

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA
VITERBO

DIPARTIMENTO DI GEOLOGIA E INGEGNERIA MECCANICA, NATURALISTICA E IDRAULICA PER IL TERRITORIO (GEMINI)

DOTTORATO DI RICERCA IN:
MECCANICA AGRARIA – XXIII CICLO

VALUTAZIONE DEI PRINCIPALI FATTORI DI RISCHIO E PROPOSTE DI INTERVENTO PER LA SICUREZZA DEI LAVORATORI NEI FRANTOI OLEARI

Settore Scientifico – Disciplinare (AGR/09)

Coordinatore: Prof. Ing. Danilo Monarca

Tutor: Dott. Ing. Pier Riccardo Porceddu



Dottorando: Marco Dionigi

Indice

Introduzione 1

CAPITOLO 1. – Infortuni e malattie professionali in cifre 3

CAPITOLO 2. – Evoluzione della legislazione in materia di salute e sicurezza sul lavoro 10
2.1. Dagli anni ‘50 al D. Lgs. n. 626/94 10
2.2. Il D. Lgs. n. 626 del 19/09/1994 12
2.3. Dagli anni ‘90 al Decreto Bersani – Visco 13
2.4. La Legge n. 296 del 27/12/2006 (“Finanziaria 2007”) 15
2.5. La Legge n. 123 del 03/08/2007 17
2.6. La Legge n. 244 del 24/12/07 (“Finanziaria 2008”) 18
2.7. Il Decreto Legislativo n. 81 del 09/04/2008: “TESTO UNICO” 18
2.8. Analisi degli elementi chiave caratterizzanti il nuovo Testo Unico 22
2.9. L’individuazione dei fattori di rischio per i lavoratori 29
2.10. Rischi per la sicurezza o di natura infortunistica 30
2.11. Rischi per la salute o igienico ambientali 32
2.12. Rischi di tipo trasversale ed organizzativo 33

CAPITOLO 3. – Il settore olivicolo in Italia in cifre 36
3.1. La fase di trasformazione 38

CAPITOLO 4. – Le tecnologie di estrazione dell’olio di oliva 42

CAPITOLO 5. – Sperimentazione eseguita 53
CAPITOLO 5.1. Descrizione dei frantoi 53

CAPITOLO 6. – Rischi connessi all’attività molitoria 60
6.1. Carenze strutturali dell’ambiente di lavoro 60
6.2. Manutenzione ed utilizzo di apparecchiature ed impianti elettrici 72
6.3. Carenze di sicurezza su macchine ed apparecchiature 76
6.4. Carenza di segnaletica di sicurezza 87
6.5. Movimentazione manuale dei carichi 89
6.6. Nuovi rischi lavorativi emergenti 95

CAPITOLO 7. – Rischi derivanti da agenti fisici (microclima, rumore) 98
7.1. Il microclima 98
7.1.1. Fisiologia della termoregolazione 99
7.1.2. Equazione di bilancio termico 101
7.1.3. Tipologie di microclima 103
7.1.4. Microclimi severi 106
7.1.5. Microclimi severi caldi 107
7.1.6. I microclimi severi freddi 109
7.2. Materiali e metodi 112
7.2.1. Sonde e sensori collegati al multiacquisitore 115
7.2.2. Globotermometro 115
7.2.3. Sonda per temperatura a bulbo umido a ventilazione naturale 116
7.2.4. Sonda psicrometrica a ventilazione forzata 116
7.2.5. Sonda anemometrica a filo caldo 117
7.2.6. *Software* per la gestione dei dati acquisiti 118
7.3. Esecuzione delle analisi microclimatiche 119
7.3.1. Risultati delle analisi microclimatiche 141

7.4. Il rumore 146
7.4.1. Il suono e il rumore 149
7.4.2. I parametri fondamentali del suono 153
7.4.3. Espressione della quantità dei parametri acustici 156
7.4.4. Analisi spettrale 162
7.4.5. I campi sonori 163
7.4.6. Il campo sonoro libero 163
7.4.7. Il campo sonoro diffuso 165
7.4.8. Ambiente reale 166
7.4.9. Assorbimento acustico 167
7.4.10. Strumenti di misura del rumore 168
7.5. Materiali e metodi 173
7.5.1. Descrizione del *software* Ramsete 179
7.5.2. Struttura del programma 183
7.6. Risultati delle analisi acustiche 189
7.6.1. Esposizione giornaliera al rumore dei lavoratori 215
7.6.2. Utilizzo del *software* RAMSETE – Descrizione del frantoio 232
7.6.3. Modellazione dell'ambiente 236
7.6.4. Simulazione dell'ambiente acustico reale e taratura del modello 237
7.6.5. Interventi di correzione acustica 240

Conclusioni 253

Bibliografia 257

Introduzione

La sicurezza è diventata un imperativo a livello europeo, per tutti i settori che riguardano la vita umana. Infatti, solo con il miglioramento della sicurezza a tutti i livelli aumenta la durata e soprattutto la qualità della vita.

Tra gli obiettivi dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, per gli stati europei, ci sono anche quelli di un aumento di almeno il 20% dell'aspettativa di vita e di una vita esente da disabilità all'età di 65 anni e di un aumento di almeno il 50% nella percentuale di persone di 80 anni, che godono di un buon livello di salute, che permetta loro di mantenere la propria autonomia e la stima di sè.

Una realtà produttiva molto diffusa in Italia, è rappresentata dall'olivicoltura.

La produzione è suddivisa tra realtà industriali di grandi dimensioni, sia per fatturato, che per la loro presenza in mercati sovranazionali e tra piccole realtà locali, che operano in un mercato comunale o poco più. Queste ultime hanno evidentemente possibilità economiche inferiori rispetto alle prime e generalmente effettuano la trasformazione del prodotto ricevuto da piccoli produttori, a cui restituiscono l'olio ottenuto dalle stesse olive portate alla molitura. In molti casi il compenso non è monetario, ma in olio molito, che è poi rivenduto dal frantoio a terze persone. Peraltro gli introiti della molitura delle olive non costituiscono l'unica fonte di reddito per il proprietario, che ha anche altre attività di sostentamento.

Tali piccole realtà artigianali operano quasi esclusivamente nel periodo della molitura e cioè per circa due o tre mesi all'anno. La conduzione è molto spesso familiare, con la presenza in diversi casi di lavoratori extracomunitari. Il lavoro stagionale e l'attività di molitura che non rappresenta la principale fonte di reddito, portano a non effettuare investimenti seri.

La sicurezza sul lavoro è vista più come un peso che una reale possibilità di miglioramento delle condizioni dei lavoratori e della produzione. Ad esempio la formazione e l'informazione dei lavoratori, quando effettuata, è molto ridotta.

Da un'indagine svolta nel territorio della Regione Umbria è emerso un elevato numero di aziende di trasformazione sostanzialmente a conduzione familiare, che costituiscono il tessuto connettivo dell'olivicoltura umbra. Sono stati evidenziati anche diversi rischi per la sicurezza dei lavoratori. In particolare gli impianti di trasformazione sono risultati inseriti in edifici rurali pre – esistenti, non appositamente progettati per accogliere i macchinari necessari per eseguire la trasformazione delle olive, elemento questo che determina l'insorgenza di numerosi rischi legati direttamente alle carenze strutturali dell'ambiente di lavoro (altezza, superficie, volume dei locali, pavimenti, ingressi, uscite, vie di emergenza, uscite di sicurezza, vie di circolazione, illuminazione naturale ed artificiale) ed indirettamente alle interazioni

instauratesi tra i macchinari, i lavoratori e l'ambiente di lavoro (segnaletica di sicurezza, *layout* di lavorazione, agenti fisici).

Il presente lavoro ha riguardato l'analisi dei principali rischi derivanti dall'attività molitoria, con particolare riguardo al microclima ed al rumore.

Il microclima studia le condizioni ambientali del luogo di lavoro che, insieme all'attività metabolica ed all'abbigliamento indossato, determinano gli scambi termici tra i lavoratori e l'ambiente, influendo in maniera decisiva sulla qualità del luogo di lavoro.

Un microclima confortevole è condizione indispensabile per il raggiungimento della piena soddisfazione nei confronti del luogo di lavoro e quindi per l'ottenimento di una maggiore produttività. In generale negli ambienti agroindustriali il benessere termico è di complessa realizzazione. Infatti i lavoratori spesso lavorano all'aperto, o a temperature elevate o basse, o in condizioni particolari rispondenti ai parametri di produzione e trasformazione dei prodotti. Nei frantoi oleari vi sono operazioni svolte all'aperto (ricezione del prodotto) ed all'interno degli edifici, in grado di costituire una causa di *discomfort* per i lavoratori. Il lavoro ha pertanto riguardato lo studio del microclima nei frantoi secondo la norma UNI EN ISO 7730:2006.

Altro aspetto indagato è stato il rumore generato dalle diverse macchine in funzione, cui gli operatori risultavano esposti durante l'intera giornata lavorativa.

La presenza di impianti spesso obsoleti ha indicato nel rumore uno dei principali fattori di rischio. Le valutazioni acustiche sono state eseguite con riferimento alla norma UNI 9432:2008.

Il D.Lgs. 81/2008 (Testo Unico Sicurezza) presta particolare attenzione al rischio rumore ed individua una serie di procedure da adottare in corrispondenza di diversi livelli acustici. Evidentemente il rumore all'interno dei frantoi è dovuto all'insieme macchine ed edificio. Quest'ultimo è un elemento in grado di amplificare il rumore, pertanto nel lavoro si riportano i risultati dello studio effettuato in un frantoio con l'ausilio di un *software* previsionale che ha consentito di effettuare diverse simulazioni del rischio da rumore, disponendo in maniera diversa le macchine presenti ed effettuando interventi nell'edificio.

Oltre al microclima ed al rumore sono stati presi in considerazione altri fattori di rischio legati alle caratteristiche strutturali dell'ambiente di lavoro.

Tutte le valutazioni sono state condotte in nove frantoi siti in provincia di Perugia, nei quali sono stati effettuati numerosi sopralluoghi.

CAPITOLO 1. – Infortuni e malattie professionali in cifre

I dati INAIL sull'andamento infortunistico per l'anno 2008 presentano una situazione decisamente migliore rispetto a quella del 2007, sia per l'andamento generale del fenomeno, sia soprattutto per quel che riguarda gli infortuni mortali, che rappresentano gli eventi di maggiore impatto sociale ed emotivo (tabella 1).

Tabella 1. Infortuni avvenuti negli anni 2007 – 2008 per modalità di evento [INAIL, 2009].

Modalità di evento	Infortuni in complesso			Casi mortali		
	2007	2008	Var.%	2007	2008	Var.%
IN OCCASIONE DI LAVORO di cui:	814.438	777.739	-4,5	903	844	-6,5
Ambiente di lavoro ordinario (es. fabbrica, cantiere, lavoro agricolo)	762.224	726.878	-4,6	562	509	-9,4
Circolazione stradale (es. autotrasporti, addetti alla manutenzione stradale)	52.214	50.861	-2,6	341	335	-1,8
In itinere (percorso casa – lavoro – casa)	97.972	97.201	-0,8	304	276	-9,2
Totale	912.410	874.940	-4,1	1.207	1.120	-7,2

Per il confronto con gli infortuni del 2007 (definitivi) sono stati utilizzate stime previsionali del dato definitivo del 2008.

Degli 874.940 infortuni denunciati, 53.278 (6,1% del totale) si sono verificati nell'ambito dell'agricoltura, 790.214 (90,3%) nell'industria e servizi e 31.448 (3,6%) fra i dipendenti dello stato (tabella 2). Il calo infortunistico è risultato più consistente in agricoltura (-6,9%) e sostenuto, comunque, anche nell'industria e servizi (-4,3%), mentre per i dipendenti dello Stato si è registrato un aumento del 7,6%. Per quanto riguarda, invece, le morti sul lavoro, il 2008 segna un calo sensibile rispetto al 2007, dovuto esclusivamente alla riduzione del numero di decessi nell'industria e servizi (-9,8%), mentre in agricoltura e per i dipendenti dello stato si registra un incremento pari a circa 20 casi per il complesso delle due gestioni.

Tabella 2. Infortuni avvenuti negli anni 2007 – 2008 per gestione [INAIL, 2009].

Gestioni	Infortuni in complesso			Casi mortali		
	2007	2008	Var.%	2007	2008	Var.%
Agricoltura	57.206	53.278	-6,9	105	121	15,2
Industria e servizi	825.981	790.214	-4,3	1.088	981	-9,8
Dipendenti conto stato	29.223	31.448	7,6	14	18	28,6
Totale	912.410	874.940	-4,1	1.207	1.120	-7,2

L'analisi territoriale mostra che la riduzione degli infortuni osservata tra il 2007 e il 2008 (-4,1% a livello nazionale) ha riguardato praticamente tutte le regioni, ad eccezione della Valle d'Aosta (+3,9%), che, tuttavia, presenta una consistenza numerica molto limitata. Più sostenuti i cali in Friuli-Venezia Giulia (-7,6%) e nella provincia autonoma di Trento (-7,1%). Le morti sul lavoro sono diminuite in particolar modo nel Nord – Ovest (-14,5%) con punte ancora più elevate in Piemonte (-27%) e Lombardia (-16%); in sensibile diminuzione anche Sardegna, Molise e Marche. In controtendenza Liguria, Toscana, Abruzzo e Basilicata per le quali gli infortuni mortali sono cresciuti in misura anche relativamente consistente (tabella 3).

Tabella 3. Infortuni avvenuti negli anni 2007 – 2008 per regione [INAIL, 2009].

Regioni	Infortuni in complesso			Casi mortali		
	2007	2008	Var.%	2007	2008	Var.%
Piemonte	73.129	69.669	-4,7	105	77	-26,7
Valle d'Aosta	2.391	2.484	3,9	4	2	-50,0
Lombardia	155.480	149.506	-3,8	214	179	-16,4
Liguria	29.559	28.507	-3,6	16	32	100,0
Bolzano	17.667	17.633	-0,2	17	17	-
Trento	12.325	11.446	-7,1	11	8	-27,3
Trentino Alto Adige	29.992	29.079	-3,0	28	25	-10,7
Veneto	109.894	104.134	-5,2	124	113	-8,9
Friuli Venezia Giulia	28.051	25.929	-7,6	27	26	-3,7
Emilia Romagna	130.545	123.661	-5,3	113	116	2,7
Toscana	72.212	69.118	-4,3	70	82	17,1
Umbria	18.184	17.088	-6,0	19	16	-15,8
Marche	32.178	30.415	-5,5	34	25	-26,5
Lazio	57.994	57.924	-0,1	100	81	-19,0
Abruzzo	22.730	21.842	-3,9	26	35	34,6
Molise	3.805	3.584	-5,8	11	4	-63,6
Campania	30.099	28.719	-4,6	75	75	-
Puglia	41.315	39.425	-4,6	79	78	-1,3
Basilicata	6.493	6.206	-4,4	13	21	61,5
Calabria	14.459	14.094	-2,5	35	28	-20,0
Sicilia	35.514	35.590	0,2	77	79	2,6
Sardegna	18.386	17.966	-2,3	37	26	-29,7
TOTALE	912.410	874.940	-4,1	1.207	1.120	-29,7

Passando tuttavia ad un'analisi dei dati infortunistici non in termini di valori assoluti, ma applicando opportuni indicatori di rischio (indici di frequenza) elaborati utilizzando criteri statistici sulla base degli infortuni indennizzati rapportati agli "addetti-anno" (unità di lavoro annuo calcolati considerando le retribuzioni dichiarate dalle aziende) è possibile esprimere il reale rapporto che esiste tra gli infortuni e la forza lavoro che li produce. Per disporre di una base statistica stabile e significativa inoltre detti "indici di frequenza" vengono costruiti con riferimento alla media dell'ultimo triennio consolidato.

Nel complesso, l'analisi dell'ultimo triennio consolidato (quello riferito agli anni 2004 – 2006) fa registrare a livello nazionale un indice pari a 29,52, con una diminuzione di circa il 4% rispetto all'indice di frequenza relativo al precedente triennio, confermando quindi la tendenza alla riduzione del fenomeno infortunistico. Analizzando i dati a livello regionale emergono delle differenze rispetto ai dati riportati in precedenza. Se infatti in termini di valori assoluti la regione con maggior numero di eventi lesivi risultava essere la Lombardia, quella con più elevata frequenza di accadimento è rappresentata dall'Umbria, per la quale si è rilevato un indice maggiore del 48% rispetto alla media nazionale, sceso comunque da 45,23 a 43,70 rispetto al precedente triennio. Al secondo posto nella graduatoria compare l'Emilia Romagna, con un indice superiore alla media nazionale del 31%. Segue il Friuli Venezia Giulia, la Liguria e la Puglia Agli ultimi posti si confermano ancora la Sicilia (-16% rispetto alla media nazionale), la Campania (-31%) e soprattutto il Lazio (-35%) (tabella 4).

Come parziale motivazione di una classifica di questo tipo è necessario considerare la tipologia di aziende che caratterizza le differenti regioni. L'Umbria ad esempio è caratterizzata da imprese che sono per lo più di piccole dimensioni e a carattere artigianale e c'è una maggiore presenza, rispetto al complesso nazionale, dei settori delle costruzioni edili e delle lavorazioni di materiali per l'edilizia: tutto ciò rende il tessuto produttivo della regione particolarmente rischioso.

Nel Lazio al contrario è significativa la presenza, soprattutto nella capitale, di uffici della pubblica amministrazione centrale e di molteplici aziende che operano nei servizi e nel terziario avanzato, settori impiegatizi notoriamente a basso rischio.

Tabella 4. Frequenza infortunistica per regione e tipo di conseguenza* [INAIL, 2009].

