066 Serie Z, vibrazioni corpo intero, asse longitudinale.

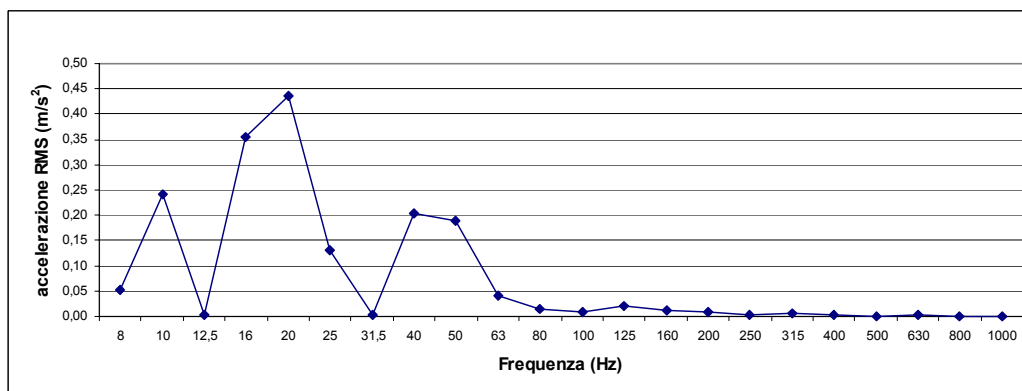


Figura 15 - Mietitrebbiatrice John Deere 2066 Serie Z, vibrazioni mano-braccio, asse verticale.

Sulla mietitrebbiatrice n. 2, progettata di recente dalla Claas, i rilievi sono analoghi: è presente sul sedile, sempre negli assi verticale e trasversale, il picco a 5 Hz (figura 16) dovuto al battitore, mentre sul volante è stata rilevata una vibrazione particolarmente elevata a 10 Hz, sempre negli assi verticale e trasversale (figure 17 e 18), dovuta probabilmente alla rotazione del ventilatore, sbilanciato per usura.

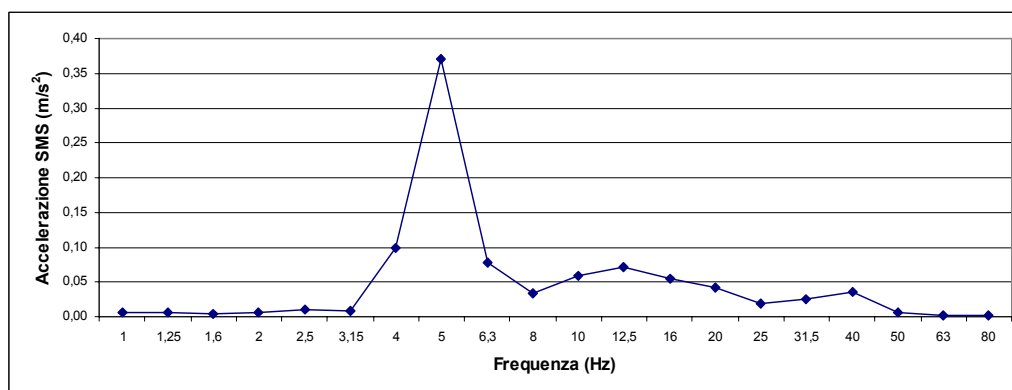


Figura 16 – Mietitrebbiatrice Claas Lexion 460 vibrazioni al corpo intero, asse verticale.

La mietitrebbiatrice n. 3, John Deere 2258, presenta per le vibrazioni corpo intero, spettri simili alle macchine illustrate in precedenza, a dimostrazione del contributo fondamentale dato dal battitore, ed in alcuni casi dal motore e ventilatore. In questo caso, le prove sono state effettuate primariamente con tutti gli organi in movimento a regime normale, mentre successivamente la prova è stata ripetuta con gli organi al regime massimo. In queste GMAS di solito la differenza tra i giri del motore a regime normale e quelli a regime massimo è circa del 10%.

La variazione del regime di rotazione non ha portato cambiamenti degni di nota né sull'intensità dei picchi né sulla loro frequenza, evidenziando in entrambe le condizioni un picco a 5 Hz, di non elevata intensità, dovuto al battitore. L'unico cambiamento, peraltro prevedibile, rilevato sull'asse verticale (figure 19 e 20), è stata la comparsa di un picco nella banda d'ottava dei 25 Hz, durante il rilievo con organi in movimento al massimo regime, dovuto probabilmente all'aumento del numero dei giri del ventilatore, da 1200 min⁻¹ dell'utilizzo normale a 1500 min⁻¹ del regime massimo, che ha forse causato una rotazione sbilanciata o ha innescato una risonanza.

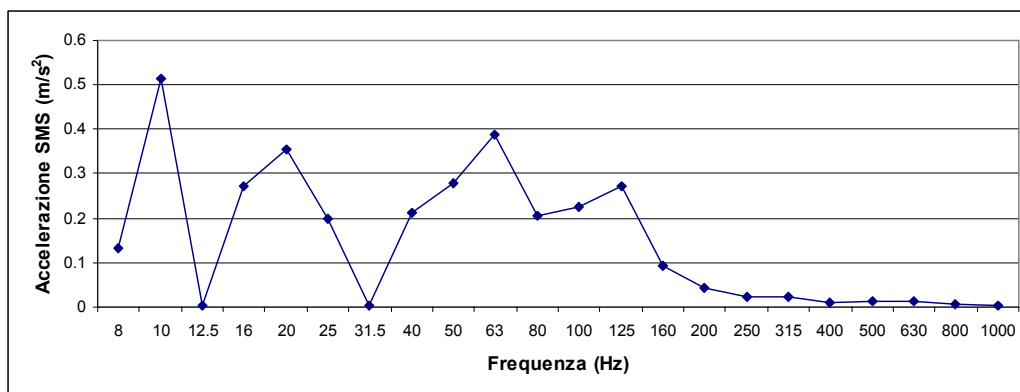


Figura 17 - Mietitrebbiatrice Claas Lexion 460 vibrazioni all'insieme mano braccio, asse verticale.

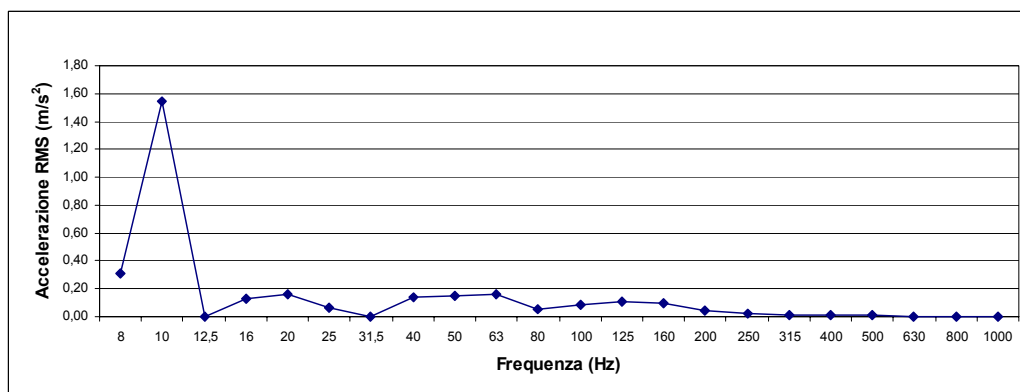


Figura 18 – Mietitrebbiatrice Claas Lexion 460 vibrazioni all'insieme mani braccio, asse trasversale.

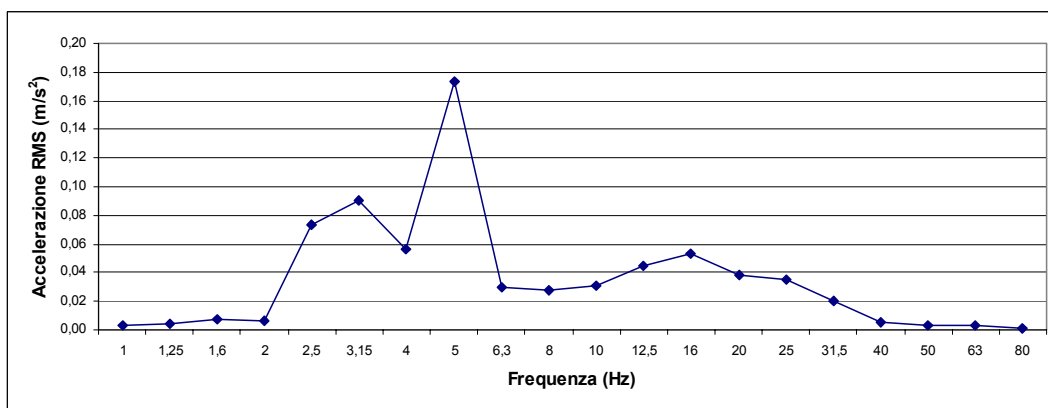


Figura 19 – Mietitrebbiatrice John Deere 2258 Extra, vibrazioni al corpo intero, asse verticale, regime degli organi di lavoro normali.

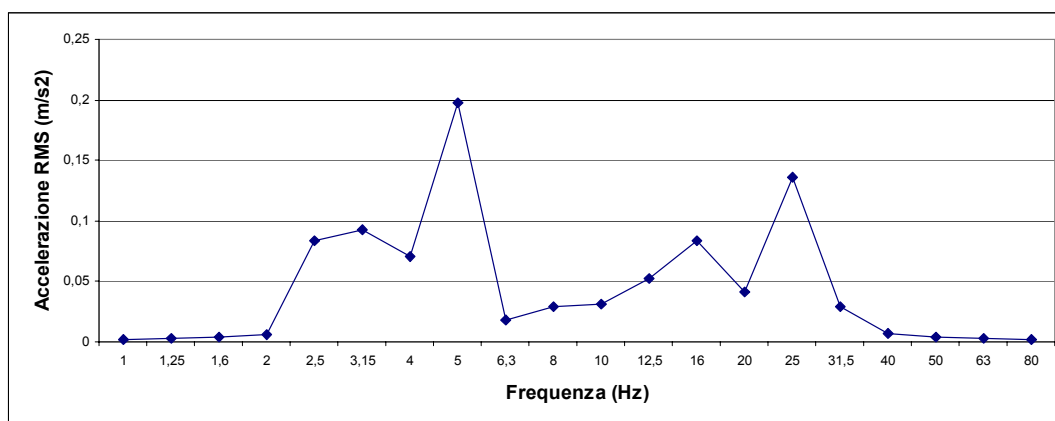


Figura 20 – Mietitrebbiatrice John Deere 2258 Extra, vibrazioni al corpo intero, asse verticale, regime massimo degli organi di lavoro.

Sulla stessa macchina, per i dati mano-braccio si nota per l'asse verticale un picco a 40 Hz, dovuto al motore e uno a 16 Hz, relativo al ventilatore; non sono state evidenziate differenze di rilievo tra i valori ottenuti con organi in movimento a regime normale e a regime massimo.

L'analisi dei dati relativi all'asse trasversale, *figure 21 e 22*, mostrano come alle condizioni di regime normale è presente solamente un picco, di intensità elevata, a 31,5 Hz, (motore), mentre a regime di rotazione massimo (del motore e degli organi di lavoro) sono presenti picchi a 16 e 25 Hz, rispettivamente dovuti, con tutta probabilità, all'aumento del regime di rotazione del battitore e del ventilatore.

Contrariamente a quanto ci si potrebbe aspettare, questi picchi hanno intensità inferiore del 50 % rispetto alle condizioni di lavoro normale, pur essendo più vicini alle frequenze maggiormente dannose per l'insieme mano-braccio.

Anche nell'asse longitudinale la situazione peggiore è stata rilevata nelle condizioni di lavoro ordinarie, cioè proprio quelle più utilizzate dall'operatore alla guida.

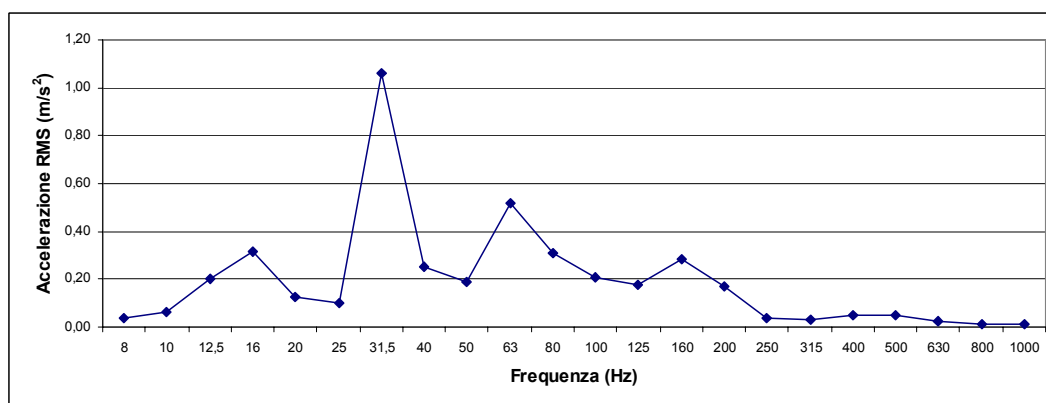


Figura 21 – Mietitrebbiatrice John Deere 2258 Extra, vibrazioni mano-braccio, asse trasversale, regime normale degli organi di lavoro.

La mietitrebbiatrice John Deere CTS, non ha avuto un comportamento differente rispetto alle macchine già esaminate, per le vibrazioni rilevate al sedile; degni di nota al contrario sono i valori misurati al volante. I picchi di maggiore intensità sono presenti infatti al regime massimo di funzionamento degli organi. Nell'asse trasversale c'è un picco elevatissimo a 16 Hz, dovuto al battitore (che in questo modello può raggiungere anche i 1100 min⁻¹), mentre in condizioni di lavoro normali i picchi sono presenti a 8, 16 e 20 Hz, dovuti rispettivamente ai crivelli, al battitore ed al ventilatore, ma con intensità di ben 10 volte inferiori rispetto alla situazione precedente (*figure 23 e 24*).

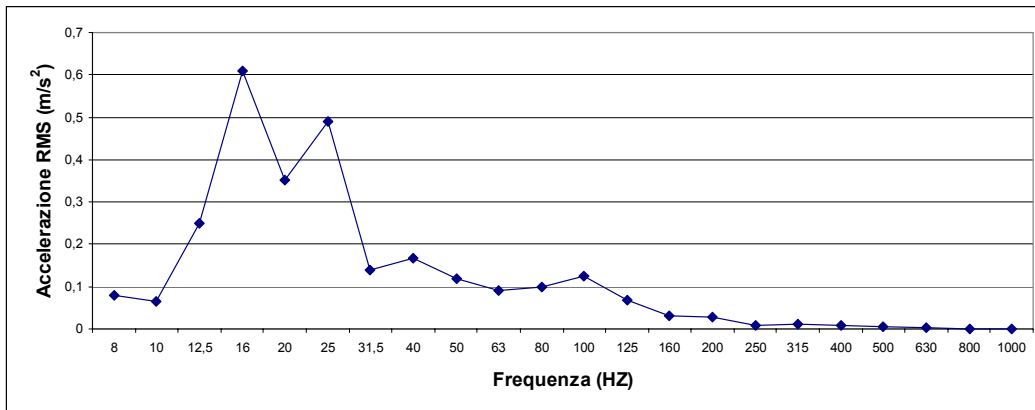


Figura 22 – Mietitrebbiatrice Jhon Deere 2258 Extra, vibrazioni mano-braccio, asse trasversale, regime massimo degli organi di lavoro.