Regione	Indice di frequenza				
	Inabilità temporanea	Inabilità permanente	Morte	Totale	Numero indice**
Umbria	40,44	3,13	0,13	43,70	148,04
Emilia Romagna	36,56	1,93	0,06	38,54	130,56
Friuli Venezia Giulia	36,46	1,95	0,05	38,46	130,28
Bolzano	36,02	2,23	0,05	38,30	129,74
Liguria	35,69	2,30	0,06	38,06	128,93
Puglia	34,32	2,22	0,12	36,66	124,19
Abruzzo	33,56	2,21	0,06	35,83	121,38
Trento	34,01	1,71	0,07	35,79	121,24
Marche	32,42	2,09	0,07	34,58	117,14
Veneto	32,09	1,71	0,05	33,85	114,67
Toscana	29,88	2,23	0,06	32,17	108,98
Basilicata	28,16	2,66	0,13	30,95	104,84
Valle d'Aosta	28,47	2,16	0,05	30,69	103,96
Molise	27,94	2,03	0,15	30,12	102,03
Sardegna	26,94	2,52	0,08	29,54	100,07
Calabria	24,42	2,97	0,12	27,52	93,22
Piemonte	24,55	1,30	0,06	25,91	87,77
Lombardia	24,31	1,32	0,05	25,68	86,99
Sicilia	22,47	2,32	0,09	24,88	84,28
Campania	18,27	1,98	0,10	20,35	68,94
Lazio	17,77	1,29	0,05	19,11	64,74
ITALIA	27,67	1,77	0,07	29,52	100,00

* Infortuni indennizzati x 1000 addetti INAIL, esclusi i casi in itinere. Media triennio consolidato (2004 – 2006).
** Base: Italia = 100.

Nonostante i dati fin qui riportati dimostrino ancora un livello troppo alto della frequenza di accadimento e del numero di infortuni verificatisi negli ultimi anni, specialmente nel caso degli infortuni mortali è comunque possibile notare come l'andamento storico del fenomeno sia costantemente decrescente, a riprova dei continui progressi in campo sociale, civile e culturale che hanno determinato una crescente attenzione dal punto di vista normativo, ai problemi dell'ambiente, e della salute dei lavoratori, con riflessi importanti anche sulla sicurezza nei luoghi di lavoro. Il calo dei morti sul lavoro, registrato tra il 2001 e il 2008, risulta peraltro molto sostenuto in tutti e tre i grandi rami di attività sia in termini assoluti (agricoltura -24%, industria -28%, servizi -28%) sia in termini relativi (agricoltura -14%, industria -31%, servizi -34%) (tabella 5, 6).

Tabella 5. Infortuni mortali avvenuti nel periodo 2001 – 2008 per ramo di attività. (valori assoluti) [INAIL, 2009].

Ramo di attività	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Agricoltura	159	167	128	175	141	124	105	121
Var.% su anno precedente	-	5,0	-23,4	36,7	-19,4	-12,1	-15,3	-15,2
Var.% sul 2001	-	5,0	-19,5	10,1	-11,3	-22,0	-34,0	-23,9
Industria	766	724	763	673	616	678	611	554
Var.% su anno precedente	-	-5,5	5,4	-11,8	-8,5	10,1	-9,9	-9,3
Var.% sul 2001	-	-5,5	-0,4	-12,1	-19,6	-11,5	-20,2	-27,7
Servizi	621	587	554	480	523	539	491	445
Var.% su anno precedente	-	-5,5	-5,6	-13,4	9,0	3,1	-8,9	-9,4
Var.% sul 2001	-	-5,5	-10,8	-22,7	-15,8	-13,2	-20,9	-28,3
TOTALE	1.546	1.478	1.445	1.328	1.280	1.341	1.207	1.120
Var.% su anno precedente	-	-4,4	-2,2	-8,1	-3,6	4,8	-10,0	-7,2
Var.% sul 2001	-	-4,4	-6,5	-14,1	-17,2	-13,3	-21,9	-27,6

Tabella 6. Infortuni mortali avvenuti nel periodo 2001 – 2008 per ramo di attività. (indici di incidenza) [INAIL, 2009].

Ramo di attività	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Agricoltura	0,156	0,169	0,132	0,177	0,149	0,126	0,114	0,135
Var.% su anno precedente	-	8,3	-21,9	34,1	-15,8	-15,4	-9,5	18,4
Var.% sul 2001	-	8,3	-15,4	13,5	-4,5	-19,2	-26,9	-13,5
Industria	0,116	0,108	0,112	0,098	0,089	0,098	0,087	0,080
Var.% su anno precedente	-	-6,9	3,7	-12,5	-9,2	10,1	-11,2	-8,0
Var.% sul 2001	-	-6,9	-3,4	-15,5	-23,3	-15,5	-25,0	-31,0
Servizi	0,044	0,041	0,038	0,033	0,036	0,036	0,032	0,029
Var.% su anno precedente	-	-6,8	-7,3	-13,2	9,1	0,0	-11,1	-9,4
Var.% sul 2001	-	-6,8	-13,6	-25,0	-18,2	-18,2	-27,3	-34,1
TUTTE LE ATTIVITA’	0,072	0,067	0,065	0,059	0,057	0,058	0,052	0,048
Var.% su anno precedente	-	-6,9	-3,0	-9,2	-3,4	1,8	-10,3	-7,7
Var.% sul 2001	-	-6,9	-9,7	-18,1	-20,8	-19,4	-27,8	-33,3

Un andamento di tipo differente emerge passando in analisi l’evoluzione che si è registrata negli ultimi anni in relazione alle denunce delle malattie professionali. In seguito infatti al triennio 2004 – 2006 caratterizzato da una sostanziale stabilità (circa 26.700 casi), si è assistito ad una sensibile crescita di circa 2.000 casi (+7,4%) nel 2007 e ad un ulteriore incremento nel 2008, anno in cui sono pervenute 29.704 denunce. Nel giro degli ultimi due anni, dunque, si è registrato un aumento di ben 3.000 casi, (+11,7%) delle denunce presentate all’INAIL per il riconoscimento e l’eventuale indennizzo di una patologia di origine lavorativa (tabella 7).

Tabella 7. Malattie professionali denunciate nel periodo 2004 – 2008 [INAIL, 2009].

Settore	2004	2005	2006	2007	2008
Agricoltura	1.076	1.318	1.445	1.643	1.817
Industria e Servizi	25.235	25.111	25.022	26.743	27.539
Dipendenti conto Stato	285	323	320	392	348
TOTALE	26.596	26.752	26.787	28.778	29.704
Var.% sul 2004	-	0,6	0,7	8,2	11,7

Un incremento di tale entità non va necessariamente attribuito ad un graduale e continuo peggioramento delle condizioni di salubrità negli ambienti di lavoro, ma al contrario ad una progressiva quanto auspicata emersione del fenomeno. Le malattie professionali infatti rispetto agli infortuni, che sono originati da un evento istantaneo e traumatico, hanno la peculiarità di un'insorgenza di natura lenta e graduale, che di conseguenza richiede tempi anche molto prolungati prima di manifestarsi. Un aumento delle denunce riscontrato pertanto negli ultimi due anni assume quindi un significato del tutto positivo dal punto di vista prevenzionistico, dimostrando una più matura consapevolezza raggiunta dalle parti interessate nei confronti di aspetti fino a poco tempo fa completamente sottovalutati sia dai datori di lavoro che dagli stessi lavoratori.

Restringendo l'analisi al settore dell'agricoltura emerge come tra le malattie professionali, quelle riconosciute nelle tabelle di classificazione nosologica delle malattie professionali hanno comunque visto diminuire sensibilmente la loro consistenza negli anni, grazie ad interventi di prevenzione e di adeguamento a norma sempre più mirati ed efficaci, al contrario delle malattie non "tabellate": patologie lavoro – correlate per le quali spetta al lavoratore la dimostrazione del nesso causale con l'attività lavorativa svolta (tabella 8). L'ipoacusia e sordità si conferma come una delle prime malattie professionali per numero di denunce. Accanto ad essa emergono quelle che possono essere definite "patologie emergenti", in particolare quelle che colpiscono l'apparato muscolo – scheletrico dovute al sovraccarico biomeccanico e causate da movimenti ripetuti e posture incongrue o scorrette (movimentazione manuale dei carichi, operazioni manuali ripetitive, carenze di tipo ergonomico).

Tabella 8. Malattie professionali denunciate nel periodo 2004 – 2008 in agricoltura [INAIL, 2009].

Tipo di malattia	2004	2005	2006	2007	2008
Malattie tabellate di cui:	133	127	108	107	106
Ipoacusia e sordità	45	44	32	33	38
Asma bronchiale	51	48	33	36	33
Osteo – articolari	16	15	11	17	17
Alveoliti allergiche	14	15	22	16	13
Malattie non tabellate di cui:	925	1.179	1.316	1.471	1.591
Affezioni dei dischi intervertebrali	88	143	157	295	399
Tendiniti	123	216	233	275	263
Ipoacusia	196	234	267	245	222
Artrosi	81	94	135	173	177
Sindrome del tunnel carpale	77	118	133	97	130
Altre neuropatie periferiche	56	78	112	93	116
Apparato respiratorio	89	95	101	98	94
Tumori	15	39	22	29	21
Dermatite da contatto	19	13	22	16	17
Artropatie legate ad altre affezioni	14	18	31	31	16
Disturbi psichici lavoro – correlati	2	3	4	5	2
Indeterminate	18	12	21	65	120
TOTALE	1.076	1.318	1.445	1.643	1.817

Ecco pertanto come nonostante i risultati raggiunti in termini di riconoscimento ed identificazione delle malattie professionali, cui ormai viene data la stessa importanza attribuita agli infortuni, sia indispensabile un continuo aggiornamento di specifiche iniziative in tema di sicurezza sul lavoro, in particolare sul versante ergonomico e della prevenzione e formazione dei lavoratori, per far fronte all'evoluzione delle tecniche produttive e organizzative del mondo del lavoro.

CAPITOLO 2. – Evoluzione della legislazione in materia di salute e sicurezza sul lavoro

Il problema della sicurezza sul lavoro è nato con la rivoluzione industriale del secolo XIX che ha comportato il fenomeno dell'esodo dalle campagne alle città di un gran numero di persone per lavorare nelle nuove fabbriche, fornendo la mano d'opera necessaria alla produzione di beni e servizi su larga scala.

Ben presto però i lavoratori, date le problematiche condizioni di lavoro, cominciarono ad organizzarsi in associazioni ed avanzare pretese di miglioramento delle loro condizioni lavorative.

Queste nuove e numerose forme di protesta portarono la giurisprudenza di fine '800 ad emanare le prime disposizioni di legge che, con il passare del tempo, sono state sostituite da nuove e sempre più adeguate all'evoluzione del progresso tecnologico ed all'instaurarsi di nuove modalità produttive, che comportavano il sorgere di nuovi rischi, con possibilità di compromissione della salute dei lavoratori.

Vi è stato quindi un vero e proprio processo evolutivo della legislazione in questa materia, evoluzione ancora in atto visto il continuo mutamento che interessa le condizioni cui sono soggetti i lavoratori e la nascita di nuovi rischi per la salute e malattie professionali.

Il quadro normativo in materia di sicurezza e salute sui luoghi di lavoro può essere scisso in due momenti storici: il primo è rappresentato dalle norme emanate dagli anni '50 fino agli anni '80, nate allo scopo di conciliare le esigenze di cambiamento delle realtà sociali ed industriali a seguito della seconda guerra mondiale, con il bisogno sempre più crescente di tutela della sicurezza nel mondo del lavoro; il secondo è costituito dalle norme emanate dagli anni '90 in poi conseguenza al recepimento delle direttive comunitarie ed alla consapevolezza del coinvolgimento dinamico dei lavoratori nella gestione della sicurezza aziendale. Giova inoltre ricordare la serie di articoli in tema di salute e sicurezza sul lavoro contenuti nella Costituzione della Repubblica Italiana (artt. 32, 35, 38, 41) e nel Codice Civile (art. 2078).

2.1. Dagli anni '50 D. Lgs. n. 626/94

Negli anni 1955 – 56 sono state promulgate le norme di riferimento, che permettono l'applicazione sistematica dei principi stabiliti dagli articoli della Costituzione e del Codice Civile prima citati, attraverso il D.P.R. n. 547 del 1955 che stabilisce le regole per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle attività produttive in generale. Va inoltre ricordato il D.P.R. n. 303 del 1956 relativo alle norme generali per l'igiene del lavoro e il D.P.R. 164/56, che regolamenta la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni.

Negli anni ‘70 si acquisisce, sia da parte dei lavoratori che da parte dei sindacati, una maggiore consapevolezza in fatto di necessità di tutela della salute del lavoro; vengono introdotti nei contratti collettivi di lavoro alcuni standard internazionali considerati come valori di riferimento in tema di tutela della salute e sicurezza dei lavoratori.

Inoltre viene emanata la Legge n. 300 del 1970 meglio nota come lo “Statuto dei lavoratori”, che all’articolo 9 contempla la partecipazione dei lavoratori alle dinamiche organizzative del lavoro in tema di sicurezza, tramite un organismo di rappresentanza sindacale a cui era attribuita la possibilità di controllare la corretta applicazione delle norme per la prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali, promuovendo la ricerca e l’elaborazione di nuovi sistemi di sicurezza che potessero abbattere in maniera significativa il rischio di infortunio.

Sempre negli anni ‘70, con la Riforma Sanitaria Nazionale del 1978 (Legge 833/78), sono nate in ambito regionale le Unità Socio-Sanitarie Locali (le attuali aziende ASL) per la tutela della salute di tutti i cittadini del territorio ed in particolare dei lavoratori dipendenti; con questa Legge alcune competenze che prima erano degli Enti statali come l’E.N.P.I.(Ente Nazionale per la Previdenza degli Infortuni) e l’A.N.C.C. (Associazione Nazionale per il Controllo della Combustione), come ad esempio la vigilanza dell’applicazione delle norme di sicurezza nelle imprese e il compito di fornire informazioni e chiarimenti in materia antinfortunistica, passano di competenza delle Regioni e quindi delle ASL.

Dagli anni ‘80 la Comunità Europea inizia una propria autonoma attività legislativa, emanando Direttive e Linee guida, allo scopo di uniformare la regolamentazione a tutti gli Stati membri della Comunità.

L’Ordinamento italiano ha introdotto nel 1988 norme per la tutela dell’ambiente dall’inquinamento derivante dalle attività industriali, come il D.P.R. 175/88[1] sui grandi rischi industriali, e il D.P.R. 203/88 sul controllo delle emissioni in atmosfera.

All’inizio degli anni ‘90 è stata promulgata la Legge n. 46/90 che ha introdotto precise regole nell’ambito della sicurezza degli impianti elettrici, di riscaldamento, tecnologici. Ricordiamo poi il D. Lgs. 277/91 che stabilisce regole precise in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro.[2] Inoltre, ricordiamo la Legge n. 257 del 27/3/92 “Norme relative alla cessazione dell’impiego di amianto”.

[1] Materia attualmente integrata e riordinata dal D. Lgs. 17 agosto 1999 n.334: “Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose.”

[2] Questo Decreto coinvolgeva i datori di lavoro e i lavoratori nella valutazione di tali rischi e nell’adozione delle relative azioni preventive.

2.2. Il D. Lgs. n. 626 del 19/09/1994

Un fondamentale passo in avanti per una regolazione più articolata della sicurezza sul lavoro in linea di adeguamento con le normative europee, è stato l'emanazione del D. Lgs. 626/94, poi successivamente modificato da altri D. Lgs (tra i quali, il n. 242/96[3], il n. 25/2002[4], il n. 195/2003[5]). I punti salienti del Decreto erano rappresentati da:

- l'obbligo di valutazione di tutti i rischi relativi alla specifica attività lavorativa con la conseguente stesura di un documento contenente la valutazione dei rischi, l'individuazione delle misure di prevenzione e di protezione conseguenti ed il programma delle misure ritenute opportune per garantire la sicurezza dei lavoratori. Il datore di lavoro doveva quindi adottare per la prima volta un vero e proprio processo di "*risk assessment*" che prevedeva l'identificazione e la valutazione dei rischi ed il loro impatto, nonchè le raccomandazioni per la loro riduzione. Con l'adozione del *risk assessment* si comincia così a delineare una bozza di "*risk management*"[6], processo attualmente indispensabile per gestire il rischio clinico;
- l'istituzione della figura del Rappresentante dei lavoratori per la sicurezza, al quale vengono attribuiti specifici poteri e diritti, come il diritto all'accesso nei luoghi di lavoro per esercitare un potere di controllo e di verifica; il diritto di accesso alle documentazioni delle banche dati riguardanti le condizioni di salute dei lavoratori; il diritto di partecipazione a riunioni periodiche per valutare lo stato dell'arte d'attuazione dei meccanismi dei sistemi di sicurezza all'interno dell'azienda; il diritto di partecipazione attiva in tema di politiche aziendali sul miglioramento ed aggiornamento dei sistemi di sicurezza, previsto dall'art. 2.

Inoltre, il D. Lgs. 626/94 prevedeva una serie di diritti per i singoli prestatori di lavoro, come il diritto di essere informati sui rischi che corrono nell'ambito dello svolgimento della propria attività lavorativa, compreso il diritto di informazione sulla salubrità e nocività del luogo di lavoro; il diritto alla formazione per lo svolgimento di un'attività lavorativa, che permetta loro di acquisire quella necessaria perizia tecnica necessaria ad evitare per quanto possibile il rischio di infortuni.

---

[3] D.Lgs n. 242 del 19 marzo 1996: "Modifiche ed integrazioni al D.Lgs. 626/94 recanti attuazioni di Direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro."

[4] D.Lgs. n.25 del 02 febbraio 2002: "Attuazione della direttiva 98/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro"

[5] D.Lgs. n. 195 del 23 giugno 2003: "Modifiche ed integrazioni al D.Lgs 626/94 per l'individuazione delle capacità e dei requisiti professionali richiesti agli addetti ed ai responsabili dei servizi di prevenzione e protezione dei lavoratori, a norma dell'articolo 21 della Legge 01/03/2002 n. 39".

[6] Il *risk management* è un processo che si fonda su: "*risk assessment*, " *risk mitigation*" e "*evaluation* e *assessment*", ed è l'insieme degli strumenti, dei metodi e delle azioni attivate, mediante cui si misura o si stima il rischio e successivamente si sviluppano strategie per governarlo.

Una disposizione, per così dire, "rivoluzionaria" del Decreto 626 era rappresentata dall'obbligo di sicurezza del lavoratore previsto dall'art. 5; quindi, non più solo obblighi per il datore di lavoro. Tale articolo prevedeva infatti che ciascun lavoratore doveva prendersi cura della salute e della sicurezza propria e di tutte le altre persone presenti sul luogo di lavoro (colleghi o altri) sui quali possono ricadere gli effetti nocivi delle sue azioni od omissioni. Questo tipo di obbligo, insieme al diritto di formazione avrebbe dovuto mettere il lavoratore in più idonee condizioni di sicurezza. Il lavoratore inadempiente a questo obbligo di sicurezza, qualora avesse causato a se stesso o ad altri un danno o infortunio, sarebbe stato soggetto a sanzioni disciplinari.

Altro punto importante era quello previsto dall'art. 8 che obbligava il datore di lavoro ad organizzare all'interno dell'azienda il servizio di prevenzione e protezione, designando per tale servizio personale dipendente, oppure persone esterne all'azienda, previa consultazione del rappresentante di sicurezza. I preposti a tale servizio dovevano essere in possesso dei requisiti professionali e delle capacità previsti dall'art. 8 bis; i compiti di tale importante servizio erano indicati nell'art. 9 e consistevano nell'individuazione dei fattori di rischio, alla loro valutazione e all'individuazione delle misure per la sicurezza e la salubrità degli ambienti di lavoro ed inoltre, nel proporre programmi di informazione e formazione ai lavoratori.

Al capo IV con l'art. 16 si prevedeva la sorveglianza sanitaria effettuata dal medico competente, tramite accertamenti preventivi e periodici, per tenere sotto controllo la salute dei lavoratori.

2.3. Dagli anni '90 al Decreto Bersani – Visco

L'evoluzione della materia è proseguita con il D. Lgs. n. 758 del 19/12/94 che ha aggravato le sanzioni per violazioni in materia di sicurezza e igiene, stabilendo la pena dell'arresto in alternativa all'ammenda e prevedendo però la possibilità per il contravventore di regolarizzare la sua posizione estinguendo il reato commesso entro un termine stabilito tramite il versamento di una parte dell'ammontare totale previsto dall'ammenda.

Nel 1996 è stato emanato: il D. Lgs n. 242/96 che integra e modifica il D. Lgs. 626/94, il D.Lgs. 459/96 in materia di sicurezza delle macchine (Direttiva Macchine), il D. Lgs. 494/96[7] che detta le misure minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei mobili; tutti questi Decreti hanno il comune obiettivo di far partecipare attivamente tutti i soggetti nella gestione della sicurezza aziendale.

[7] D.Lgs. n. 494 del 14 agosto 1996: "Attuazione della Direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili".

Negli anni successivi, sono stati emanati circa una quarantina tra Leggi, Decreti Legislativi e Ministeriali, relativi a disposizioni di modifica delle precedenti normative e di attuazione delle Direttive CEE; tra essi ricordiamo il D. Lgs. n. 151 del 26/3/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e paternità", che prevede l'obbligo da parte del datore di lavoro di valutare i rischi per la sicurezza e la salute delle lavoratrici madri.

Data importante è il 18/11/2004, giorno in cui il Consiglio dei Ministri ha approvato la prima bozza del nuovo Testo Unico sulla sicurezza e del lavoro, con lo scopo di riformare l'intero impianto normativo sulla materia della sicurezza del lavoro, abrogando tutte le disposizioni precedentemente in vigore, ivi compresi i Decreti 626/1994 e 494/1996.

Arrivati al 2006 il diritto del lavoro dimostrava ancora una estrema difficoltà nel ricondurre nella legalità il lavoro nero e sommerso, ovvero la stessa negazione del diritto del lavoro. Dato il perdurare del preoccupante fenomeno degli infortuni sul lavoro e delle malattie professionali coniugato al frequente utilizzo di manodopera irregolare, le Istituzioni hanno ravvisato la necessità di emanare leggi più severe in tema di lavoro nero e hanno emanato due importanti normative (Decreto Bersani – Visco, e la Legge n. 123 3/8/2007) e varie disposizioni contenute nella Legge n. 296 27/12/2006 (Finanziaria 2007).

Nel Decreto Legge n. 223 del 4/7/2006 (Decreto Bersani – Visco) "Disposizioni urgenti per il rilancio economico e sociale", convertito con modificazioni nella Legge n. 248 del 4/8/2006, vi è l'art. 36 bis "Misure urgenti per il contrasto del lavoro nero e per la promozione della sicurezza nei luoghi di lavoro" che ha il fine di garantire la tutela della salute e la sicurezza dei lavoratori nel settore dell'edilizia, nonché il fine di contrastare il fenomeno del lavoro sommerso ed irregolare.

Infatti, il primo comma dell'articolo 36 bis assegna al personale ispettivo del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale la competenza ad adottare provvedimenti di "sospensione dai cantieri edili" ogni qualvolta si riscontrino direttamente o a seguito di segnalazione da parte dell'INPS o dell'INAIL la presenza nel cantiere di personale al lavoro non risultante dalle scritture o da altra documentazione obbligatoria, in misura pari o superiore al 20% del totale dei lavoratori regolarmente occupati nel cantiere ovvero, nei casi di reiterate violazioni della disciplina in materia di superamento dei tempi di lavoro, di riposo giornaliero e settimanale. La sospensione dei cantieri viene comunicata dal Ministero del Lavoro al Ministero delle Infrastrutture che successivamente emana provvedimento di interdizione dagli appalti pubblici da parte dell'impresa coinvolta.

Un'altra disposizione dell'art. 36 bis è che il datore di lavoro edile, dal 1/10/2006, deve munire obbligatoriamente (pena una sanzione amministrativa) di una tessera di riconoscimento il proprio personale occupato nel cantiere che è tenuto ad esporre, corredata di una fotografia e contenente le generalità del lavoratore e la denominazione del datore di lavoro; l'obbligatorietà vale anche per i lavoratori autonomi che operano nel cantiere, mentre sono esclusi i datori di lavoro con meno di 10 dipendenti, a condizione che annotino gli estremi identificativi di tutto il personale occupato giornalmente nel cantiere in un apposito registro vidimato da tenersi sul posto di lavoro.
Inoltre, il datore di lavoro, pena una sanzione amministrativa, è obbligato a comunicare l'assunzione di un dipendente il giorno precedente l'inizio del rapporto di lavoro.
Vengono introdotte inoltre sanzioni pesanti per l'impiego di lavoratori "in nero"[8] e sono confermate le agevolazioni contributive, gli sgravi per il mezzogiorno e le riduzioni per le fiscalizzazioni degli oneri sociali per le imprese edili, ad esclusione quinquennale dei datori di lavoro che abbiano riportato condanne passate per violazione della normativa in materia di sicurezza e salute nei luoghi di lavoro.

2.4. La Legge n. 296 del 27/12/2006 ("Finanziaria 2007")

Anche nella "Finanziaria 2007" sono stati introdotte per tutti i settori produttivi, specifiche disposizioni volte al contrasto del lavoro nero ed al miglioramento del livello di sicurezza e salute dei lavoratori nei luoghi di lavoro; i principali interventi riguardavano le seguenti tematiche:

- deduzioni e riduzioni di costi : appartengono a questo punto le misure previste dall'art. 1 comma 266 lettera a che ammette a deduzione i "contributi per le assicurazioni obbligatorie contro gli infortuni sul lavoro" e quelle dei commi 779, 780, 781 che prevedono per le sole aziende artigiane, per l'anno 2007, una riduzione complessiva di 100 milioni di euro dei premi dovuti all'INAIL per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali e, dall'anno 2008, una ulteriore riduzione di questi premi solo per le imprese artigiane in regola con gli obblighi previsti dal D.Lgs 626/94, che non abbiano avuto infortuni negli ultimi due anni e abbiano adottato piani pluriennali di prevenzione;
- Appalti: il comma 910 modifica l'articolo 7 del D.Lgs. 626/94 estendendo gli attuali obblighi previsti per il datore di lavoro appaltante di coordinamento e informazione

[8] Secondo l'art. 36 bis, "lavoratori non risultanti dalle scritture o da altra documentazione obbligatoria"; mentre prima dell'art. 36 bis i lavoratori in nero erano solo i lavoratori subordinati, ora sono considerati tali anche i parasubordinati e gli autonomi sconosciuti agli istituti previdenziali.

nei confronti delle ditte appaltatrici che operano all'interno dell'azienda, anche alle aziende che operano "nell'ambito dell'intero ciclo produttivo dell'azienda medesima";

- Rafforzamento attività ispettiva: per intensificare la lotta al lavoro sommerso e prevenire gli incidenti sul lavoro e le "morti bianche", vengono messi in atto meccanismi per il rafforzamento della capacità ispettiva con l'immissione in servizio fino a 300 ispettori del lavoro e n. 60 unità, per il potenziamento dell'organico dei carabinieri, di cui almeno il 50% di unità già in possesso di esperienza e capacità operativa nella materia giuslavoristica (comma 571, 573, 544);
- costruzione e gestione della banca dati telematica[9] nell'ambito delle strutture del Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, con l'obiettivo di razionalizzare gli interventi ispettivi di tutti gli organi di vigilanza sul territorio, che raccoglierà le informazioni riguardanti i datori di lavoro ispezionati e le informazioni sulle dinamiche del mercato del lavoro e sulle materie riguardanti l'aggiornamento e la formazione permanente del personale ispettivo;
- la definizione degli indici di congruità che definiranno il rapporto tra la qualità dei beni e servizi prodotti e la quantità delle ore di lavoro necessarie, nei settori dove sono più elevate le violazioni in materia di contribuzione e in materia di salute e sicurezza;
- l'obbligo per tutti i settori, dal 1/7/2007, di compilazione del "documento di regolarità contributiva" (Durc)[10];
- Emersione/sanzioni: il comma 1156 prevede misure finalizzate a coordinare a livello nazionale e territoriale tutte le azioni volte alla emersione del lavoro nero con la costituzione di una cabina di regia nazionale per lo sviluppo dei piani territoriali e la valorizzazione dei comitati per il lavoro e l'emersione del sommerso (CLES), con la costituzione del Fondo per l'emersione del lavoro irregolare;
- Attività promozionali e di sostegno: il comma 1187 prevede l'istituzione presso il Ministero del Lavoro di un Fondo di sostegno per le famiglie delle vittime di gravi infortuni sul lavoro per i casi in cui le vittime medesime risultino prive di copertura assicurativa obbligatoria.

Inoltre, viene stabilito che l'INAIL, nella logica degli interventi di miglioramento previsti dal D.Lgs 38/2000, dovrà definire in via sperimentale con il Ministero del Lavoro, il Ministero della Pubblica Istruzione e gli Enti locali competenti, indirizzi programmatici per la promozione ed il finanziamento di progetti per gli istituti di istruzione secondaria per

[9] Prevista dal Decreto Legislativo n. 124 del 23 aprile 2004: "Razionalizzazione delle funzioni ispettive in materia di previdenza sociale e di lavoro, a norma dell'articolo 8 della legge 14 febbraio 2003, n. 30."
[10] Tale documento era previsto soltanto per le aziende edili.

l’abbattimento delle barriere architettoniche o l’adeguamento delle strutture in tema di sicurezza e igiene.

2.5. La Legge n. 123 del 03/08/2007

Questa legge costituisce un passo decisivo con il quale si promuove quel cambiamento culturale capace di migliorare le condizioni di lavoro e di salute, in quanto qualifica maggiormente il ruolo della formazione e dell’addestramento professionale e valorizza in modo chiaro il ruolo dei rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza. Pertanto uno dei momenti più importanti del sistema della sicurezza nei luoghi di lavoro è ora rappresentato dall’attività di informazione e di formazione dei lavoratori da parte delle aziende, che quindi ora non debbono più soltanto limitarsi al solo adempimento formale della norma di legge.

Inoltre, questa legge mette in evidenza in modo esplicito il fatto che, un miglioramento della sicurezza dei luoghi di lavoro è possibile anche contrastando in maniera efficace il lavoro irregolare. La legge è stata promulgata tramite un lavoro sinergico con il Ministero della Salute e rappresenta una proficua concertazione con le parti sociali e le Regioni, per assicurare il pieno rispetto delle disposizioni comunitarie, l’equilibrio fra Stato e Regioni e soprattutto l’uniformità della tutela della salute sull’intero territorio nazionale.

L’art. 1 della Legge, delega il Governo ad adottare entro 9 mesi i Decreti Legislativi necessari per riformare le norme vigenti in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, estendendole a tutti i settori di attività compresa la pubblica amministrazione ed a prevedere le misure di semplificazione degli adempimenti meramente formali in materia di sicurezza, per consentire, specie alle piccole e medie imprese, di garantire quanto prima una reale sicurezza in azienda.

Altre misure previste dalla Legge n. 123 sono:

- il miglioramento del collegamento delle reti informatiche di Enti e Istituzioni (Ministeri, Regioni, Provincie, INAIL, ISPESL, IPSEMA, ecc.), per consentire una più efficace circolazione delle informazioni;
- intensificazione e maggiore efficacia degli interventi ispettivi di vigilanza;
- riordino della normativa in materia di manutenzione e sostituzione di macchinari, impianti, attrezzature di lavoro e dispositivi di protezione individuale e revisione dei requisiti, delle tutele, delle attribuzioni e delle funzioni dei soggetti all’interno del sistema di prevenzione aziendale;

- riformulazione e razionalizzazione dell'apparato sanzionatorio, amministrativo e penale per la violazione delle norme vigenti, attraverso norme che favoriscano la regolarizzazione del soggetto inadempiente;
- valorizzazione della formazione ed informazione come essenziale strumento di prevenzione e tutela;
- previsione dell'inserimento della materia "salute e sicurezza sul lavoro" nei programmi scolastici, universitari e nei percorsi di formazione per sensibilizzare ed educare i giovani;
- precedenza nell'assegnazione di appalti o di agevolazioni a finanziamenti e a contributi per le aziende che sono in regola con le norme di salute e sicurezza sul lavoro.

2.6. La Legge n. 244 del 24/12/07 ("Finanziaria 2008")

Gli interventi della Finanziaria in tema di sicurezza e salute sul lavoro sono riportati nell'articolo 2 ai commi 532, 533, 534 e consistono nello stanziamento di 50 milioni di euro annui a decorrere dal 2008 per il potenziamento delle attività di prevenzione e contrasto degli incidenti e delle malattie professionali sui luoghi di lavoro; si tratta di risorse che andranno a finanziare i nuovi programmi di formazione e prevenzione previsti dalla nuova Legge delega sulla salute e sicurezza del lavoro, approvata in agosto 2007.

Con la Finanziaria inoltre si incrementa il Fondo per il sostegno per le famiglie delle vittime di gravi infortuni sul lavoro di 2,5 milioni di euro l'anno per il 2008 e il 2009, e di 10 milioni di euro dal 2010.

Le parti sindacali, in merito a questa Finanziaria, lamentano l'assenza di riferimenti a politiche di emersione del lavoro nero, nonostante avevano chiesto al Governo di inserire in Finanziaria provvedimenti volti ad agevolare le procedure di emersione, sulla scia della Finanziaria 2007, accompagnati da misure fiscali.

2.7. Il Decreto Legislativo n. 81 del 09/04/2008: "TESTO UNICO"

Il 1° aprile 2008 il Consiglio dei Ministri ha approvato il "Nuovo Testo Unico in materia di sicurezza e salute sul lavoro"; si tratta di un Decreto Legislativo attuativo della Legge 123/2007 che ridisegna la materia della salute e sicurezza sul lavoro, che abroga tutte le precedenti normative, ivi compresi il D. Lgs 626/94 e il D. Lgs 494/1996 ; è composto da 306 articoli compresi in 13 titoli e 51 allegati.

Il provvedimento è stato considerato urgente perchè di rilevanza sociale, anche se attuato nella fase di scioglimento delle camere, in considerazione degli incessanti infortuni mortali occorsi. Il Consiglio dei Ministri ha accolto alcune delle modifiche sollecitate dalle commissioni di Camera e Senato; tra queste, una proroga di tre mesi dell'entrata in vigore per alcune disposizioni che prevedevano nuovi adempimenti in materia di valutazione dei rischi e altre modifiche relative agli obblighi del committente in merito alla normativa sui cantieri temporanei e mobili.

Il Decreto prevede l'ampliamento del campo di applicazione del quadro normativo in materia di salute e sicurezza anche verso il settore del lavoro autonomo, delle imprese familiari e in tutte le tipologie contrattuali generalmente riconducibili alla definizione di "lavoro flessibile".