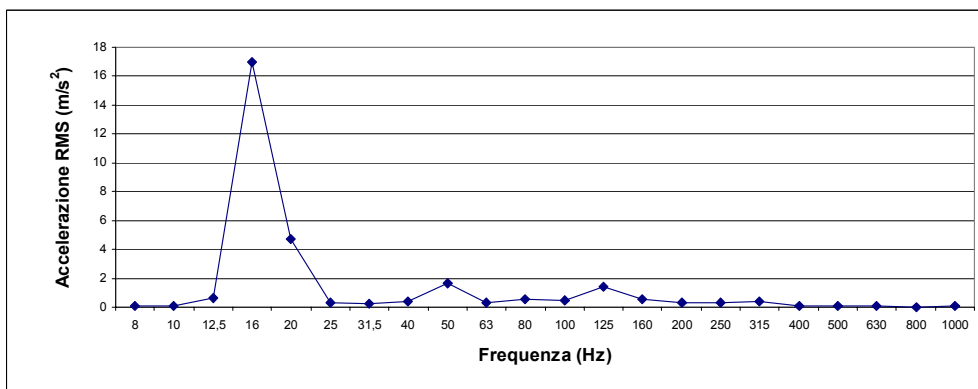


Figura 23 – Mietitrebbiatrice John Deere CTS, vibrazioni mano-braccio, asse trasversale, regime massimo degli organi di lavoro.

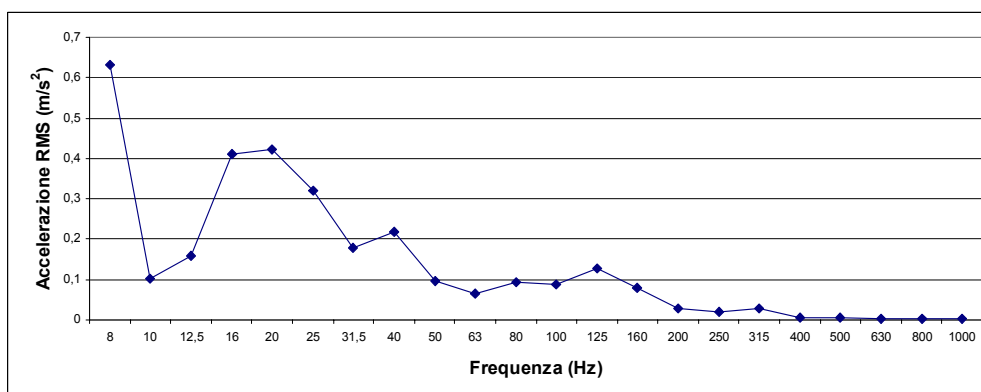


Figura 24 – Mietitrebbiatrice John Deere CTS, vibrazioni mano-braccio, asse trasversale, regime normale degli organi di lavoro.

Le ultime due macchine esaminate, rispettivamente Fiatagri Laverda 3790 e Claas 98 SL la frequenza e l'intensità dei picchi è risultata paragonabile a quella delle macchine precedenti, con una prevedibile predominanza di picchi dovuti al battitore, al ventilatore e al motore.

I risultati relativi alle mietitrebbiatrici (tabella 7) hanno mostrato come il limite imposto dalla Direttiva Macchine sia quasi sempre rispettato (solo in un caso i valori erano superiori a quelli stabiliti), anche se altri casi hanno evidenziato valori globali appena sotto la soglia (0,5 m/s²); pertanto, la situazione potrebbe diventare critica qualora il mezzo venisse utilizzato continuativamente per molte ore al giorno.

Macchina	Sedile				Limite Dir. Macchine (m/s ²)
	Vert. (m/s ²)	Long. (m/s ²)	Trasv. (m/s ²)	Liv. globale (m/s ²)	
Mietitrebbiatrice John Deere 2066 serie Z	0,58	0,09	0,09	0,60	0,5
Mietitrebbiatrice John Deere CTS	0,40	0,07	0,07	0,48	0,5
Mietitrebbiatrice John Deere CTS *	0,17	0,30	0,11	0,42	0,5
Mietitrebbiatrice John Deere 2258 Extra	0,23	0,11	0,05	0,30	0,5
Mietitrebbiatrice John Deere 2258 Extra *	0,31	0,10	0,10	0,40	0,5
Mietitrebbiatrice Claas Lexion 460	0,42	0,06	0,12	0,46	0,5
Mietitrebbiatrice Claas 98 SL	0,26	0,07	0,12	0,34	0,5
Mietitrebbiatrice FiatAgri Laverda 3790	0,11	0,07	0,11	0,20	0,5

* massimo regime di rotazione degli organi

Tabella 7 - Valori vibrazionali rilevati sul sedile delle mietitrebbiatrici per ciascuno dei tre assi e livello globale, calcolato in conformità alla normativa ISO 5008, secondo la formula: $a = [(1,4 a_{wx})^2 + (1,4 a_{wy})^2 + a_{wz}^2]^{0,5}$ (in neretto sono evidenziati i valori oltre il limite).

Solamente una macchina su sei supera il limite per le vibrazioni al volante tabella 8, anche se un'altra mietitrebbiatrice si avvicina molto ai 2,5 m/s²; l'unica operatrice oltre il limite presenta una situazione molto severa (21 m/s²) che fa presumere problemi particolari di quell'esemplare.

Macchina	Volante				Limite Dir. Macchine (m/s ²)
	Vert. (m/s ²)	Long. (m/s ²)	Trasv. (m/s ²)	Liv. globale (m/s ²)	
Mietitrebbiatrice John Deere 2066 serie Z	0,43	0,59	0,43	0,85	2,5
Mietitrebbiatrice John Deere CTS	1,20	0,72	1,00	1,72	2,5
Mietitrebbiatrice John Deere CTS *	11,00	6,00	17,00	21,00	2,5
Mietitrebbiatrice John Deere CTS **	4,50	4,50	9,00	10,40	2,5
Mietitrebbiatrice John Deere 2258 Extra	0,87	1,40	1,50	2,22	2,5
Mietitrebbiatrice John Deere 2258 Extra *	0,91	0,42	0,69	1,18	2,5
Mietitrebbiatrice John Deere 2258 Extra **	1,40	0,70	0,96	1,83	2,5
Mietitrebbiatrice Claas Lexion 460	0,88	0,59	1,62	1,94	2,5
Mietitrebbiatrice Claas 98 SL	0,90	0,53	0,58	1,24	2,5
Mietitrebbiatrice Claas 98 SL **	1,20	0,53	0,60	1,46	2,5
Mietitrebbiatrice FiatAgri Laverda 3790	1,30	0,50	1,14	1,79	2,5

* con mani sul volante

** massimo regime di rotazione organi

Tabella 8 - Valori vibrazionali rilevati sul volante delle mietitrebbiatrici per ciascuno dei tre assi e livello globale, calcolato in conformità alla normativa ISO 5349, secondo la formula: $a = (a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2)^{0,5}$ (in neretto sono evidenziati i valori oltre il limite).

Anche sul volante il livello globale massimo è stato riscontrato alternativamente ai regimi normali di lavoro, o a quelli massimi, confermando che la peggiore situazione non è sempre legata a condizioni operative ben definite. I dati, inoltre, sembrano dimostrare che i rilievi effettuati con le mani sul volante comportano una diminuzione del valore globale che va dal 25 al 50 %.