Tra gli elementi caratterizzanti la normativa emergono:

- l'ampliamento del campo di applicazione delle disposizioni in materia di salute e sicurezza, ora riferite a tutti i lavoratori che si inseriscano in un ambiente di lavoro, senza alcuna differenziazione di tipo formale, compresi i lavoratori autonomi ed equiparati, a domicilio e a distanza, a progetto e interinali;
- un inasprimento dell'apparato sanzionatorio;
- il rafforzamento del ruolo del Rappresentante dei lavoratori per la sicurezza non solo a livello aziendale, ma specie a livello territoriale, con la nascita del rappresentante della sicurezza territoriale che dovrà vigilare sull'applicazione della nuova disciplina nelle imprese prive di rappresentanti sindacali;
- la rivisitazione e il coordinamento delle attività di vigilanza per migliorare l'efficienza degli interventi. Viene creato un sistema informativo pubblico, ma al quale partecipano le parti sociali, per la condivisione e la circolazione di notizie sugli infortuni, sulle ispezioni e sulle attività in materia di salute e sicurezza sul lavoro, utile anche a indirizzare le azioni pubbliche;
- viene istituito il libretto sanitario e di rischio personale per ogni lavoratore;
- il finanziamento delle azioni promozionali private e pubbliche, con particolare riguardo alle piccole e medie imprese, tra le quali l'inserimento nei programmi scolastici e universitari della materia della salute e sicurezza sul lavoro;
- l'eliminazione o la semplificazione degli obblighi formali, attraverso la riduzione del numero e del peso per le aziende degli adempimenti di tipo burocratico, in quanto non incidenti sulle condizioni di salute e sicurezza negli ambienti di lavoro;
- il rafforzamento della figura del medico competente;
- la formazione sulla sicurezza sia per il datore di lavoro che per il lavoratore;

- la revisione del sistema delle sanzioni: in base ai criteri indicati dalla legge delega 123/2007 è stata prevista la pena dell'arresto da sei a diciotto mesi per il datore di lavoro che non abbia effettuato la valutazione dei rischi cui possono essere esposti i lavoratori, in aziende che svolgano attività ad elevata pericolosità.

Gli interventi che vengono previsti dal nuovo decreto sono finalizzati:

- alla realizzazione di un "coordinamento su tutto il territorio nazionale delle attività e delle politiche in materia di salute e sicurezza sul lavoro";
- alla "definizione di un assetto istituzionale fondato sull'organizzazione e sulla circolazione delle informazioni";
- alla "razionalizzazione e al coordinamento delle strutture centrali e territoriali di vigilanza" anche "riordinando il sistema delle amministrazioni e degli enti statali aventi compiti di prevenzione, formazione, e controllo in materia";
- al pieno coinvolgimento delle Parti sociali nell'ambito del sistema istituzionale.

Tra le misure previste dal nuovo decreto che favoriranno una razionalizzazione delle funzioni istituzionali ed il coinvolgimento delle Parti sociali va la costituzione del "Comitato per l'indirizzo e la valutazione delle politiche attive e per il coordinamento nazionale delle attività di vigilanza in materia di salute e sicurezza sul lavoro" (art. 5), tramite il quale finalmente si realizza quel coordinamento tra le istituzioni nazionali e territoriali competenti la cui inesistenza ha rappresentato, dalla fine degli anni '70, il primo punto di caduta del sistema di prevenzione nazionale (il secondo punto di caduta era connesso al mancato coinvolgimento delle Organizzazioni sindacali e delle Associazioni datoriali, nella definizione delle politiche).
Fondamentale risulta anche l'istituzione del SINP (Sistema Informativo Nazionale per la Prevenzione) (art. 8) costituito dai Ministeri della Salute, del Lavoro, dell'Interno, dalle Regioni/Provincie autonome, da INAIL, ISPESL, IPSEMA, con il contributo del CNEL (Consiglio Nazionale dell'Economia e del Lavoro). Allo sviluppo del SINP concorrono gli organismi paritetici e istituti di settore a carattere scientifico, ivi compresi quelli che si occupano della salute delle donne; le Parti sociali partecipano al SINP attraverso una periodica consultazione.
A poco più di un anno dall'applicazione del D. Lgs 81/2008, il 20 agosto 2009 è entrato in vigore il Decreto Legislativo n. 106 del 3 agosto 2009 "decreto correttivo del Testo Unico in materia di sicurezza e salute sul lavoro".
Il D. Lgs n. 106, di modifica al Testo Unico sulla sicurezza sul lavoro, ha operato una profonda revisione della normativa prevenzionale, con lo scopo di apportare al corpo normativo in vigore alcune significative modifiche che recepiscono le criticità emerse nei

primi mesi di applicazione del D. Lgs 81/2008 e di conseguenza migliorare le regole stesse sulla sicurezza, in un'ottica tendente a favorire la chiarezza del dato normativo, quale presupposto per favorirne l'applicazione corretta ed efficace.

Il tutto sembra tradursi in un generale alleggerimento della normativa attraverso un'ulteriore semplificazione degli adempimenti di carattere formale cui sono soggette le aziende; elemento quest'ultimo che rimarca la convinzione del legislatore, già manifestata con il D. Lgs. 81/2008, che la riduzione degli adempimenti di tipo burocratico permetta di focalizzare l'attenzione dei datori di lavoro sulla salute e la sicurezza dei lavoratori.

Esempio lampante di tale semplificazione è rappresentato dalle modalità con cui viene prodotto il documento di valutazione dei rischi obbligatorio. Nell'art. 28, comma 2, del D.Lgs. 81/08 era previsto il requisito obbligatorio dell'apposizione della data certa nel documento di valutazione dei rischi. La complessità della procedura necessaria a conferire "certezza" alla data di redazione e ultimazione del documento rappresenta senza dubbio un onere amministrativo pesante, integralmente gravante sulle imprese, senza alcuna effettività di carattere sostanziale. Sono queste le considerazioni che hanno spinto il legislatore ad affiancare all'originaria modalità di certificazione del documento di valutazione dei rischi aziendali (data certa), un altro sistema certificativo. Si è infatti previsto che, in alternativa alla data certa, sia possibile accompagnare la sottoscrizione del documento da parte del datore di lavoro, che se ne assume giuridicamente e in via esclusiva la responsabilità, con la sottoscrizione per presa visione e ai soli fini della prova della data, del responsabile del servizio di prevenzione e protezione e del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza o del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza territoriale e dal medico competente, ove nominato.

Sempre in tema di semplificazione il D. Lgs. 3 agosto 2009, n. 106 ha inciso sull'obbligo di redazione del DUVRI (documento unico di valutazione dei rischi) posto dall'attuale testo dell'art. 26, comma 3, del D. Lgs. 81/08, in tutti i casi, anche per lavori di brevissima durata, senza che sussistano particolari rischi. La pesantezza di tale onere e la sua scarsa rilevanza in determinati ambiti di attività ha portato alla previsione di esonerare il datore di lavoro dall'obbligo di redazione del DUVRI nei casi di fornitura di materiali, servizi di tipo intellettuale e comunque di lavori di durata inferiore a due giorni quando non vi siano rischi specificamente rilevanti. Nella stessa prospettiva va visto, tra gli altri, anche l'obbligo posto in capo al medico competente dall'art. 25 del D. Lgs. 81/08, ed ora eliminato, di trasmettere periodicamente agli organismi del servizio sanitario nazionale competenti per territorio i dati

sanitari aggregati e di rischio di lavoratori sottoposti a sorveglianza sanitaria, con un'inutile duplicazione di oneri informativi di carattere esclusivamente documentale.

2.8. Analisi degli elementi chiave caratterizzanti il nuovo Testo Unico

Il primo elemento fondamentale che emerge dall'analisi del D. Lgs. 81 è rappresentato dall'identificazione e dalla definizione di tutte le figure professionali interessate:

Lavoratore: "persona che, indipendentemente dalla tipologia contrattuale, svolge un'attività lavorativa pubblica o privata, con o senza retribuzione, anche al solo fine di apprendere un mestiere, un'arte o una professione". Sono equiparati i soci lavoratori di cooperative o di società, anche di fatto, che prestino la loro attività per conto della società e degli enti stessi, i soggetti beneficiari di iniziative di tirocini formativi e di orientamento. Gli unici lavoratori dipendenti espressamente esclusi sono gli addetti ai servizi domestici e familiari".

Datore di lavoro: "il soggetto titolare del rapporto di lavoro con il lavoratore o comunque, il soggetto che, secondo il tipo e l'assetto dell'organizzazione nel cui ambito il lavoratore presta la propria attività ha la responsabilità dell'organizzazione stessa o dell'unità produttiva, in quanto esercita i poteri decisionali e di spesa".

Servizio di prevenzione e protezione dai rischi: "insieme delle persone, sistemi e mezzi esterni o interni all'azienda, finalizzati all'attività di prevenzione e protezione dai rischi professionali per i lavoratori".

Responsabile del servizio di prevenzione e protezione: "persona in possesso delle capacità e dei requisiti professionali adeguati (indicati all'art. 32 del D. Lgs.) designata dal datore di lavoro, a cui risponde, per coordinare il servizio di prevenzione e protezione dai rischi".

Medico competente: "medico in possesso di un titolo idoneo ad occuparsi della sicurezza e della salute dei lavoratori sui luoghi di lavoro. Tra le maggiori incombenze, effettua la sorveglianza sanitaria".

Rappresentante dei lavoratori per la sicurezza: "persona eletta o designata per rappresentare i lavoratori per quanto concerne gli aspetti della salute e della sicurezza durante il lavoro".

Mentre il D. Lgs. 626/94 si applicava solo ed esclusivamente in presenza di un rapporto di lavoro subordinato (o altro rapporto ad esso equiparato dallo stesso D. Lgs.), il D. Lgs. 81/2008, si applica in modo più esteso. Esso contempla infatti i lavoratori subordinati ed i soci delle società, i lavoratori autonomi che compiono specifiche opere o servizi, i componenti delle imprese familiari, i piccoli imprenditori (nel settore agricolo, i coltivatori diretti). Nei confronti delle varie tipologie di lavoratori tuttavia, le disposizioni del D. Lgs. 81/2008, non si applicano integralmente. L'applicazione integrale delle norme riguarda solo i

rapporti di lavoro subordinato; per le altre tipologie di lavoratori, si applicano unicamente alcune specifiche disposizioni: nei confronti dei coltivatori diretti, delle imprese familiari, dei lavoratori autonomi e dei soci delle società semplici, attive nel settore agricolo ad esempio, il D. Lgs. 81/2008 stabilisce che devono applicarsi esclusivamente le disposizioni dell'art. 21, che prevede l'obbligo di:

- utilizzare attrezzature conformi alle disposizioni del titolo III (uso delle attrezzature di lavoro);
- proteggersi con D.P.I. adeguati e conformi alle disposizioni specifiche;
- munirsi di tessera di riconoscimento corredata di fotografia e delle proprie generalità.

È bene ricordare tuttavia che nei confronti dei lavoratori che effettuano "prestazioni occasionali di tipo accessorio" (ad esempio raccolta delle olive e dell'uva); si applicano, come nel caso dei lavoratori subordinati, sia le disposizioni del D. Lgs. 81/2008, che tutte le altre norme speciali vigenti in materia di sicurezza e tutela della salute.

Come già descritto uno dei principali doveri del datore di lavoro imposto dal D. Lgs. 81/2008 è rappresentato dalla valutazione dei rischi connessi all'attività lavorativa dei propri dipendenti. Le modalità di valutazione dei rischi variano in funzione: del numero dei lavoratori impiegati in azienda (inferiore a 10; tra 10 e 50; oltre 50); della presenza di particolari tipologie di rischio (chimico e/o biologico), per le quali non è possibile l'autocertificazione. Nelle seguenti tabelle vengono riportati alcuni possibili scenari sulle modalità di compilazione del documento di valutazione dei rischi (tabella 9, 10, 11).

Tabella 9. Possibili modalità di compilazione del documento di valutazione dei rischi.

Campo di applicazione	Entro il 30/06/2012:	dal 01/07/2012:	Note
Datori di lavoro agricoli con non più di 10 lavoratori.	è possibile autocertificare per iscritto l'avvenuta effettuazione della valutazione dei rischi e l'adempimento degli obblighi ad essa collegati.	dovrà essere elaborato un documento scritto contenente la valutazione dei rischi, secondo determinate procedure standardizzate.	Sia l'autocertificazione che il documento scritto devono essere conservati in azienda e resi disponibili al rappresentante dei lavoratori per la sicurezza.

Tabella 10. Possibili modalità di compilazione del documento di valutazione dei rischi.

Campo di applicazione	Entro il 30/06/2012:	dal 01/07/2012:
Datori di lavoro agricoli che assumono lavoratori subordinati in numero superiore a 10 ma inferiore a 50, nelle cui aziende **NON** si svolgono attività che espongano i lavoratori a rischi chimici, biologici, da atmosfere esplosive, cancerogeni, mutageni, connessi con l'esposizione ad amianto.	il datore di lavoro è tenuto ad elaborare un documento scritto (art. 28) contenente: • una relazione sulla valutazione dei rischi per la sicurezza e la salute durante il lavoro, nella quale sono specificati i criteri adottati per la valutazione stessa; • l'individuazione delle misure di prevenzione e di protezione e dei dispositivi di protezione individuale. Il tutto conseguente alla valutazione dei rischi; • il programma delle misure ritenute opportune per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza.	dovrà essere elaborato un documento scritto contenente la valutazione dei rischi, secondo determinate procedure standardizzate.

Tabella 11. Possibili modalità di compilazione del documento di valutazione dei rischi.

Campo di applicazione	Stato attuale
Datori di lavoro agricoli che occupano lavoratori subordinati in numero superiore a 10 ma inferiore a 50, nelle cui aziende **SI** svolgono attività che espongono i lavoratori a rischi chimici, biologici, da atmosfere esplosive, cancerogeni, mutageni, connessi con l'esposizione ad amianto.	Il D. Lgs. 81/2008 deve essere applicato integralmente, con redazione del documento di valutazione secondo art. 28.
Datori di lavoro agricoli che occupano lavoratori subordinati in numero superiore a 50.	

Altro importante adempimento del datore di lavoro (art. 31) è quello di organizzare un "Servizio di Prevenzione e Protezione" (SPP) all'interno dell'azienda o dell'unità produttiva (eventualmente integrandolo con persone esterne all'azienda, in possesso di conoscenze professionali idonee) o in alternativa incaricare persone o servizi esterni all'azienda, costituiti anche presso le associazioni dei datori di lavoro o degli organismi paritetici. Anche se il datore di lavoro ricorrerà a persone o servizi esterni, non sarà comunque esonerato dalla propria responsabilità, in quanto è suo compito scegliere persone adeguate alle necessità emerse dall'analisi dei rischi. Il SPP deve essere costituito da un Responsabile RSPP (interno o esterno) ed eventualmente da una serie di addetti. Tutti i componenti dell'SPP devono:

- possedere le capacità e i requisiti professionali individuati all'art. 32;
- essere in numero sufficiente rispetto alle caratteristiche dell'azienda;
- disporre di mezzi e di tempo per svolgere adeguatamente i compiti loro assegnati, senza che dal loro incarico possano derivare limitazioni negative di alcun genere.

Il Servizio di Prevenzione e Protezione deve avere un Responsabile RSPP. In base al numero di addetti dell'azienda si possono presentare due situazioni:

1. l'azienda ha un numero di addetti superiore a 10. In questo caso è obbligatorio che il RSPP sia persona diversa dal datore di lavoro. Il datore di lavoro può agire in due modi diversi: nominare un proprio dipendente in possesso delle adeguate capacità e requisiti professionali (e che deve essere messo nelle condizioni di disporre di mezzi e di tempo adeguati per lo svolgimento dei compiti assegnatigli); fare ricorso ad una persona esterna all'azienda (se fra i dipendenti non vi sono le professionalità necessarie).
2. l'azienda ha un numero di addetti non superiore a 10, oppure assume solo manodopera avventizia. In tale circostanza il datore di lavoro può svolgere direttamente i compiti di RSPP (eventualmente avvalendosi di persone esterne all'azienda che integrino la sua azione). Rimane valida l'alternativa di nominare un dipendente o un consulente esterno.

In ogni caso il RSPP deve essere in possesso dei seguenti titoli:

- titolo di studio non inferiore al diploma di istruzione secondaria superiore;
- attestato di frequenza, con verifica dell'apprendimento, di specifici corsi di formazione in materia di prevenzione e protezione dei rischi, anche di natura ergonomica e da stress lavoro – correlato, di organizzazione e gestione delle attività tecnico amministrative e di tecniche di comunicazione in azienda e di relazioni sindacali;
- attestato di frequenza, con verifica dell'apprendimento, di specifici corsi di formazione adeguati alla natura dei rischi presenti sul luogo di lavoro e relativi alle attività lavorative. Sono esonerati dalla frequenza ai corsi di formazione coloro che sono in possesso di lauree specificamente individuate al comma 5 dell'art. 32 del D.Lgs, oppure di altre lauree riconosciute corrispondenti.

I corsi di formazione sopra menzionati sono organizzati da diversi soggetti, tra cui: le Regioni e Province autonome, le Università, l'ISPESL, l'INAIL, il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, le Associazioni sindacali dei datori di lavoro o dei lavoratori o gli organismi paritetici.

La sorveglianza sanitaria costituisce un altro importante adempimento del datore di lavoro. Questa va effettuata nei casi previsti dalla normativa vigente ed anche quando il Medico Competente, su richiesta del lavoratore, ritenga la richiesta stessa giustificata, in quanto correlata ai rischi lavorativi (art. 41 e art. 6). L'obbligatorietà e le modalità di effettuazione della sorveglianza sanitaria sono collegate a precisi fattori di rischio e per aziende specifiche.
Nel caso delle aziende agricole i fattori di rischio presenti per i quali è obbligatoria la sorveglianza sanitaria sono: rischio chimico, rischio da rumore, rischio da vibrazioni, uso o esposizione ad agenti cancerogeni, uso o esposizione ad agenti biologici, movimentazione manuale dei carichi. Le principali tipologie di visita medica previste dalla sorveglianza sanitaria sono riassumibili in:

- preventiva, per valutare l'idoneità alla mansione specifica;
- periodica, per controllare "in itinere" lo stato di salute dei lavoratori ed esprimere il giudizio di idoneità alla mansione specifica. La periodicità degli accertamenti fissata di norma una volta all'anno può essere variata dal medico competente e dall'organo di vigilanza con provvedimento motivato;
- su richiesta del lavoratore, qualora sia ritenuta dal medico competente correlata ai rischi professionali o a potenziali peggioramenti delle condizioni di salute del lavoratore;
- per cambio di mansione, al fine di verificare l'idoneità alla nuova specifica mansione;
- per cessazione del rapporto di lavoro, nei casi previsti dalla normativa vigente.

La figura professionale del medico competente può essere costituita da un dipendente dell'azienda, un libero professionista, un dipendente o collaboratore di una struttura esterna pubblica o privata con la quale il titolare dell'azienda si convenziona.
Deve comunque essere in possesso di uno dei seguenti titoli: specializzazione in medicina del lavoro o in medicina preventiva dei lavoratori e psicotecnica; specializzazione in igiene e medicina preventiva o in medicina legale; docenza in medicina del lavoro o in medicina preventiva dei lavoratori e psicotecnica o in tossicologia industriale o in igiene industriale o in fisiologia ed igiene del lavoro o in clinica del lavoro; laurea in medicina e chirurgia con almeno 4 anni di attività come medico del lavoro. Il medico competente è tenuto ad aggiornarsi e viene iscritto nell'elenco dei medici competenti istituito presso il Ministero della Salute. Il datore di lavoro è tenuto ad assicurare al medico le condizioni necessarie per svolgere i suoi compiti in autonomia. Il dipendente di una struttura pubblica non può svolgere l'attività di medico competente qualora esplichi attività di vigilanza.

Uno degli aspetti fondamentali previsti dall'articolo 36 e 37 è quello legato alla informazione, formazione ed addestramento dei lavoratori.

Intendendo per informazione una serie di attività dirette a fornire le conoscenze che servono per identificare, ridurre e gestire i rischi.; formazione: processo educativo necessario per acquisire, le competenze per svolgere in sicurezza i propri compiti in azienda; addestramento: serie di attività dirette a far apprendere l'uso corretto di attrezzature, macchine, impianti, sostanze, dispositivi e procedure di lavoro. Un'informazione adeguata deve riguardare:

- i rischi generali e specifici connessi all'attività lavorativa espletata;
- i pericoli connessi con l'uso delle sostanze e dei preparati pericolosi;
- le misure e le attività di protezione e prevenzione adottate;
- le procedure di primo soccorso, lotta antincendio ed evacuazione dei luoghi di lavoro e sui nominativi dei lavoratori incaricati di applicarle;
- i nominativi del RSPP, degli addetti del SPP e del Medico Competente.

Se l'informazione è rivolta a lavoratori immigrati, occorre verificare l'effettiva comprensione della lingua.

Secondo l'art. 37 inoltre il datore di lavoro deve assicurarsi che ciascun lavoratore riceva una formazione sufficiente ed adeguata in materia di salute e sicurezza riferita ai concetti generali:

- rischio, danno, organizzazione della prevenzione, organi di vigilanza, assistenza;
- rischi e possibili danni riferiti alle proprie mansioni ed alle misure e procedure di prevenzione e protezione.

Secondo l'art. 35 nelle aziende ed unità produttive che occupano più di 15 lavoratori, il datore di lavoro, direttamente o tramite il SPP, indìce almeno una volta all'anno una riunione cui partecipano: il datore di lavoro o un suo rappresentante, il RSPP, il medico competente, il RLS (Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza).

Nel corso della riunione il datore di lavoro sottopone all'esame dei partecipanti: il documento di valutazione dei rischi, l'andamento degli infortuni, delle malattie professionali e della sorveglianza sanitaria, l'idoneità dei mezzi di protezione individuale, i programmi di informazione e formazione finalizzati alla sicurezza ed alla protezione della salute.

Durante la riunione possono essere discussi e individuati codici di comportamento ed obiettivi di miglioramento generale della sicurezza aziendale.

La riunione deve inoltre essere convocata in occasione di eventuali significative variazioni delle condizioni di esposizione al rischio, compresa la programmazione e l'introduzione di nuove tecnologie che abbiano riflessi sulla sicurezza e salute dei lavoratori.

È prevista la redazione di una verbale della riunione, a disposizione dei partecipanti per la sua consultazione.

Nel D. Lgs. n. 81/2008 (artt. 20 e 78) sono contenute indicazioni specifiche rivolte ai lavoratori. In particolare essi devono:

- contribuire, insieme al datore di lavoro, ai dirigenti ed ai preposti, all'adempimento di tutti gli obblighi previsti a tutela della salute e sicurezza sui luoghi di lavoro;
- osservare le disposizioni e le istruzioni impartite dal datore di lavoro, dai dirigenti e dai preposti, ai fini della protezione collettiva ed individuale;
- utilizzare correttamente i macchinari, le apparecchiature, gli utensili, le sostanze e i preparati pericolosi, i mezzi di trasporto e le altre attrezzature di lavoro, nonché i dispositivi di sicurezza;
- utilizzare in modo appropriato i dispositivi di protezione messi a loro disposizione; in particolare i D.P.I. provvedendone alla cura e non apportandovi modifiche di propria iniziativa;
- segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto le deficienze dei mezzi e dispositivi, nonché le altre eventuali condizioni di pericolo di cui vengono a conoscenza, adoperandosi direttamente, in caso di urgenza, nell'ambito delle loro competenze e possibilità, per eliminare o ridurre tali deficienze o pericoli, dandone notizia al rappresentante dei lavoratori per la sicurezza;
- non devono mai rimuovere o modificare senza autorizzazione i dispositivi di sicurezza o di segnalazione o di controllo;
- non devono compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che non siano di loro competenza o che possano compromettere la sicurezza propria o di altri lavoratori;
- partecipare ai programmi di formazione e di addestramento organizzati dal datore di lavoro;
- sottoporsi ai controlli sanitari previsti.

Una figura di importanza notevole è costituita dal rappresentante per la sicurezza dei lavoratori RLS che in tutte le aziende deve essere eletto o designato. In particolare, per le aziende:

- fino a 15 lavoratori, il RLS è eletto direttamente dai lavoratori al loro interno; in alternativa, viene individuato per più aziende nell'ambito territoriale o del comparto produttivo;

- oltre 15 lavoratori, il RLS è eletto o designato dai lavoratori nell'ambito delle rappresentanze sindacali; solo nel caso in cui queste ultime siano assenti, viene eletto dai lavoratori al loro interno.

Il RLS deve essere obbligatoriamente consultato in merito alla valutazione dei rischi (della quale riceve una copia), alla designazione del RSPP, all'organizzazione della formazione ed alla programmazione della prevenzione, alla designazione degli addetti al servizio di prevenzione, ai programmi per la formazione dei lavoratori ed in generale in merito ad ogni servizio di prevenzione debba essere organizzato. Può fare ricorso alle autorità competenti, qualora ritenga non idonee le misure di prevenzione e protezione dai rischi adottate in azienda.

Il RLS ha un proprio autonomo potere di proposta, deve obbligatoriamente essere messo nelle condizioni di frequentare appositi corsi di formazione professionale e deve disporre del tempo necessario allo svolgimento dell'incarico senza perdita di retribuzione. Deve inoltre disporre dei mezzi necessari per l'esercizio delle funzioni e delle facoltà riconosciutegli.

2.9. L'individuazione dei fattori di rischio per i lavoratori

Uno dei punti fondamentali, già presente nel precedente D. Lgs. 626/94 ed introdotto ora nel nuovo Testo Unico sulla sicurezza è rappresentato dall'obbligo da parte del datore di lavoro di organizzare all'interno dell'azienda il servizio di prevenzione e protezione; in modo tale da poter individuare i fattori di rischio, di valutare i rischi e di individuare le misure per la sicurezza e la salubrità degli ambienti di lavoro.

La valutazione del rischio quindi è uno strumento fondamentale, che permette al datore di lavoro di individuare le misure di prevenzione e di pianificarne l'attuazione, il miglioramento ed il controllo al fine di verificarne l'efficacia e l'efficienza. In tale contesto potranno essere confermate le misure di prevenzione già in atto, oppure decidere di apportare delle modifiche in funzione delle innovazioni di carattere tecnico o organizzativo sopravvenute in materia di sicurezza. L'atto finale di questa procedura è costituito dal documento descritto all'art.28 del D. Lgs. 81/2008, documento che diviene punto di riferimento del datore di lavoro e di tutti gli altri soggetti aziendali che intervengono nelle attività rivolte alla sicurezza.

Sulla base delle "Linee Guida per la valutazione del rischio" redatte dall'Osservatorio dell'ISPESL per la tutela della sicurezza e la salute nelle Piccole e Medie imprese, i rischi lavorativi presenti negli ambienti di lavoro, in conseguenza dello svolgimento delle attività lavorative, possono essere divisi in tre categorie (tabella 12).

Tabella 12. Rischi lavorativi presenti negli ambienti di lavoro [ISPESL].

A) Rischi per la sicurezza dovuti a: (Rischi di natura infortunistica)	- Strutture - Macchine - Impianti elettrici - Sostanze pericolose - Incendio - esplosioni
B) Rischi per la salute dovuti a: (Rischi di natura igienico ambientale)	- Agenti Chimici - Agenti Fisici - Agenti Biologici
C) Rischi per la sicurezza e la salute dovuti a: (Rischi di tipo cosiddetto trasversale)	- Organizzazione del lavoro - Fattori psicologici - Fattori ergonomici - Condizioni di lavoro difficili

2.10. Rischi per la sicurezza o di natura infortunistica

Sono i rischi responsabili del potenziale verificarsi di incidenti o infortuni, ovvero di danni o menomazioni fisiche subite dalle persone addette alle varie attività lavorative in conseguenza di un impatto fisico traumatico di diversa natura (meccanica, elettrica, chimica, termica). Le cause di tali rischi sono da ricercare, nella maggioranza dei casi, in un non idoneo assetto delle caratteristiche di sicurezza inerenti: l'ambiente di lavoro, le macchine e/o le apparecchiature utilizzate, le modalità operative, l'organizzazione del lavoro.

Lo studio delle cause e dei relativi interventi di prevenzione e/o protezione nei confronti di tali tipi di rischi deve mirare alla ricerca di un "idoneo equilibrio bio – meccanico tra uomo e struttura, macchina, impianto" sulla base dei più moderni concetti ergonomici.

Alcuni esempi di rischi per la sicurezza sono riportati nella seguente tabella (tabella 13).

Tabella 13**.** esempi di rischi per la sicurezza, [ISPESL].

Rischi da carenze strutturali dell'ambiente di lavoro	• Altezza dei locali • Superficie dei locali • Volume dei locali • Illuminazione (normale e in emergenza) • Pavimenti (lisci o sconnessi) • Pareti (semplici o attrezzate: scaffalatura, apparecchiatura) • Solai (tenuta) • Soppalchi (destinazione, praticabilità, tenuta, portata) • Botole (visibili e con chiusura a sicurezza) • Uscite (in numero sufficiente in funzione del personale) • Porte (in numero sufficiente in funzione del personale) • Locali sotterranei (dimensioni, ricambi d'aria)
Rischi da carenze di sicurezza su macchine ed apparecchiature	• Protezione degli organi di avviamento • Protezione degli organi di trasmissione • Protezione degli organi di lavoro • Protezione degli organi di comando • Macchine con marchio 'CE'. Riferimento Direttiva Macchine (2006/42/CE) • Protezione nell'uso di apparecchi di sollevamento • Protezione nell'uso di ascensori e montacarichi • Protezione nell'uso di apparecchi a pressione (bombole e circuiti) • Protezione nell'accesso a vasche, serbatoi e simili
Rischi da manipolazione di sostanze pericolose	• Sostanze infiammabili • Sostanze corrosive • Sostanze comburenti • Sostanze esplosive.
Rischi da carenza di sicurezza elettrica	• Idoneità del progetto • Idoneità d'uso • Impianti a sicurezza intrinseca in atmosfere a rischio di incendio e/o esplosione
Rischi da incendio e/o esplosione	• Presenza di materiali infiammabili d'uso • Presenza di armadi di conservazione (caratteristiche strutturali e di aerazione) • Presenza di depositi di materiali infiammabili (caratteristiche strutturali di ventilazione e di ricambi d'aria) • Carenza di sistemi antincendio • Carenza di segnaletica di sicurezza

2.11. Rischi per la salute o igienico ambientali

Sono i rischi collegati all'emissione nell'ambiente di lavoro di fattori di natura chimica, fisica e biologica, con conseguente esposizione del personale e conseguente potenziale compromissione dell'equilibrio biologico del personale addetto ad operazioni o a lavorazioni. Le cause di tali rischi sono da ricercare nella insorgenza di non idonee condizioni igienico ambientali, dovute alla presenza di fattori ambientali di rischio generati dalle lavorazioni e da modalità operative. Lo studio delle cause e dei relativi interventi di prevenzione e/o di protezione nei confronti di tali tipi di rischio deve mirare alla ricerca di un "idoneo equilibrio bio – ambientale tra uomo e ambiente di lavoro" (tabella 14).

Tabella 14. Esempi di rischi per la salute [ISPESL].

Rischi da agenti chimici: rischi di esposizione connessi con l'impiego di sostanze chimiche, tossiche o nocive:	• Ingestione • Contatto cutaneo • Inalazione per presenza di inquinanti aerodispersi sotto forma di: polveri, fumi, nebbie, gas, vapori
Rischi da agenti fisici: rischi da esposizione a grandezze fisiche che interagiscono in vari modi con l'organismo umano:	• Rumore (presenza di apparecchiatura rumorosa durante il ciclo lavorativo) con propagazione dell'energia sonora nell'ambiente di lavoro • Vibrazioni (presenza di apparecchiatura e strumenti vibranti) con propagazione delle vibrazioni a trasmissione diretta o indiretta • Ultrasuoni • Radiazioni Ionizzanti (presenza di apparecchiature che impiegano radiofrequenze, microonde, radiazioni infrarosse, radiazioni ultraviolette, luce laser) • Microclima (carenze nella climatizzazione dell'ambiente per quanto attiene alla: temperatura, umidità relativa, ventilazione, calore radiante, condizionamento) • Illuminazione (carenze nei livelli di illuminamento ambientale e dei posti di lavoro in relazione alla tipologia della lavorazione)
Rischi da agenti biologici: connessi con l'esposizione (ingestione, contatto cutaneo, inalazione) a organismi e microrganismi patogeni o non, colture cellulari, endoparassiti umani, presenti nell'ambiente a seguito di emissione e/o trattamento e manipolazione:	• Emissione involontaria (impianto condizionamento, emissioni di polveri organiche) • Emissione incontrollata (impianti di depurazione delle acque, manipolazione di materiali infetti in ambiente sterile • Trattamento o manipolazione volontaria, a seguito di impiego per ricerca sperimentale in "vitro" o in "vivo" o in sede di vera e propria attività produttiva (biotecnologie)

2.12. Rischi di tipo trasversale ed organizzativo

Sono rischi che molto spesso vengono sottovalutati sia dal datore di lavoro che dagli stessi dipendenti, ma che risultano determinanti sia a breve che a lungo termine, per il mantenimento delle condizioni di comfort durante lo svolgimento dell'attività lavorativa (tabella 15)

Tabella 15. Esempi di rischi di tipo trasversale ed organizzativo [ISPESL].

Organizzazione del lavoro	• Processi di lavoro usuranti: lavori in continuo, sistemi di turni, lavoro notturno • Scarsa pianificazione degli aspetti attinenti alla sicurezza e la salute: programmi di controllo e monitoraggio; • Manutenzione degli impianti e delle attrezzature di sicurezza • Procedure adeguate per far fronte agli incidenti e a situazioni di emergenza • Movimentazione manuale dei carichi • Lavoro ai videoterminali
Fattori psicologici	• Intensità, monotonia, solitudine, ripetitività del lavoro • Carenze di contributo al processo decisionale e situazioni di conflittualità • Complessità delle mansioni e carenza di controllo
Fattori ergonomici	• Sistemi di sicurezza e affidabilità delle informazioni • Conoscenze e capacità del personale • Norme di comportamento • Soddisfacente comunicazione e istruzioni corrette in condizioni variabili
Condizioni di lavoro difficile	• Lavoro con animali • Lavoro in atmosfere a pressione superiore o inferiore al normale • Lavoro in acqua: in superficie (es. piattaforme) e in immersione • Ergonomia delle attrezzature di protezione del personale e del posto di lavoro

Come è facilmente intuibile eseguire una corretta valutazione dei rischi per i lavoratori all'interno di un'azienda non è un compito semplice, vista la complessità delle dinamiche che interessano le molteplici condizioni in cui possono trovarsi ad operare i lavoratori stessi.

Gli interventi finalizzati alla valutazione del rischio devono essere condotti secondo precisi "criteri procedurali" tali da consentire un omogeneo svolgimento delle varie fasi operative che costituiscono il processo di valutazione del rischio; il datore di lavoro con la collaborazione

del Servizio di Prevenzione e Protezione, del Medico Competente ed il coinvolgimento dei lavoratori tramite il Rappresentante per la sicurezza, procederà allo svolgimento di tali fasi operative di rilevazione dei rischi e quindi alla compilazione del Documento della Sicurezza previsto dal D. Lgs. 81/2008.