Carri trinciamiscelatori

Sono state indagate 3 macchine, le cui caratteristiche principali sono riportate in *tabella 9*, appartenenti a due differenti tipologie di carro trinciamiscelatore semovente:

- a un numero variabile di coclee orizzontali tradizionali (modelli prodotti da Storti e Faresin);
- a coclea verticale (AgM).

Marca e modello	Tipologia coclee	Anno di acquisto	Ore di lavoro
Storti Idro 15	coclee orizzontali	1999	100
Faresin TMRS 1200	coclee orizzontali	1999	100
AgM WS 17	coclee verticali	1993	2000

Tabella 9 – Caratteristiche principali dei carri trinciamiscelatori indagati.

Per quanto riguarda il carro Storti a coclee orizzontali, sul sedile sono stati registrati livelli molto bassi, mentre sulla macchina prodotta da Faresin è stato registrato, in tutti gli assi, un evidente picco nella banda con frequenza centrale di 6,3 Hz, dovuto proprio alla fresa desilatrice, che ruotava a 400 min^{-1} . I picchi negli assi verticale e longitudinale (*figure 25 e 26*) sono dati dal movimento di beccheggio dovuto allo sbalzo longitudinale della fresa rispetto alla macchina, mentre quello nell'asse trasversale a sbilanciamenti del rotore della fresa.

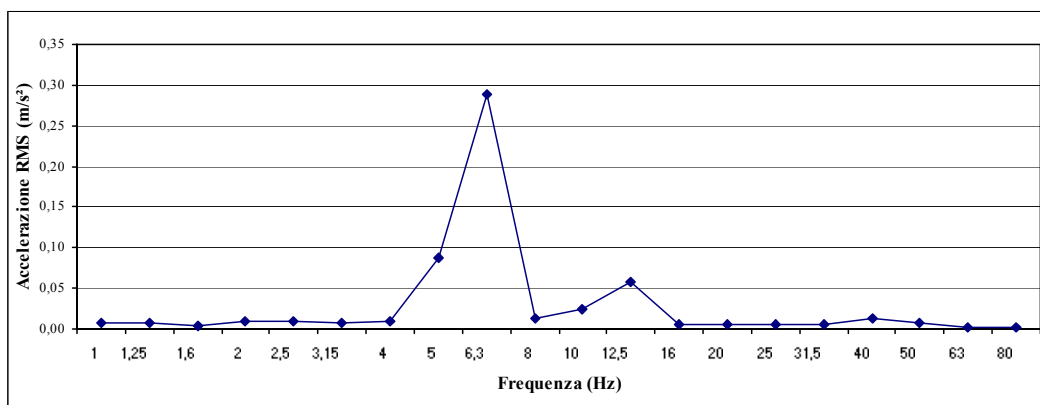


Figura 25 – Spettri rilevati sul carro trinciamiscelatore Storti a coclee orizzontali tradizionali. Vibrazioni al corpo intero, asse verticale.

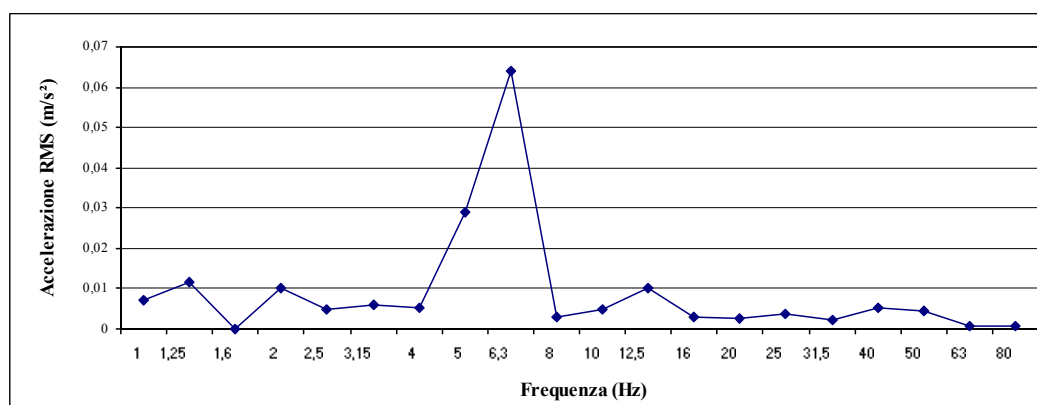


Figura 26 – Spettri rilevati sul carro trinciamiscelatore Storti a coclee orizzontali tradizionali. Vibrazioni al corpo intero, asse longitudinale.

Anche i dispositivi per lo scarico fanno aumentare, seppur non in modo particolarmente evidente, i livelli vibrazionali: nella *figura 27* è mostrato un confronto tra le misure rilevate sul volante,

nell'asse verticale, per tre combinazioni di funzionamento: solo coclee, fresa + coclee, coclee + tappeti di scarico.

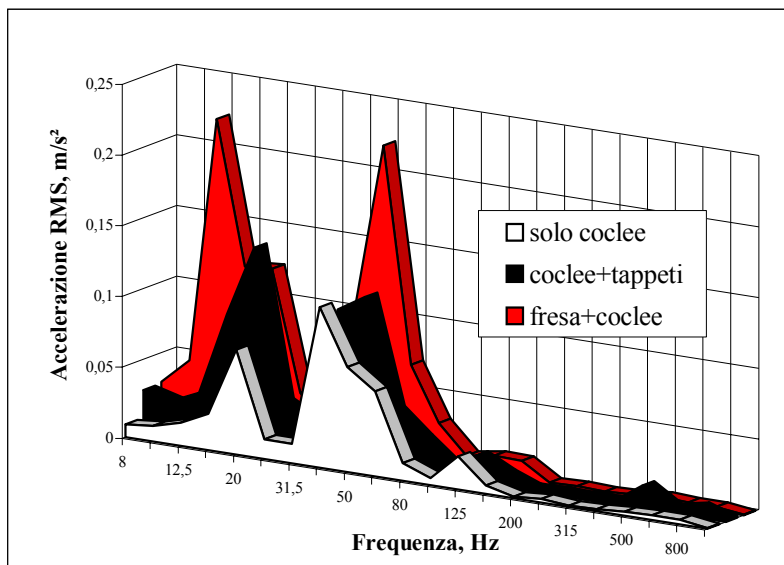


Figura 27 – Confronto tra le misure rilevate sul volante, nell'asse verticale, per tre combinazioni di funzionamento del carro trinciamiscelatore Faresin.

La situazione peggiore si verifica ovviamente quando è in funzione la fresa, mentre le sole coclee non generano praticamente alcun disturbo.

I rilievi effettuati sul volante non hanno evidenziato picchi con ampiezze degne di nota; il motore, la fresa ed in alcuni casi la coclea sono gli organi che maggiormente contribuiscono alla formazione dei valori di accelerazione globale riscontrati.

La macchina a coclea verticale (A_gM) è stata provata sia con fresa desilatrice inserita che senza. Sul sedile e senza desilatore in tutti gli assi c'è un comportamento simile, con un picco di livello medio-basso sempre presente a 40 Hz dovuto alla rotazione del motore. Anche in questo caso il movimento delle coclee non crea alcun disturbo. Con il desilatore in funzione, sia per gli assi verticali che per quelli longitudinali (figure 28 e 29) compare il previsto picco a 5 Hz, dovuto alla rotazione della fresa (300 min^{-1}) a cui si aggiunge il beccheggio dovuto allo sbalzo longitudinale del rotore rispetto alla macchina.