È possibile identificare tre principali fasi operative per la rilevazione dei rischi:

1. identificazione delle sorgenti di rischio presenti nel ciclo lavorativo: questa fase viene eseguita attraverso una breve, ma accurata descrizione del ciclo lavorativo condotto nell'ambiente di lavoro preso in esame (ciclo tecnologico delle lavorazioni, caratteristiche strutturali dell'ambiente di lavoro, numero degli operatori, operazioni svolte). La descrizione del ciclo lavorativo o dell'attività operativa permetterà di avere una visione d'insieme delle lavorazioni e delle operazioni svolte nell'ambiente di lavoro preso in esame e di conseguenza, di poter eseguire un esame analitico per la ricerca della presenza di eventuali sorgenti di rischio per la sicurezza e la salute del personale. In tale fase riveste particolare importanza la partecipazione dei lavoratori ed il loro coinvolgimento nella ricerca di tutte le potenziali sorgenti di rischio eventualmente presenti nell'intero ciclo lavorativo.
2. individuazione dei rischi di esposizione in relazione allo svolgimento delle lavorazioni ed alle misure di sicurezza adottate: questa operazione deve portare a definire se la presenza delle sorgenti di rischio e/o pericolo, identificate nella fase precedente, possa comportare nello svolgimento della specifica attività lavorativa un reale rischio di esposizione per la sicurezza e la salute del personale addetto. Al riguardo andranno pertanto esaminate: le modalità operative seguite nell'espletamento dell'attività (manuale, automatica, strumentale), l'organizzazione dell'attività (tempi di permanenza nell'ambiente di lavoro, contemporanea presenza di altre lavorazioni), la presenza di misure di sicurezza e/o di sistemi di prevenzione – protezione previste per lo svolgimento delle lavorazioni.
3. stima del rischio di esposizione a fattori di pericolo residui: rischi che permangono dall'esame dei punti precedenti; può essere eseguita attraverso: la verifica del rispetto dell'applicazione delle norme di sicurezza durante il funzionamento delle macchine, la verifica dell'accettabilità delle condizioni di lavoro, in relazione ad un esame oggettivo della entità dei rischi e della durata delle lavorazioni, la verifica delle condizioni di sicurezza ed igiene anche mediante acquisizione di documentazioni e certificazioni esistenti in atti dell'azienda, la misura dei fattori ambientali di rischio che porti ad una loro quantificazione ed alla conseguente valutazione attraverso il

confronto con indici di riferimento (rumore, vibrazioni, microclima, radiazioni ionizzanti, cancerogeni, agenti biologici).

In seguito ad un processo di valutazione di questo tipo, per ogni ambiente di lavoro è possibile identificare:

- assenza del rischio di esposizione;
- presenza di esposizione controllata entro i limiti di accettabilità previsti dalla normativa;
- presenza di un rischio di esposizione.

Nel primo caso non sussistono problemi connessi con lo svolgimento delle lavorazioni, nel secondo caso la situazione deve essere mantenuta sotto controllo periodico, nel terzo caso si dovranno attuare i necessari interventi di prevenzione e protezione secondo la scala di priorità prevista dall'art. 18 del D. Lgs. 81/2008.

CAPITOLO 3. – Il settore olivicolo in Italia in cifre

Secondo gli ultimi dati ISTAT nel 2009 la superficie olivicola totale ammontava a circa 1.195.000 x 10^4 m^2 di cui più di 1.170.000 in produzione. La produzione totale di olive da olio, concentrata principalmente nel mezzogiorno ha raggiunto i 30.000.000 x 10^2 [kg], i quali con una resa media del 17,2%, hanno permesso di ottenere più di 5.000.000 x 10^2 [kg] di olio di oliva (tabella 16).

Tabella 16. Superficie coltivata ad olivo, produzione totale di olive da olio ed olio di pressione in Italia, anno 2009 [ISTAT, 2010].

Area geografica	Olivo				Olive da olio	Olio di pressione	
	Superficie totale x 10^4 [m^2]	Superficie in produzione x 10^4 [m^2]	Produzione totale x 10^2 [kg]	Produzione raccolta x 10^2 [kg]	Produzione totale x 10^2 [kg]	Resa (%)	Produzione totale x 10^2 [kg]
Nord	28.524	25.692	649.370	544.711	534.368	17.4	92.942
Centro	223.678	215.624	3.951.582	3.775.488	3.732.463	16.1	601.242
Mezzogiorno	942.820	931.315	28.730.801	26.653.076	26.104.008	17.3	4.524.975
Italia	1.195.022	1.172.631	33.331.753	30.973.275	30.370.839	17.2	5.219.159

Le principali regioni produttrici produttrici sono costituite da Puglia, Calabria e Sicilia, con superfici investite ad olivo rispettivamente di 377.526, 196.205 e 161.747 x 10^4 m^2 ed una produzione di olive da olio compresa tra 800 e 1000 milioni di chilogrammi per Puglia e Calabria e vicina ai 300 milioni di chilogrammi per la Sicilia (tabella 17). Nonostante occupi solo il decimo posto a livello nazionale per superficie investita, l'olivicoltura in Umbria risulta estremamente diffusa e la sua importanza è determinata, prima ancora che in termini quantitativi, dalla sua qualità naturale e dal profondo radicamento nel territorio e nella cultura locale. Su buona parte della superficie regionale infatti gli oliveti fanno da cornice alle più importanti città d'arte, rappresentando anche un presidio dal punto di vista idrogeologico nei terreni a forte pendenza. Per contro, l'elevato valore ambientale e paesaggistico di una parte dell'olivicoltura regionale è spesso caratterizzato da una forte marginalità economica che andrebbe sostenuta e sviluppata valorizzando appieno le potenzialità delle produzioni.

Tabella 17. Superficie coltivata ad olivo, produzione totale olive da olio ed olio di pressione a livello regionale, anno 2009 [ISTAT, 2010].

Regione	Olivo				Olive da olio	Olio di pressione	
	Superficie totale x 10^4 [m^2]	Superficie in produzione x 10^4 [m^2]	Produzione totale x 10^2 [kg]	Produzione raccolta x 10^2 [kg]	Produzione totale x 10^2 [kg]	Resa (%)	Produzione totale x 10^2 [kg]
Piemonte	99	30	901	883	603	15.4	93
Valle d'Aosta	-	-	-	-	-	-	-
Lombardia	2.413	2.359	60.276	60.276	60.046	16.2	9.739
Liguria	16.920	15.740	419.000	314.704	304.904	17.9	54.438
Trentino Alto Adige	380	374	14.150	14.150	14.150	18.8	2.667
Veneto	5.010	4.447	76.228	75.938	75.920	17.8	13.540
Friuli Venezia Giulia	111	93	2.130	2.075	2.075	17.3	358
Emilia Romagna	3.591	2.649	76.685	76.685	76.670	15.8	12.107
Toscana	96.876	91.553	1.383.283	1.343.719	1.339.819	14.8	198.360
Umbria	27.847	27.807	532.171	532.171	532.151	17.1	90.999
Marche	8.906	8.771	284.439	274.142	269.837	14.7	39.653
Lazio	90.049	87.493	1.751.689	1.625.456	1.590.656	17.1	272.230
Abruzzo	44.089	43.494	1.273.259	1.260.759	1.246.368	15.2	189.743
Molise	20.047	19.814	440.521	435.514	432.000	14.1	61.000
Campania	72.249	71.631	2.544.015	2.532.616	2.518.169	16.5	416.258
Puglia	377.526	374.950	10.407.300	9.584.940	9.439.370	16.2	1.524.876
Basilicata	31.335	29.004	364.061	358.739	357.500	17.0	60.830
Calabria	196.205	192.175	9.959.985	8.897.609	8.836.082	19.6	1.735.686
Sicilia	161.747	161.172	3.260.175	3.120.369	2.850.709	16.6	472.046
Sardegna	39.622	39.075	481.485	462.530	423.810	15.2	64.536
Italia	1.195.022	1.172.631	33.331.753	30.973.275	30.370.839	17.2	5.219.159

L'olivo è coltivato nella regione su una superficie di 27.807 x 10^4 m^2 in produzione, pari a circa l'8% della SAU regionale totale, con una sensibile prevalenza nella provincia di Perugia (tabella 18).

Tabella 18. Distribuzione provinciale della superficie e della produzione di olive, anno 2009. [ISTAT, 2010].

Province	Olivo				Olive da olio	Olio di pressione	
	Superficie totale x 10^4 [m^2]	Superficie in produzione x 10^4 [m^2]	Produzione totale x 10^2 [kg]	Produzione raccolta x 10^2 [kg]	Produzione totale x 10^2 [kg]	Resa (%)	Produzione totale x 10^2 [kg]
Perugia	18.210	18.210	364.200	364.200	364.180	18.0	65.552
Terni	9.637	9.597	167.971	167.971	167.971	15.1	25.447
Umbria	27.847	27.807	532.171	532.171	532.151	17.1	90.999

L'intero territorio regionale ha ottenuto il riconoscimento del marchio a denominazione d'origine (DOP), il cui disciplinare di produzione prevede una suddivisione in cinque sottozone distinte in termini di caratteristiche territoriali e di prevalenza varietale: Colli Assisi Spoleto, Colli Martani, Colli del Trasimeno, Colli Orvietani e Colli Amerini. Le varietà presenti nelle cinque sottozone DOP, sono: Moraiolo, Leccino, Frantoio, Dolce Agogia, San Felice e Rajo [UNAPROL].

Il comparto della DOP in Umbria presenta una superficie assoggettata a certificazione pari a 4.597 x 10^4 m^2, circa il 16% della SAU regionale destinata all'olivicoltura ed il 5.17% dell'intera superficie nazionale destinata alla certificazione di olio DOP [ISTAT, 2010].

3.1 La fase di trasformazione

In Italia nel corso della campagna olearia 2008 sono stati prodotti 6.067.772 x 10^2 [kg] di olio di pressione, la cui tipologia è rappresentata in maniera determinante dalla categoria extravergine [ISTAT, 2009]. Nella stessa annata a livello nazionale risultavano attivi nel mese di novembre 4.667 frantoi. Di questi 225 risultavano localizzati in Umbria, dato che evidenzia una leggera diminuzione se paragonato con quello relativo alle due annate precedenti, con un quantitativo medio di olive lavorate per unità intorno a 3.000 x 10^2 [kg] [SIAN, 2009] (tabella 19).

Tabella 19. Frantoi attivi in Umbria nelle annate 2006 – 2007 – 2008 [elaborazione dati SIAN].

Provincia	Anno		
	2006	2007	2008
Perugia	167	163	162
Terni	69	64	63
Totale	236	227	225

In generale, i frantoi umbri sono costituiti da piccole imprese a carattere artigianale localizzate in prossimità dei centri di raccolta, elemento in grado di assicurare la tempestiva lavorazione delle olive, che è essenziale per produrre un olio di qualità. La produzione media di olio di pressione per frantoio è di circa 525 x 10^2 [kg], pari a circa 1/3 di quella nazionale (media su dati ISTAT 2009), elemento questo che denota una generale limitata capacità produttiva degli impianti, cui si contrappone tuttavia una forte valorizzazione in chiave multifunzionale, visto l'alto valore ambientale e paesaggistico che caratterizza l'olivicoltura regionale. Il processo di adeguamento tecnologico degli impianti ha comportato una progressiva sostituzione degli impianti tradizionali con quelli di tipo continuo, soprattutto nei frantoi di maggiore dimensione. Nel 2000 i frantoi di tipo continuo rappresentavano il 44% del totale [Pampanini, 2004], nel 2008 la quota è salita al 72% con 161 unità su 225 di cui 117 localizzate nella provincia di Perugia e 44 in quella di Terni [SIAN, 2009] (tabelle 20, 21).

Tabella 20. Numero e tipologia di impianto di trasformazione delle olive nei comuni della provincia di Perugia [elaborazione dati SIAN].

Comuni	Frantoi (n)	Impianto continuo (n)	Impianto tradizionale (n)
Assisi	3	3	-
Bettona	2	2	-
Bevagna	7	5	2
Campello sul Clitunno	4	3	1
Cannara	1	1	-
Castel Ritaldi	3	3	-
Castiglione del Lago	2	2	-
Città della Pieve	2	2	-
Città di Castello	-	-	-
Collazzone	3	2	1
Corciano	4	3	1
Deruta	1	-	1
Foligno	23	15	8
Giano dell'Umbria	7	5	2
Gualdo Cattaneo	11	7	4
Gualdo Tadino	4	2	2
Gubbio	4	2	2
Magione	4	1	3
Marsciano	2	1	1
Massa Martana	2	2	-
Montecastello Vibio	1	1	-
Monte S. Maria Tiberina	1	-	1
Montefalco	4	3	1
Paciano	2	1	1
Panicale	4	2	2
Passignano sul Trasimeno	4	4	-
Perugia	18	12	6
Piegaro	3	3	-
Spello	3	2	1
Spoleto	12	9	3
Todi	4	3	1
Torgiano	1	1	-
Trevi	8	7	1
Tuoro sul trasimeno	3	3	-
Umbertide	3	3	-
Valfabbrica	2	2	-
TOTALE	162	117	45

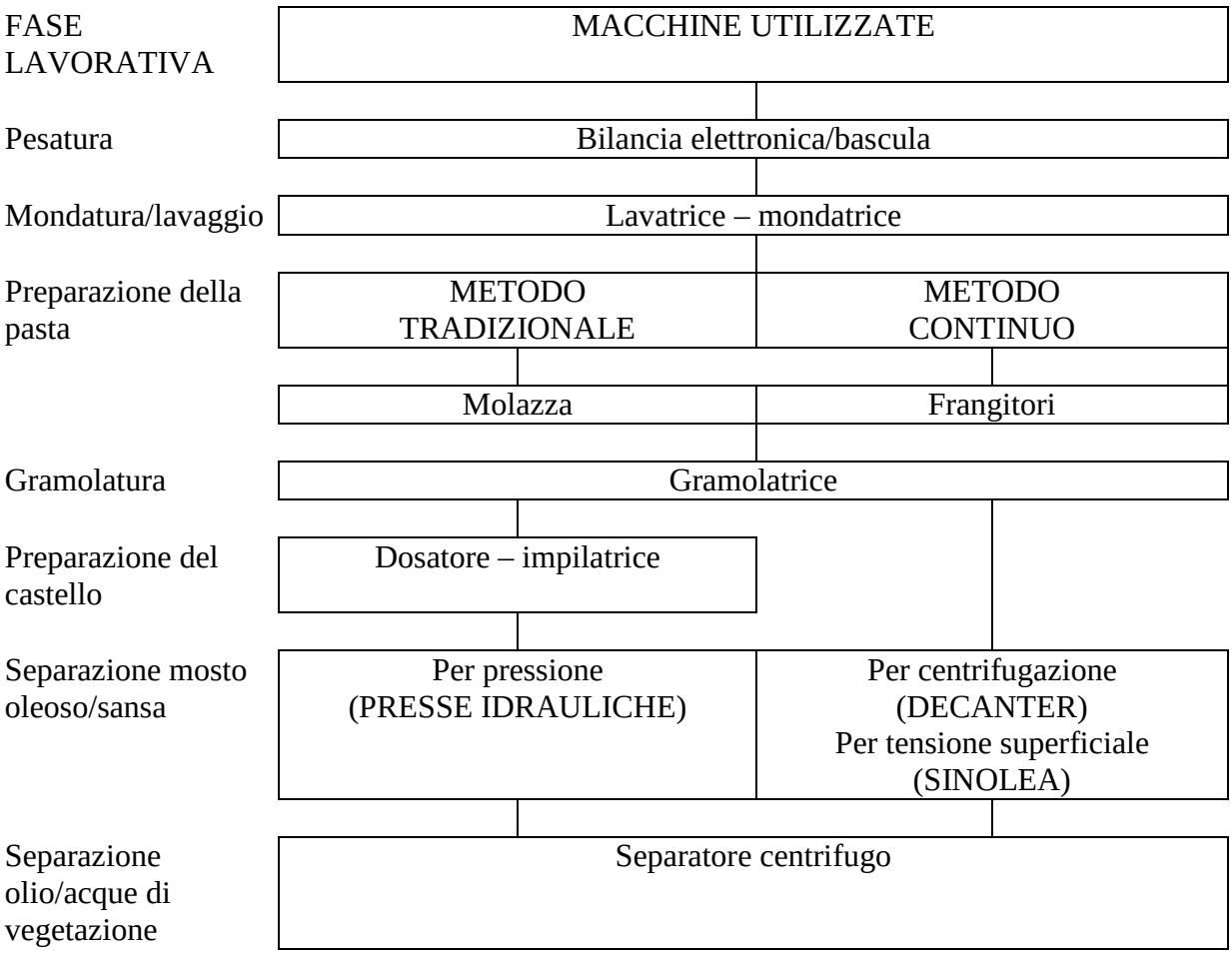
Tabella 21. Numero e tipologia di impianto di trasformazione delle olive nei comuni della provincia di Terni [elaborazione dati SIAN].

Comuni	Frantoi (n)	Impianto continuo (n)	Impianto tradizionale (n)
Acquasparta	1	1	-
Alviano	1	1	-
Amelia	4	4	-
Arrone	3	3	-
Attigliano	1	1	-
Baschi	4	1	3
Calvi dell'Umbria	1	1	-
Castel Viscardo	4	2	2
Fabro	-	-	-
Ferentillo	4	2	2
Ficulle	2	1	1
Giove	-	-	-
Guardea	1	1	-
Lugnano in Teverina	2	1	1
Montecastrilli	1	-	1
Montecchio	3	2	1
Montefranco	2	1	1
Monteleone d'Orvieto	1	1	-
Narni	6	3	3
Orvieto	8	6	2
Parrano	1	-	1
Penna in Teverina	1	1	-
San Venanzo	1	1	-
Sangemini	1	1	-
Stroncone	1	1	-
Terni	9	8	1
TOTALE	63	44	19

CAPITOLO 4. – Le tecnologie di estrazione dell'olio di oliva

Le principali linee di estrazione per la produzione di olio di oliva extravergine possono essere ricondotte a due metodi principali: quello tradizionale o discontinuo, nel quale il processo di separazione del mosto oleoso dalla pasta di olive viene realizzato per pressione ed il metodo continuo, durante il quale la separazione è realizzata per centrifugazione (figura 1).