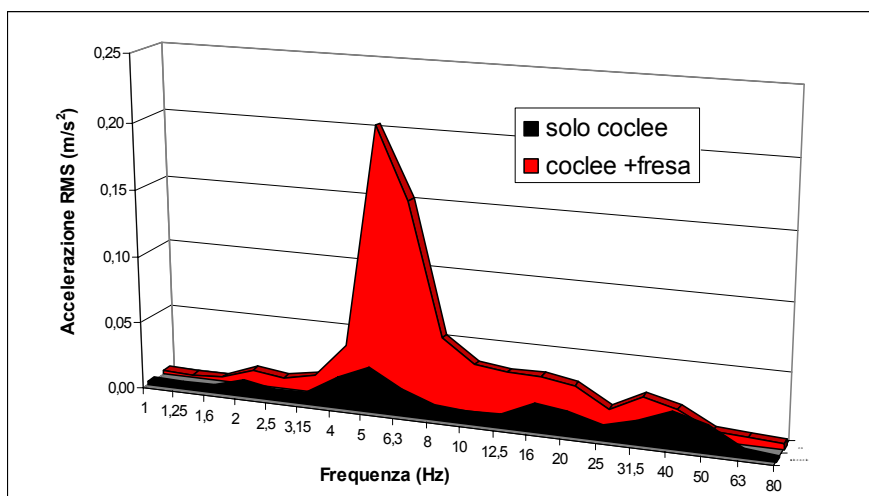


Figura 28 – Confronto tra le misure rilevate sul sedile, nell'asse verticale, per due combinazioni di funzionamento del carro trinciamiscelatore con coclee verticali A_gM .

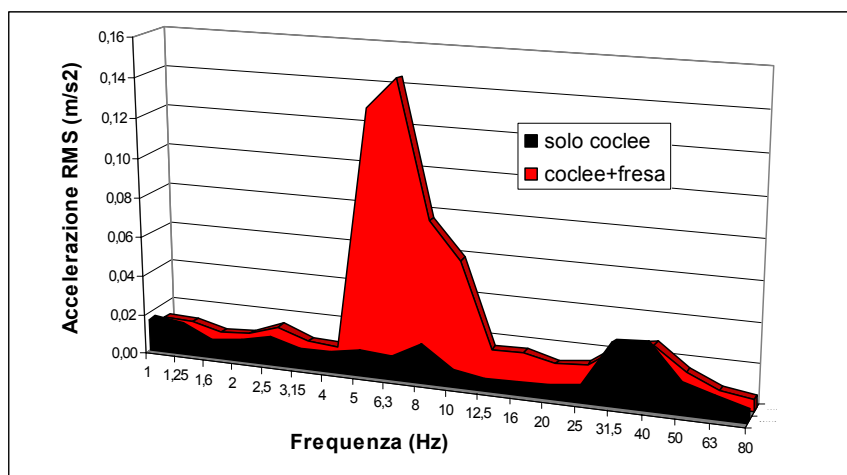


Figura 29 – Confronto tra le misure rilevate sul sedile, nell’asse longitudinale, per due combinazioni di funzionamento del carro trinciamiscelatore con coclee verticali AgM.

I rilievi effettuati sul volante hanno riguardato solamente la condizione con desilatore in movimento, perché più severa. Il contributo maggiore alle vibrazioni viene dato dal motore, che genera un picco a 40 Hz, di medio livello (figura 30).

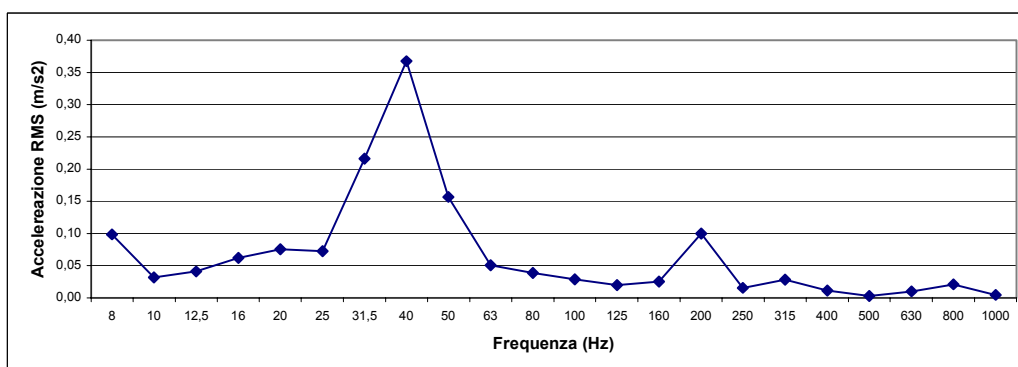


Figura 30 – Carro trinciamiscelatore a coclee verticali AgM, vibrazioni mano-braccio, asse verticale.

I carri trinciamiscelatori sono tra le GMAS con i livelli globali più bassi; dai dati di *tabella 9*, si può notare come nessun livello supera $0,5 \text{ m/s}^2$. Il valore più alto riscontrato è stato di $0,33 \text{ m/s}^2$, ampiamente sotto il limite.

Macchina	Sedile				Limite Dir. Macchine (m/s ²)
	Vert. (m/s ²)	Long. (m/s ²)	Trasv. (m/s ²)	Liv. globale (m/s ²)	
Carro trinciamiscelatore Storti a coclee orizzontali	0,09	0,02	0,05	0,11	0,5
Carro trinciamiscelatore Faresin a coclee orizzontali	0,31	0,07	0,07	0,33	0,5
Carro trinciamiscelatore AgM a coclee verticali	0,27	0,09	0,04	0,33	0,5

Tabella 9 - Valori vibrazionali rilevati sul sedile dei carri trinciamiscelatori per ciascuno dei tre assi e livello globale, calcolato in conformità alla normativa ISO 5008, secondo la formula:

$$a = [(1,4 a_{wx})^2 + (1,4 a_{wy})^2 + a_{wz}^2]^{0,5}$$

La medesima considerazione (*tabella 10*) si può fare per le vibrazioni al volante; anzi, in questo caso i livelli globali sono lontani dal limite, arrivando al massimo a poco più della metà. Questa GMAS non dovrebbe causare danni alla salute dell’operatore, anche in considerazione del fatto che,

pur essendo macchine utilizzate quotidianamente tutto l'anno il periodo di funzionamento non supera le 5 o 6 ore al giorno.

Macchina	Volante				Limite Dir. Macchine (m/s ²)
	Vert. (m/s ²)	Long. (m/s ²)	Trasv. (m/s ²)	Liv. globale (m/s ²)	
Carro trinciamiscelatore Storti a coclee orizzontali	0,47	0,67	0,37	0,90	2,5
Carro trinciamiscelatore Faresin a coclee orizzontali	0,79	0,46	0,90	1,28	2,5
Carro trinciamiscelatore AgM a coclee verticali	0,50	0,37	0,31	0,69	2,5

Tabella 10 - Valori vibrazionali rilevati sul volante dei carri trinciamiscelatori per ciascuno dei tre assi e livello globale, calcolato in conformità alla normativa ISO 5349, secondo la formula:

$$a = (a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2)^{0,5} \text{ (in neretto è evidenziato il valore oltre il limite).}$$

Lo studio sui carri trinciamiscelatori ha mostrato come le coclee che trinciano e miscelano il prodotto, ruotando ad un regime molto basso (max 30 min⁻¹) non producano vibrazioni pericolose per il conducente. Si è visto come, oltre al motore, l'unico altro dispositivo che può provocare disturbi è la fresa desilatrice, che gira a qualche centinaio di giri al minuto e può essere soggetta a sbilanciamenti del rotore. Essendo poi spesso collocata su di un braccio piuttosto lungo ed arrivando a lavorare ad una certa altezza da terra, può facilmente trasmettere alla macchina le proprie oscillazioni.

Falciatrinciacaricatrici

Le falciatrinciacaricatrici sono GMAS che svolgono in una sola passata nello stesso momento l'operazione di taglio, trinciatura e caricamento del prodotto nel cassone a bordo; esse possono essere utilizzate, cambiando la testata di raccolta, per la trinciatura e raccolta sia dei foraggi che dei cereali, da stoccare poi in sili per la conservazione.

La macchina provata è una Claas Jaguar (tabella 11), che monta una testata per la trinciatura del mais della ditta Kemper (figura 31).

Marca modello	e Testata di raccolta	Velocità di rotazione di tamburo trinciatura (min ⁻¹)	Velocità di rotazione di tamburo rompigranella (min ⁻¹)
Claas Jaguar	Kemper	1100	2000

Tabella 11 – Alcune caratteristiche della falciatrinciacaricatrice Claas Jaguar.

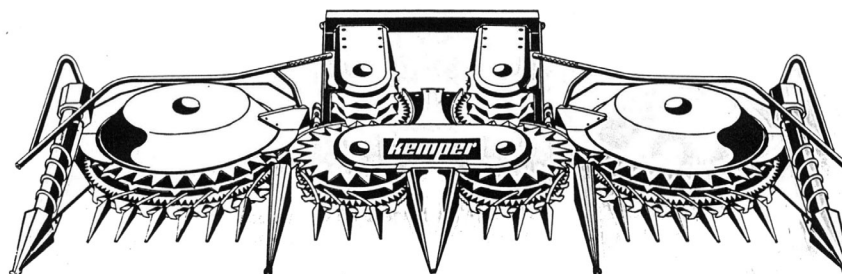


Figura 31 - Testata modello Kemper per la raccolta dei cereali, montata sulla falciacondizionatrice provata.

I valori registrati sul sedile sono medio-bassi, con picchi di maggiore ampiezza nell'asse verticale. Come si può vedere nella figura 32, nell'asse verticale i picchi sono a 5 Hz e 10 Hz e derivano

probabilmente dai dischi rotanti della testata che girano a velocità diverse; non sembra esserci, come invece ci si aspetterebbe, nessuna influenza del rotore trinciatore sul livello di vibrazioni globale.

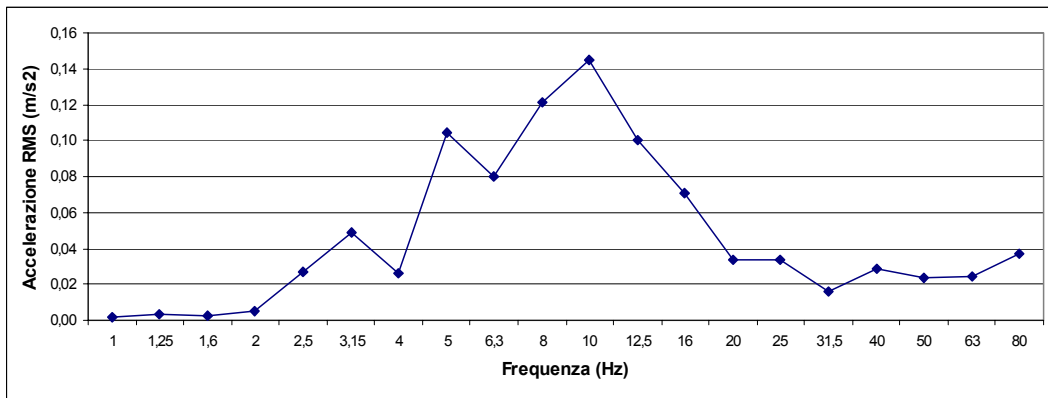


Figura 32 – Falciacondizionatrice Claas Jaguar, vibrazioni corpo intero, asse verticale.

I dati relativi ai rilievi effettuati sul volante mostrano invece una prevalenza, nella formazione del livello globale, del rotore trinciatore e del motore. Infatti, come si può notare nelle figure 33, 34 e 35, sono stati rilevati dei picchi di ampiezza media a 16 Hz (rotore trinciatore) nell'asse trasversale a cui si aggiungono picchi a 40 Hz e 50 Hz (motore) sia in quello longitudinale che nel verticale.

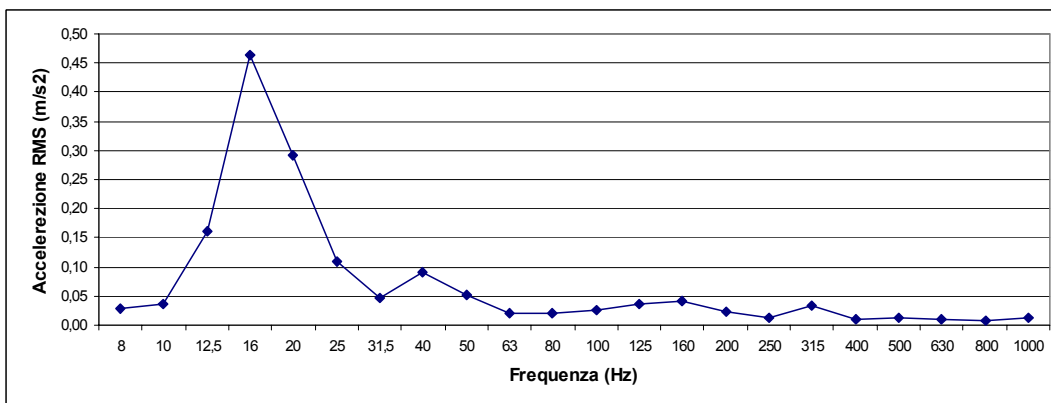


Figura 33 – Falciacondizionatrice Claas Jaguar, vibrazioni mano-braccio, asse trasversale

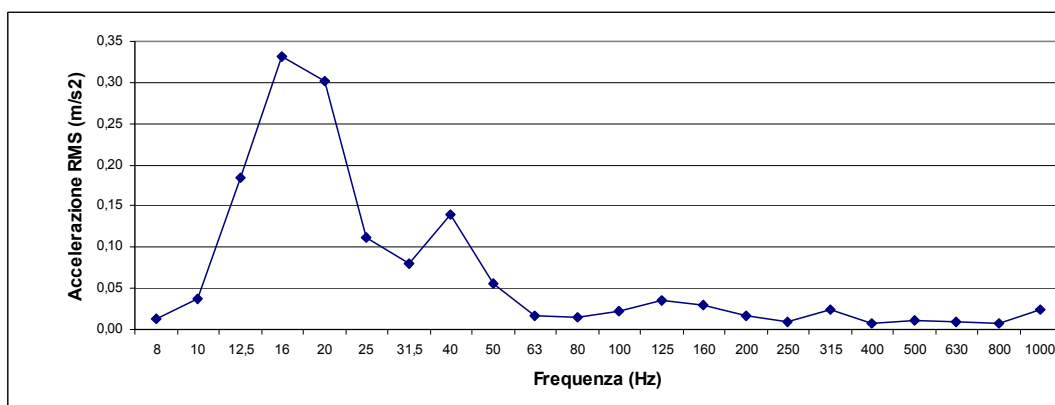


Figura 34 – Falciacondizionatrice Claas Jaguar, vibrazioni mano-braccio, asse longitudinale.