Figura 1. Principali sistemi di oleificazione utilizzati all'interno dei frantoi.



Indipendentemente dal sistema di oleificazione utilizzato, le diverse fasi necessarie all'estrazione dell'olio, una volta che il prodotto è stato conferito al frantoio, consistono: nella mondatura e lavaggio delle olive, nella loro frantumazione, nella gramolatura, nella separazione (separazione del mosto oleoso dal materiale solido) ed infine nella separazione o centrifugazione verticale (separazione dell'olio dalle acque di vegetazione).

La mondatura ed il lavaggio delle olive rappresentano la fase preliminare di lavorazione consistente nell'allontanamento di tutte le parti estranee (residui terrosi, pietre, foglie, rami) e nel lavaggio delle olive in acqua. La mondatura ed il lavaggio erano eseguite in passato in

successione con due macchine separate, oggi invece sono svolte contemporaneamente dalla medesima macchina che viene pertanto chiamata lavatrice – mondatrice. La macchina risulta generalmente costituita da una lavatrice automatica continua dotata di elevata capacità operativa (1,5 – 2,0 x 10^3 kg/h), munita di un cassone metallico suddiviso in più scomparti, che vengono riempiti di acqua. Le olive, attraverso una tramoggia di alimentazione, vengono scaricate in uno scomparto del cassone, dove subiscono un lavaggio per immersione ed un continuo rimescolamento. Successivamente, tramite un sistema meccanico o idro – pneumatico, vengono inviate ad un altro scomparto, dove viene ripetuta la stessa operazione di lavaggio e così fino al termine dell'operazione (foto1). A questo punto, attraverso una serie di griglie, le olive liberate dalle impurità e dalle sostanze estranee sono pronte per essere sottoposte alla prima fase della lavorazione vera e propria, consistente nella preparazione della pasta [Sciancalepore, 1998].

Foto 1. Particolare di una lavatrice – mondatrice.



La frantumazione delle olive è l'operazione indispensabile per la preparazione della pasta. In essa le olive vengono, a seconda delle macchine impiegate, frantumate o schiacciate, in modo da permettere la liberazione dell'olio, dell'acqua e della componente enzimatica dalle strutture cellulari.

Nei frantoi di tipo tradizionale la molitura delle olive viene generalmente realizzata tramite l'impiego della molazza, costituita da una vasca all'interno della quale si muovono a seconda dei casi due o tre ruote in granito, dotate di superficie ruvida, chiamate anche macelli, che operano la schiacciatura delle olive riversate all'interno della vasca (foto 2).

Foto 2. Particolare di una molazza.



Nei sistemi di oleificazione a ciclo continuo invece la preparazione della pasta di olive viene eseguita tramite l'impiego di macchine chiamate frangitori, in grado di garantire una certa continuità del lavoro di frantumazione. In queste macchine gli elementi frangenti sono generalmente costituiti da una durissima lega metallica e foggiati a forma di rulli dentati o scanalati, oppure a forma di martelli (modelli più diffusi), fissi o snodati, montati su un disco metallico ruotante ad elevata velocità (1.000 – 2.000 giri/min), il tutto avvolto da un cilindro protettivo opportunamente sagomato [Sciancalepore, 1998] (foto 3, 4, 5).

Foto 3. Particolare di un frangitore a cono.



Foto 4. Particolare di un frangitore a dischi dentati.



Foto 5. Particolare di un frangitore a martelli.



La gramolatura è un'operazione fondamentale, complementare alla molitura. La sua importanza risiede nel fatto che all'interno della pasta, prodotta in seguito alla frantumazione delle olive, olio ed acqua sono tra loro emulsionati (ossia dispersi gli uni negli altri sotto forma di minutissime goccioline) e ciò creerebbe grandi problemi per il successivo recupero dell'olio. Grazie alla gramolatura quindi, che nella pratica consiste in un lento e continuo rimescolamento della pasta, da effettuare con tempi e temperature differenti (in funzione sia del tipo di molitura effettuata, sia dello stato di integrità con cui le olive sono giunte al frantoio) viene favorito il fenomeno della cosiddetta coalescenza, in cui le goccioline di olio

disperse in acqua si riuniscono tra loro, raggiungendo dimensioni tali da renderne possibile la successiva separazione. L'operazione è svolta dalle gramolatrici costituite da un cassone in acciaio a doppia parete con una intercapedine per la circolazione dell'acqua, contenente all'interno uno o due bracci variamente sagomati, che eseguono un delicato rimescolamento della pasta oleosa [Sciancalepore, 1998] (foto 6).

Foto 6. Particolari di una gramolatrice.



Nella successiva fase di separazione la pasta proveniente dalla gramolatura subisce un trattamento tale per cui viene separata una fase liquida, detta mosto oleoso, dal residuo solido, chiamato comunemente sansa. Al giorno d'oggi le tecniche maggiormente affermate sono riconducibili a tre tipologie di separazione:

- separazione per pressione (frantoi tradizionali): in essa la pasta di olive subisce una spremitura ad elevata pressione attraverso l'impiego di grandi presse idrauliche. Il

caricamento della pasta è effettuato meccanicamente grazie ad un dosatore che preleva dalla gramolatrice la pasta e la deposita in strati di 0,02 – 0,03 m su appositi diaframmi filtranti (fiscoli) (foto 7). Questi, alternati ogni 2 o 3 da dischi in acciaio inossidabile, necessari a conferire alla torre la giusta rigidezza, vengono successivamente inseriti su di un grande tubo necessario a creare una colonna (foratina). Una volta completata la colonna su di un carrello, questo viene posizionato sul pistone, che attivato dà inizio all'azione di compressione (foto 8);

Foto 7. Particolare di un dosatore.



Foto 8. Particolare di una pressa in funzione.



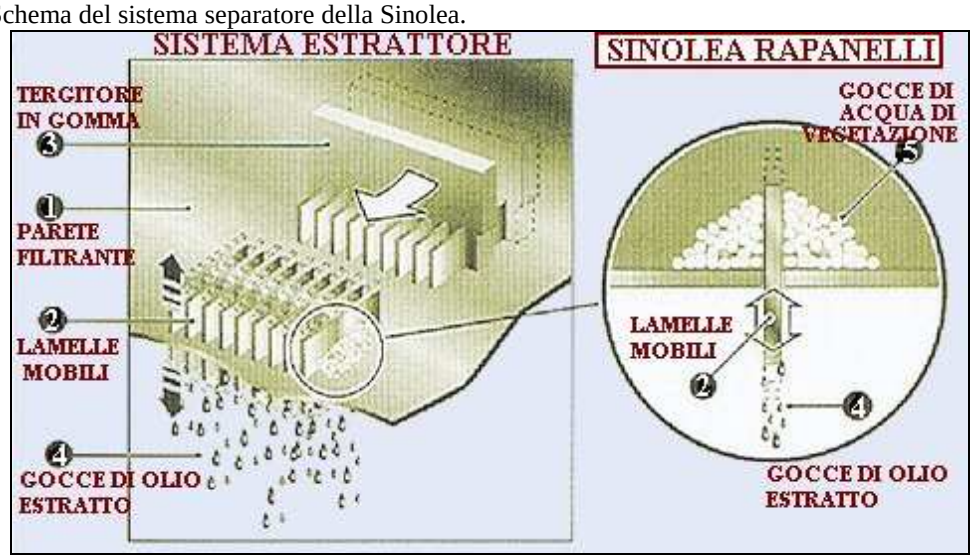
- separazione per tensione superficiale (frantoi continui): è una tecnica basata su un sistema che sfrutta la differenza di tensione superficiale esistente tra olio ed acqua e di conseguenza la possibilità di estrarre uno dei due, quando essi sono mescolati. Essendo infatti l'olio dotato di una minore tensione superficiale rispetto a quella dell'acqua di vegetazione, presenta una più elevata forza di adesione verso le superfici metalliche. L'estrattore di questo tipo più innovativo è costituito dalla macchina denominata Sinolea, costruita dalla ditta Rapanelli di Foligno ed apparsa per la prima volta in Italia nella campagna 1960 – 1961 (foto 9). L'unità essenziale dell'impianto è rappresentata da un cassone rettangolare in acciaio inossidabile con fondo semi –

cilindrico provvisto di circa 5.000 fessure attraversate da altrettante lamelle sempre in acciaio inossidabile, che sono dotate, quando la macchina è in funzione, di un lento movimento alternato. Nel cassone viene fatta arrivare la pasta di olive precedentemente gramolata. L'azione di separazione è eseguita dalle lamelle. Il loro lento e continuo andirivieni nella pasta infatti, permette all'olio di aderire per tensione sulla superficie delle lamelle e di cadere all'interno di un serbatoio sottostante (figura 2). Generalmente il sistema Sinolea viene accoppiato al sistema di separazione per centrifugazione, tramite il quale risulta possibile sottoporre le paste residue ad una ulteriore separazione dell'olio rimanente;

Foto 9. Sinolea.



Figura 2. Schema del sistema separatore della Sinolea.



- centrifugazione della pasta (frantoi continui): il principio su cui è basata la separazione è la forza centrifuga. Ponendo infatti in rotazione (fino a 4.500 giri/min) la pasta di olive gramolata, si assiste al fenomeno di separazione dei liquidi e dei solidi, che si allontanano dall'asse di rotazione in maniera direttamente proporzionale al loro peso specifico. Tale azione è svolta all'interno di particolari macchine chiamate anche centrifughe orizzontali o *decanter*. La macchina nella generalità dei casi risulta di forma troncoconica, con una coclea interna a vite senza fine (responsabile della spinta della sansa verso l'uscita), coassiale con un tamburo esterno ed un *carter* che racchiude il tutto. La separazione avviene per l'intera lunghezza della sezione cilindrica del tamburo e lo scarico del liquido chiarificato avviene generalmente all'estremità opposta a quella di alimentazione della pasta. Il mosto oleoso, in uscita dal *decanter* viene pompato all'interno di un separatore centrifugo (centrifuga verticale) che provvede a completare la separazione dell'olio dalle acque di vegetazione [Sciancalepore, 1998] (foto 10).

Foto 10. Decanter.



La separazione dell'olio dal mosto oleoso viene effettuata per mezzo di separatori centrifughi ad asse verticale, che funzionano sul principio della separazione di sostanze diverse dotate di differente peso specifico in un campo di forze centrifughe. Lo scopo è quello di separare le acque di vegetazione dall'olio e di allontanare le parti più grossolane residue presenti nel mosto (residui di pasta o mucillagini). Da un punto di vista costruttivo le centrifughe verticali o separatori sono dotate di una serie di piatti tronco – conici detti anche coni chiarificatori, montati ad una distanza di circa 1 mm gli uni dagli altri, sull'albero cavo di un tamburo ruotante intorno all'asse verticale (diametro 0,40 – 0,70 m) (foto 11).

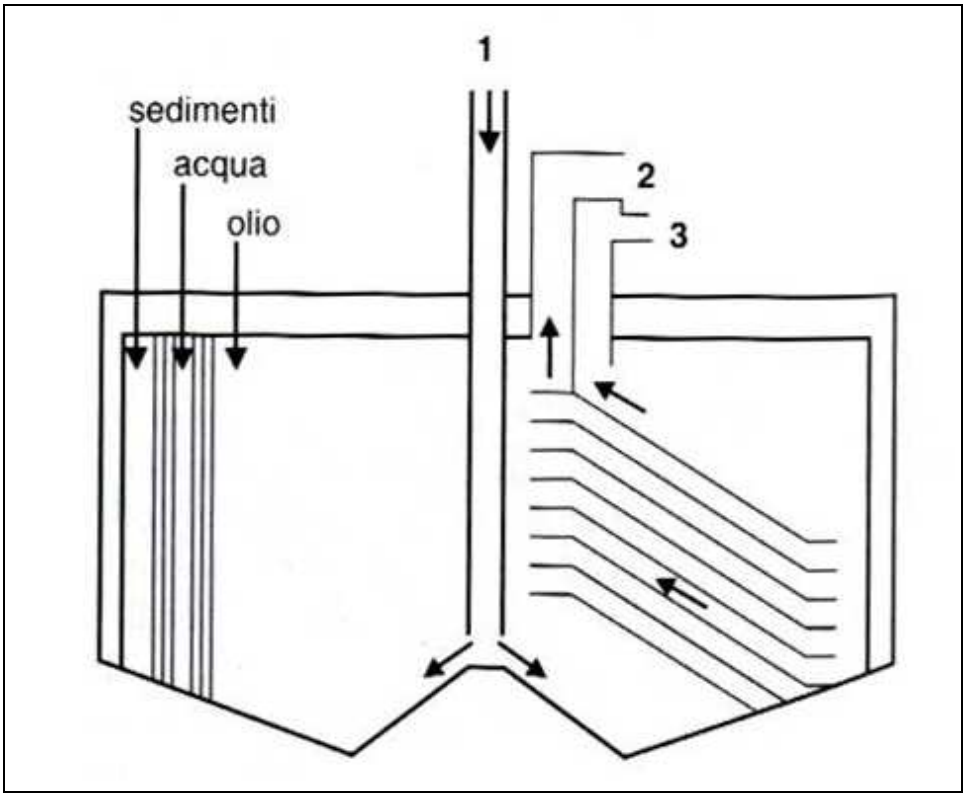
Il mosto oleoso che viene immesso dall'alto attraverso l'albero cavo del tamburo è costretto a risalire subendo la forza centrifuga, scomponendosi nei tre elementi in base al loro peso specifico. L'olio, risalendo attraverso i coni chiarificatori, deposita durante il suo percorso tutte le impurezze solide; quindi da opportune vie di uscita dette sfioratori, si recupera l'olio di oliva da una parte e le acque di vegetazione miste alle impurezze solide dall'altra [Sciancalepore, 1998] (figura 3).

Foto 11. Separatori centrifughi ad asse verticale.





Figura 3. Schema di funzionamento di un separatore centrifugo ad asse verticale: 1) mosto oleoso. 2) olio. 3) acqua di vegetazione.



CAPITOLO 5. – Sperimentazione eseguita

L'olivicoltura e l'elaiotecnica costituiscono un comparto agricolo che in Umbria ha una valenza storica – sociale molto importante. La trasformazione delle olive è effettuata oltre che in grosse strutture industriali anche in una grande quantità di piccoli frantoi molto diffusi sul territorio. Da una serie di sopralluoghi conoscitivi effettuati in queste ultime realtà sono emersi diversi fattori di rischio, sia legati al luogo di lavoro, che alle macchine ed impianti utilizzati. Per questo motivo, la sperimentazione eseguita ha riguardato la valutazione dei principali fattori di rischio presenti nei piccoli frantoi oleari.

In particolare sono stati valutati i rischi legati alle carenze strutturali dell'ambiente di lavoro, all'utilizzo ed alla manutenzione di apparecchiature ed impianti elettrici, alla movimentazione manuale dei carichi, alla carenza di segnaletica di sicurezza, con riferimento alle indicazioni fornite dal D. Lgs. 81/2008.

Inoltre è stata effettuata un'analisi dai fattori di rischio legati al microclima ed al rumore. Infine è stata realizzata la riprogettazione di un frantoio oleario utilizzando un *software* di simulazione acustica, che ha consentito di individuare delle soluzioni in grado di ridurre i livelli di rumore.

5.1. Descrizione dei frantoi

L'analisi svolta è stata concentrata su nove unità produttive, ubicate nella provincia di Perugia. Le aziende sono state selezionate al fine di poter disporre di un quadro rappresentativo di tutte le possibili linee di produzione per l'estrazione dell'olio.

In particolare, dei nove frantoi esaminati, sette, indicati di seguito con i numeri da "1" a "7", sono caratterizzati da un sistema di estrazione a ciclo continuo e due, identificati dai numeri "8" e "9", contraddistinti da un sistema di estrazione di tipo tradizionale (ciclo discontinuo). Delle unità produttive a ciclo continuo i frantoi "5", "6", "7", erano muniti di un doppio sistema di separazione (Sinolea + decanter).

Il maggior numero di frantoi di tipo continuo analizzati è dovuto al fatto che la tendenza in atto è quella di un lento abbandono dei frantoi tradizionali a favore proprio di quelli continui.

La capacità produttiva dei frantoi a ciclo continuo si è dimostrata compresa tra 800 e 1.500 kg/h di olive lavorate, mentre i frantoi tradizionali erano caratterizzati da una capacità di lavoro inferiore, generalmente compresa tra 150 e 800 kg/h. Tutte le unità produttive esaminate presentavano l'impianto distribuito in un unico piano, ad eccezione del frantoio "5", sistemato su due piani contigui.

In nessuno dei nove casi di studio le strutture architettoniche, quasi esclusivamente di derivazione rurale (fienili, rimesse attrezzi, case coloniche) e mai costruite *ad hoc*, si sono dimostrate idonee ad accogliere i vari impianti di estrazione, elemento questo che impediva la realizzazione di *layout* di produzione razionali. I casi riscontrati sono stati principalmente due:

- frantoi strutturati in un unico locale (1, 3, 6, 7); in questi casi tutte le macchine necessarie all'attività produttiva erano disposte in successione all'interno di un ambiente con una dimensione in pianta fortemente prevalente rispetto all'altra;
- frantoi strutturati in due locali (2, 4, 5, 8, 9); di cui uno generalmente adibito all'operazione di defogliazione e lavaggio e l'altro alla fase di estrazione dell'olio.