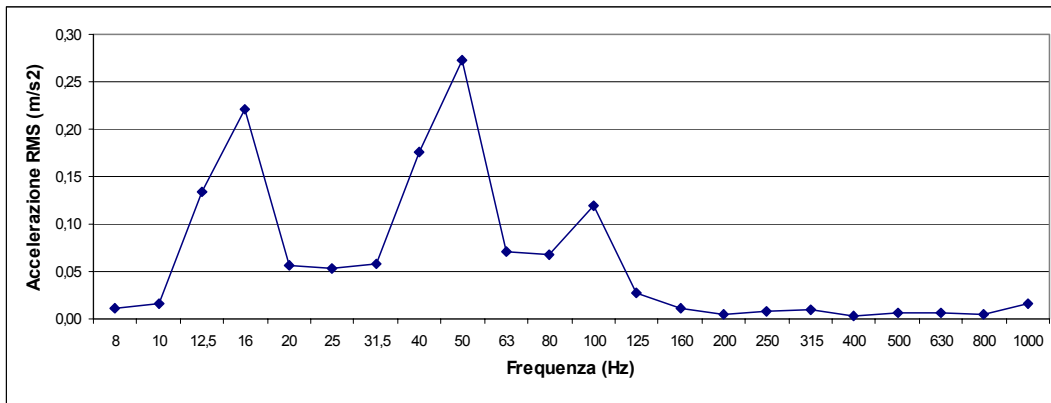


Figura 35 – Falciacondizionatrice Claas Jaguar, mano-braccio, asse verticale.

Nel caso in esame i valori registrati sono stati ampiamente al di sotto di quelli previsti, sia al sedile che al volante, probabilmente a causa del ridotto numero di organi in movimento (testata di raccolta e rotore trinciatore); peraltro l'utilizzo della macchina con testate di tipo diverso potrebbe comportare situazioni più pericolose.

Essendo stata sottoposta a rilievo solamente una macchina di questa categoria, non è possibile avere dei riscontri maggiormente attendibili sui dati rilevati; comunque la falcia-trinciatura-caricatrice provata presenta valori molto bassi sia al sedile ($0,14 \text{ m/s}^2$) che al volante ($0,91 \text{ m/s}^2$). Questo comportamento sembra sia dovuto all'esiguo numero di organi in movimento, testata di raccolta e rotore trinciatore, che se ben bilanciati non comportano nessun problema, dal punto di vista vibratorio, al posto di guida.

3. Barre irroratrici

Le indagini, che sono state effettuate nelle province di Milano (all'interno del Parco Agricolo Sud Milano – PASM) e Bergamo nel corso degli anni 1999, 2000 e 2001 allo scopo di controllare le irroratrici che, su base volontaria, gli agricoltori interessati hanno sottoposto a controllo, hanno evidenziato come il parco macchine operante comprenda mezzi ad anzianità di servizio ed obsolescenza tecnica piuttosto avanzate, spesso prive dei più basilari dispositivi di sicurezza. Sono state esaminate 181 irroratrici a distribuzione orizzontale, quasi sempre utilizzate per operazioni di diserbo di pieno campo; in 5-6 casi si è trattato di macchine adattate per trattamenti localizzati tramite lancia distributrice e per il diserbo dei fossi. La maggior parte dell'indagine è stata svolta nel territorio del PASM (150 macchine, l'83% del totale), mentre 31 sono stati i mezzi indagati nella provincia di Bergamo (17%). L'analisi sull'uso delle irroratrici ha preso in esame gli aspetti critici per la sicurezza dell'operatore, soprattutto sotto l'aspetto meccanico.

Sono state pertanto effettuate nel corso degli anni 1999, 2000 e 2001 due campagne di prove, nel territorio del PASM, e nella provincia di Bergamo, allo scopo di controllare le irroratrici che, su base volontaria, gli agricoltori interessati hanno sottoposto a controllo e taratura.

Dai rilievi è emerso come il grado di usura degli **ugelli** risulta in buona parte condizionato dal materiale di costruzione di questo componente: ormai è la plastica a “farla da padrone” (55% dei casi), sia per ragioni di praticità che di costo (*figura 36*). Ugelli in ceramica, in alluminio e in ottone sono stati censiti nel 15% circa dei casi, per ciascun materiale, mentre l'acciaio è risultato assai poco usato (4%).

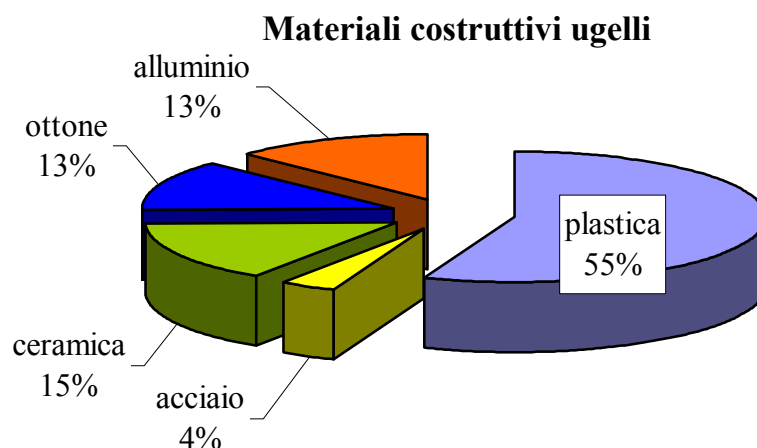


Figura 36 – Classificazione degli ugelli montati sulle irroratrici censite, suddivisi per materiale di costruzione.

Gli ugelli controllati (come visto in buona parte in plastica) risultano essere relativamente resistenti all'usura, dato che ben il 75% sono risultati efficienti (*figura 37*). Non va però sottovalutato il 20% di punte di spruzzo usurate, mentre il 5% era montato in modo non omogeneo sulla barra: avendo effettuato una sostituzione parziale (operazione peraltro non consigliabile), l'operatore era evidentemente incorso in un errore di riconoscimento dei parametri distributivi degli ugelli presenti. Se la testina di distribuzione poi è monougello (88% dei casi nel campione indagato) invece che a due o più ugelli (il restante 12%), in caso di palese usura di questo componente risulta veloce in termini di tempo e poco costosa (poche decine di euro in totale) la completa sostituzione, con un evidente e talvolta eclatante vantaggio non solo nella precisione quantitativa, ma anche e soprattutto qualitativa della distribuzione.

Condizioni ugelli

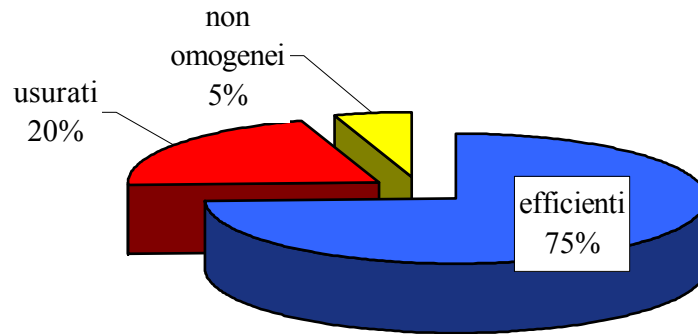


Figura 37 – Condizioni degli ugelli montati sulle irroratrici oggetto dell'indagine.

A prescindere dal suo grado di usura, una delle situazioni tipiche di malfunzionamento di un ugello dipende dall'intasamento, cioè dal deposito, proprio sulla punta di spruzzo, di sabbia, polvere, calcare e residui di melma, alghe, prodotto non ben miscelato, ecc., sfuggiti ai sistemi di filtrazione posti a monte nel circuito; un filtro posto immediatamente prima dell'ugello potrebbe risolvere il problema, a condizione che esso sia frequentemente ispezionato e pulito. Purtroppo solo il 41% delle macchine esaminate ne erano provviste, mentre nel restante 59% non sono stati pochi i casi in cui gli operatori si sono lamentati di frequenti problemi di intasamento. Tra l'altro, la sostituzione di ugelli con altri di tipo diverso, può portare ad una inadeguatezza dei filtri, la cui dimensione tipica della maglia potrebbe risultare insufficiente nell'assicurare un'efficace azione pulente.

Purtroppo, se gli ugelli sono in buona parte funzionanti, ciò non significa che essi erogino con precisione la portata nominale prevista: in figura 38 è illustrata la situazione riscontrata in tal senso per tutte le macchine provate, evidenziando la percentuale di barre con uno o più ugelli con valori di portata di $\pm 10\%$ rispetto al valore medio. Nei 40% dei casi, è stata verificata una uniformità più che buona (scostamento massimo della portata di tutti gli ugelli contenuto entro $\pm 5\%$ del valore medio); in un altro 28% l'uniformità è stata accettabile (scarto entro $\pm 10\%$). Nei restanti casi, però, è stata accertata una eccessiva variabilità delle portate, anche con differenze molto forti: per esempio, nel 17% dei casi esaminati, lo scostamento era compreso tra il 21 e il 40%, mentre addirittura nel 9% dei casi le differenze di portata rispetto al valore medio erano superiori al 40%, denunciando così una situazione di grave difformità nella distribuzione localizzata del fitofarmaco.

Scarto del peggior ugello rispetto alla portata media (in valore assoluto)

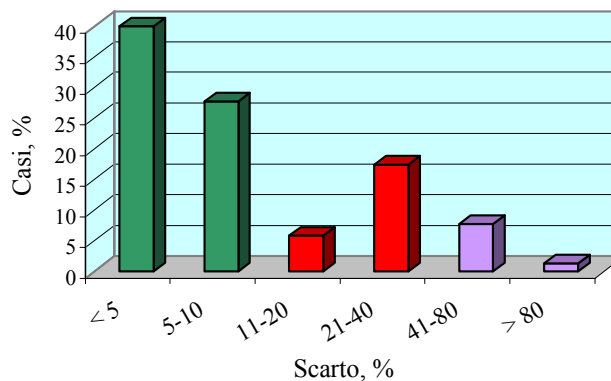


Figura 38 – Entità dello scostamento (in valore assoluto) delle portate dei peggiori ugelli, in riferimento al valore medio delle barre sulle quali erano montati: in verde le prime due classi, (scarto massimo $\pm 10\%$); in rosso e in viola le restanti classi, di gravità crescente.

Sono stati infatti registrati alcuni casi (per fortuna sporadici!) di barre sulle quali non era mai stata effettuata alcuna operazione di manutenzione, pur essendo in servizio da oltre 20 anni: era possibile rilevare, anche solo visivamente, una forte usura degli ugelli. La misura successiva non ha fatto altro che confermare la situazione precaria, con valori di disomogeneità che sono arrivati anche al 300% rispetto alla media. In tutti i casi, dopo la sostituzione degli ugelli con esemplari nuovi e di tipo adeguato ai parametri di lavorazione, al controllo successivo le portate sono risultate regolari.

E' comunque da segnalare che un'uniformità di distribuzione soddisfacente, con scostamenti entro i limiti, non è di per sé garanzia di una corretta distribuzione: se, ad esempio, tutti gli ugelli sono usurati in modo accentuato ma regolare, l'uniformità di distribuzione è comunque assicurata, ma la dimensione della goccia è notevolmente superiore allo standard per quel tipo di punta di spruzzo, il che porta ad effetti non voluti (di solito una minore efficacia del trattamento). Occorre quindi sempre verificare che la portata media degli ugelli provati sia conforme a quella nominale, per una data pressione di lavoro.

Oltre a differenti gradi di usura e ad eventuali errori nella sostituzione di alcuni ugelli con altri tipi non corretti, la causa principale di una distribuzione non uniforme risiede comunque nell'intasamento (parziale o, a volte, totale) degli ugelli stessi, a causa della mancanza dei filtri e/o, molto più frequentemente, per una manutenzione trascurata, soprattutto in relazione alla mancata pulizia della macchina alla fine di ogni trattamento. Molto spesso, infatti, è stato possibile far rientrare entro i limiti previsti le portate degli ugelli di alcune barre semplicemente asportando (peraltro senza l'uso di particolari attrezzature) i residui di calcare, fitofarmaco, sabbia e altra sporcizia, che otturavano gli orifizi.

Nel PASM un quarto delle irroratrici ha meno di 5 anni, e quindi possono essere considerate mezzi "nuovi" ma, all'opposto, un terzo hanno tra 10 e 20 anni e addirittura ben il 28% delle macchine supera i 20 anni di servizio. La situazione nella provincia di Bergamo è peggiore: le macchine "nuove" rappresentano solo il 7% del campione indagato, il 31% sono mezzi con età tra 6 e 10 anni, mentre il 60% circa si situa nelle classi tra 10 e 20 anni.

Anche in relazione alla notevole vetustà delle operatrici, era presumibile attendersi un'elevata anzianità di servizio delle **motrici**, a riprova della non spiccata importanza che (purtroppo) gli agricoltori conferiscono a questa operazione; d'altra parte, per l'azionamento di un'irroratrice non particolarmente moderna non sono richieste al trattore particolari dotazioni: un numero non eccessivo di marce, una presa di potenza (spesso solo a 540 min⁻¹), un sollevatore o un gancio di traino di caratteristiche comuni sono solitamente più che sufficienti. I dati raccolti confermano quanto esposto: più della metà dei trattori censiti ha un'anzianità di servizio tra 13 e 27 anni e il 18% più di 28. In queste due classi, come purtroppo era facilmente prevedibile, pochi erano i veicoli dotati di una struttura di protezione contro il ribaltamento (anche di quegli esemplari che per legge avrebbero dovuto averla...), ancora meno erano quelli dotati di una cabina e, ovviamente, nessuna di queste ultime era attrezzata di un sistema di ventilazione pressurizzato e con filtri a carboni attivi. In questi casi l'agricoltore dovrebbe impiegare appositi **d.p.i.** per la protezione delle vie respiratorie e della cute. Sul mercato esistono diverse tipologie di d.p.i. (caschi, maschere a carboni attivi, guanti e tute) a disposizione per prevenire tali situazioni.

Nelle norme di prevenzione degli infortuni sono contenute indicazioni molto dettagliate sull'uso dei d.p.i. e in particolare, riferendoci ai trattamenti con fitofarmaci, bisogna considerare la protezione degli occhi e del viso nel caso di proiezione di materiali o durante la spruzzatura di fluidi. Va inoltre considerata la difesa delle vie respiratorie in quanto gli operatori sono esposti all'inalazione di nebbie, gas, vapori e polveri, velenosi, irritanti o corrosivi. Per quanto riguarda la pelle, onde evitare l'assorbimento di tali formulati per via cutanea, è facile intuire che sia necessario indossare guanti e abbigliamento idonei.

I caschi ad aria condizionata sono, insieme agli autorespiratori, gli unici dispositivi che soddisfano sia l'esigenza della protezione degli occhi e del viso che quella di proteggere le vie respiratorie. Rispetto agli autorespiratori offrono peso e ingombro minori (per via dell'assenza della bombola), oltre al vantaggio di non dover effettuare ricariche. Più conosciute risultano probabilmente le maschere e le semimaschere che però non proteggono integralmente il capo e, rispetto ai caschi, offrono un minor confort sia per il campo visivo che per la facilità di respirazione. Il loro principio di funzionamento è infatti basato su una leggera sovrappressione creata all'interno del casco mediante elettroventole, in modo da impedire l'accesso all'interno dell'aria non depurata proveniente dall'esterno che aiutano una confortevole respirazione anche sotto sforzo (che diviene difficoltosa con l'uso delle comuni maschere antigas). La rumorosità dei caschi presenti sul mercato è sempre abbastanza contenuta e si attesta sempre su valori inferiori a 75 dB. La sostituzione dei filtri va effettuata quando si comincia ad avvertire l'odore o il gusto del contaminante, oppure se si avverte difficoltà alla respirazione dovuta ad eccessivo intasamento, in ogni caso dopo un periodo massimo di sei mesi.