In tutti i frantoi esaminati la zona di conferimento delle olive era localizzata all'esterno degli edifici. Da questi punti successivamente, con differenti modalità basate sul grado di meccanizzazione caratterizzante ciascuna azienda e riconducibili principalmente a:

- movimentazione manuale del carico o con l'ausilio di carrelli manuali (frantoi 5, 6, 8, 9) (foto 12);
- impiego di carrelli elevatori ad asse azionati manualmente (frantoio 7) (foto 13);
- impiego di carrelli elevatori con posto di guida (frantoi 1, 2, 3, 4) (foto 14);

Foto 12. Movimentazione manuale del prodotto ed impiego di carrelli manuali.





Foto 13. Carrello elevatore ad asse azionato manualmente.



Foto 14. Carrelli elevatori con posto di guida.



il prodotto veniva trasportato nella zona di pesatura, localizzata in tutti i casi ad eccezione dei frantoi 6 e 8, all'interno degli stabilimenti. In questi ultimi la zona di pesatura era localizzata all'esterno e corrispondeva con il punto in cui generalmente veniva scaricato il prodotto (foto 15).

Foto 15. Area di pesatura esterna.



Una volta determinato il peso, il prodotto veniva riversato in una tramoggia e da lì, attraverso differenti modalità di trasporto (nastro trasportatore, coclea), avviato all'inizio del vero e proprio ciclo di estrazione (defogliazione, lavaggio, frantumazione, gramolatura, separazione del mosto oleoso, separazione dell'olio). Nel frantoio 5, distribuito su due piani, il prodotto veniva riversato dall'operatore direttamente nella macchina defogliatrice, successivamente da questa le olive cadevano direttamente nella lavatrice situata nel locale di trasformazione, attraverso una botola sul pavimento comunicante con il piano inferiore (foto 16).

Foto 16. Frantoio "5": particolare della macchina defogliatrice comunicante con il piano inferiore.





Nei frantoi 2, 3, 4, le olive venivano sottoposte ad un doppio processo di pulizia: la prima all'esterno dei fabbricati, mediante l'impiego di macchine in grado di separare il prodotto dal materiale estraneo attraverso un cilindro rotante sull'asse orizzontale munito di crivelli che lasciavano passare le olive ed allontanavano le restanti parti (foto 17) e la seconda al momento della lavorazione.

Foto 17. Defogliatore esterno e particolare del meccanismo di funzionamento.





Nonostante le diverse tecniche di estrazione impiegate, in tutti gli opifici esaminati l'intero ciclo di produzione era gestito da soli 2 addetti, uno dei quali frequentemente era il proprietario del frantoio.

Negli impianti a ciclo di estrazione continuo le mansioni erano così distribuite: un operatore assegnato alla fase di conferimento del prodotto, che aveva il compito di presiedere le operazioni di pesatura delle olive e la loro successiva immissione alle fasi di defogliazione e lavaggio ed un addetto al controllo di tutta la successiva fase di estrazione, che terminava con

la fuoriuscita dell'olio dal separatore verticale ed il suo stoccaggio in appositi contenitori in acciaio *inox*. In entrambi i casi quindi, vista la natura del lavoro svolto, nessuno dei due addetti si trovava ad occupare delle postazioni di lavoro fisse. Leggermente differente si presentava l'organizzazione del lavoro nei frantoi di tipo tradizionale: come nei precedenti infatti anche in questi il primo operatore gestiva principalmente la fase iniziale del ciclo, mentre il secondo, adibito alla fase di estrazione, operava quasi esclusivamente in prossimità della macchina impilatrice, necessaria alla creazione delle pile di fiscoli da sottoporre alla successiva pressatura.

CAPITOLO 6. – Rischi connessi all'attività molitoria

6.1. Carenze strutturali dell'ambiente di lavoro

L'allegato IV del D. Lgs. 81/2008 fornisce precise indicazioni sui requisiti degli edifici adibiti ad ospitare i luoghi di lavoro.

Questi generalmente devono essere stabili e possedere una solidità che corrisponda al loro tipo d'impiego ed alle caratteristiche ambientali. I limiti minimi per altezza, cubatura e superficie dei locali chiusi destinati al lavoro sono i seguenti: altezza netta non inferiore a 3 m, cubatura non inferiore a 10 m^3 per lavoratore, superficie a disposizione di ciascun lavoratore in ogni ambiente non inferiore a 2 m^2. I valori relativi alla cubatura e alla superficie si intendono lordi cioè senza deduzione dei mobili, macchine ed impianti fissi. Lo spazio destinato al lavoratore nel posto di lavoro deve essere tale da consentire il normale movimento della persona in relazione al lavoro da compiere.

Tali caratteristiche non sempre si sono dimostrate rispettate per gli edifici esaminati. Nonostante infatti i valori di cubatura e superficie fossero nella maggior parte dei casi rispettati, visto il numero ridotto di dipendenti presenti in ciascuna azienda, la conformazione dei locali, specialmente quelli non in pianta rettangolare, si è dimostrata non idonea ad accogliere i *layout* di produzione.

Ciò ha obbligato i titolari delle aziende, non supportati a dovere da un preventivo studio di realizzazione dell'impianto, ad adottare delle soluzioni impiantistiche critiche: con macchinari eccessivamente ravvicinati tra loro ed alle pareti dei locali, facendo venir meno il fondamentale requisito di normale movimento dei lavoratori all'interno dell'ambiente di lavorazione (frantoio 3, 4, 9) (foto 18).

Foto 18. Frantoio “3, 4, 9”: particolare della disposizione delle macchine.







Una maggiore attenzione sembra essere stata attribuita alle pavimentazioni ed alle pareti dei locali di lavorazione.

Questi infatti come riportato dalla normativa vigente devono essere caratterizzati da superfici tali da poter essere pulite e deterse per ottenere condizioni adeguate di igiene. Le pavimentazioni inoltre devono essere fisse, stabili, antisdrucciolevoli, livellate (assenza di sporgenze, avvallamenti, buche, piani inclinati pericolosi), così da garantire la circolazione in sicurezza degli addetti [D. Lgs. 81/2008]. Tali caratteristiche sono molto importanti nello specifico ambiente di lavorazione del frantoio; i ritmi di lavorazione e la scarsa attenzione possono infatti causare la caduta accidentale dell'olio sul pavimento che, se non rapidamente e facilmente deterso può determinare il rischio di scivolamento degli operatori con conseguente pericolo di infortunio.

In tutti i frantoi esaminati è emersa da parte degli operatori e dei titolari una tendenza verso il raggiungimento di un buono stato di igiene dell'ambiente di lavoro, elemento questo molto probabilmente legato più ad una questione di immagine nei confronti dei potenziali acquirenti del prodotto che alla ricerca di una maggiore sicurezza dell'ambiente di lavoro.

Gli elementi infatti legati all'accesso ed alla circolazione sia all'interno, che nelle zone situate all'esterno delle strutture, hanno dimostrato nella maggioranza dei casi delle gravi carenze progettuali e strutturali, tali da rendere disagevole la libera circolazione ed in alcuni casi compromettere seriamente lo svolgimento in sicurezza delle operazioni.

Gli ingressi, le uscite e le vie di emergenza, intese come passaggi e percorsi senza ostacoli al deflusso, in grado di consentire alle persone che occupano un edificio o un locale di raggiungere un luogo sicuro, pur essendo presenti in numero sufficiente e dimensionate adeguatamente in funzione del personale impiegato nelle aziende, sono risultate prive di apposita segnaletica così come indicato dal D. Lgs. n. 81/08 Titolo V art. 161 – 166.

L'aspetto maggiormente sottovalutato è senza dubbio rappresentato dall'impiego dei mezzi di carico e trasporto utilizzati in tutti i frantoi per la gestione del conferimento delle olive. In nessun caso infatti i tracciati delle vie di circolazione dei mezzi risultavano evidenziati e situati ad una distanza di sicurezza sufficiente dalle porte e dai passaggi in modo da ridurre il rischio di investimento degli operatori (foto 19).

Foto 19. Rischi dovuti alla circolazione dei mezzi.



Le maggiori carenze da questo punto di vista sono emerse nel caso del frantoio numero 7.

In aggiunta infatti ai rischi sopra descritti relativi alla circolazione dei mezzi all'esterno dell'azienda, la zona di conferimento delle olive e quella di scarico nella tramoggia di avvio lavorazione in questo frantoio si trovavano in posizione sopraelevata rispetto al piano principale del frantoio. Pur non essendo obbligatoria la presenza di "parapetti normali con

arresto al piede” sui lati aperti dei piani di carico di altezza inferiore a 2 m, le aree descritte non presentavano nessun tipo di protezione contro i pericoli derivanti da urti o caduta del carico di manovra (foto 20).

Foto 20. Frantoio “7”: carenze strutturali e rischi legati alla circolazione.









Un importante aspetto per la sicurezza legato alle caratteristiche strutturali dell'ambiente di lavoro è rappresentato dalla quantità di luce naturale e dalla presenza di dispositivi che consentano un'illuminazione artificiale adeguata ad assicurare una sufficiente visibilità e salvaguardare la sicurezza, la salute e il benessere di lavoratori [D. Lgs. 81/2008].

Questo elemento è strettamente legato alla presenza nei vari ambienti di lavoro di un numero adeguato di finestre dotate di dispositivi, che consentano la loro pulitura senza rischi per i lavoratori presenti nell'edificio ed intorno ad esso.

Nelle strutture esaminate è emersa un'alternanza di situazioni legate principalmente al numero di locali caratterizzanti l'ambiente di lavoro. Nei frantoi strutturati in un unico locale (1, 3, 6, 7) infatti è emerso un generale buono stato di illuminazione di tutto l'ambiente di lavoro, garantito oltre che da un efficiente sistema di illuminazione artificiale anche dalla presenza di un numero adeguato di finestre facilmente accessibili da parte degli operatori (foto 21).

Foto 21. Frantoio "1, 6": particolare dello stato di illuminazione.





Alcune carenze legate alla presenza di un'adeguata fonte di illuminazione naturale sono emerse nel caso del frantoio numero 7 nel quale l'area di estrazione, priva di finestre, usufruiva esclusivamente di fonti artificiali durate l'intera giornata lavorativa (foto 22).

Foto 22. Frantoio "7": carenza di fonti di illuminazione naturale.



Nel caso dei frantoi strutturati in due locali (2, 4, 5, 8, 9) la situazione è risultata molto variabile, al punto da poter esprimere solo dei giudizi soggettivi legati ad ogni singola struttura e non permettere una classificazione generale legata alla tipologia organizzativa dell'ambiente di lavoro. Ciò risulta principalmente legato al fatto che le strutture ospitanti questi impianti di estrazione sono quasi esclusivamente derivate da antiche abitazioni rurali, il cui dimensionamento e posizionamento delle aperture e delle finestre non è stato concepito considerando la possibilità di adibire in futuro tali ambienti a zone di lavoro (foto 23).

Foto 23. Particolare di alcune strutture ospitanti gli impianti di estrazione.





Quanto detto infatti è comprovato dalla generale pessima organizzazione, specialmente negli impianti caratterizzati dal ciclo di estrazione continuo, del complesso di tubazioni necessarie al trasferimento del prodotto (mosto oleoso, olio) ed alla circolazione dell'acqua da un macchinario all'altro. Nella maggioranza dei casi infatti tali tubazioni erano disposte sul pavimento casualmente e senza alcun tipo di segnalazione o protezione in grado di ridurre il rischio di inciampo o fuoriuscita dei liquidi in caso di eventuale rottura (foto 24).

Foto 24. Particolare della disposizione delle tubazioni per la circolazione dei liquidi all'interno dei frantoi a ciclo continuo.











6.2. Manutenzione ed utilizzo di apparecchiature ed impianti elettrici

Secondo quanto riportato nel capo III del titolo III del D. Lgs. 81/2008 il datore di lavoro è obbligato a prendere tutte le misure necessarie affinchè i materiali, le apparecchiature e gli impianti elettrici messi a disposizione dei lavoratori siano progettati, costruiti, installati, utilizzati e mantenuti in modo da salvaguardare gli operatori da tutti i rischi di natura elettrica; derivanti ad esempio da contatti diretti o indiretti con elementi in tensione (elettrocuzione), responsabili di gravi lesioni (ustioni, fibrillazione ventricolare, difficoltà respiratorie), o da corto circuiti responsabili in alcuni casi del verificarsi di incendi o esplosioni.

Obbligatorio è quindi che la realizzazione o l'eventuale adeguamento, il collaudo, la verifica e la certificazione dell'impianto elettrico siano eseguiti ai sensi della normativa vigente (D.M. 22/01/2008 n. 37; D.P.R. 462/01) e secondo le norme di buona tecnica contenute nell'allegato IX del D. Lgs. 81/2008, emanate dai seguenti organismi nazionali e internazionali: UNI (Ente Nazionale di Unificazione), CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), CEN (Comitato Europeo di normalizzazione), CENELEC (Comitato Europeo per la standardizzazione Elettrotecnica), IEC (Commissione Internazionale Elettrotecnica), ISO (Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione) [D. Lgs. 81/2008]. Tutti i lavori devono naturalmente essere eseguiti da personale qualificato il quale rilascia al proprietario dell'azienda un'apposita dichiarazione di conformità che deve essere conservata in azienda.

Quanto detto finora deve anche essere naturalmente supportato dall'adozione di una serie di indicazioni comportamentali relative all'utilizzo ed alla manutenzione dell'impianto e delle apparecchiature elettriche atte a ridurre durante l'utilizzo il rischio di infortunio per gli operatori:

- programmare opportuni piani di verifica e controllo dell'impianto e conservare sempre la documentazione all'interno dell'azienda;
- far verificare gli impianti elettrici esclusivamente da un tecnico abilitato;
- far ristrutturare ed effettuare la manutenzione degli impianti pericolosi soltanto da tecnici qualificati;
- verificare periodicamente gli interruttori salvavita;
- fare attenzione ai surriscaldamenti degli impianti;
- non sovraccaricare gli impianti (evitare di utilizzare prese multiple non adatte a reggere carichi elettrici eccessivi);
- fare attenzione a segnali ed anomalie quali fumo, scintille;
- non smontare protezioni agli impianti elettrici (ad esempio pannelli protettivi);
- spegnere sempre le macchine e gli impianti al termine del lavoro;

- custodire con cura in azienda gli schemi e la documentazione degli impianti elettrici;
- evitare di intralciare i passaggi con cavi elettrici, studiando un'idonea collocazione degli eventuali collegamenti sospesi;
- non utilizzare componenti elettrici deteriorati.

Nei frantoi esaminati i titolari delle aziende disponevano tutti di opportuna documentazione attestante l'omologazione ed il corretto funzionamento dell'impianto elettrico, il quale risultava idoneo alle caratteristiche ambientali tipiche dei locali di lavorazione (foto 25).

Foto 25. Particolare di alcuni quadri elettrici all'interno delle strutture.



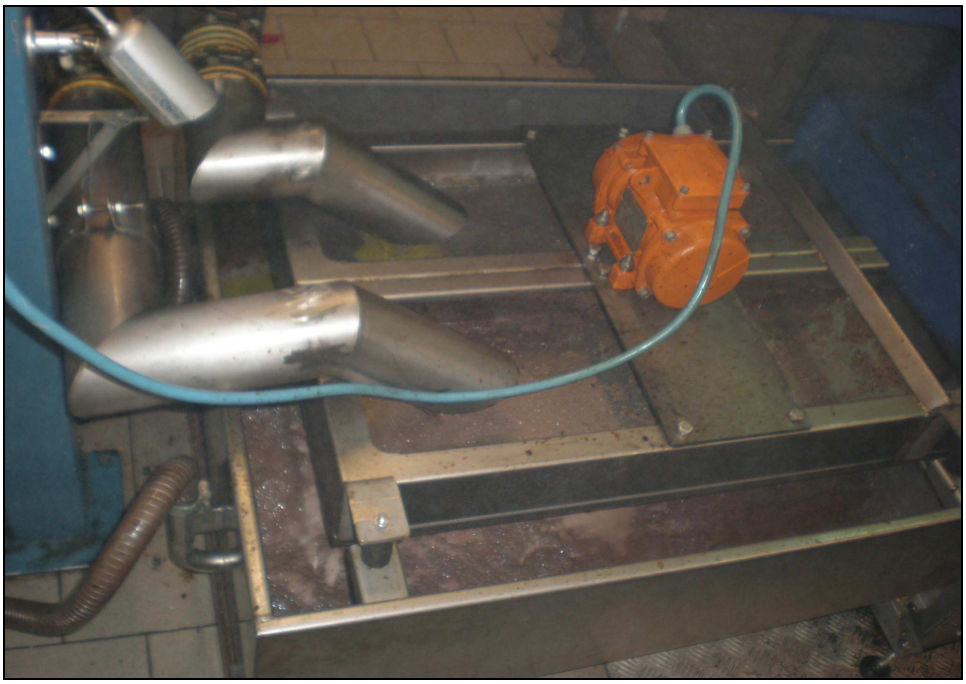


Alcune carenze tuttavia sono emerse nella gestione di alcune apparecchiature elettriche, specialmente nei frantoi a ciclo continuo. In questi impianti infatti la pressione necessaria al trasferimento dei liquidi da una macchina all'altra era generata in molti casi da pompe elettriche. Queste tuttavia erano posizionate sul pavimento apparentemente in modo casuale. In alcuni casi inoltre i cavi elettrici erano disposti in modo tale da poter costituire un potenziale intralcio per il passaggio degli operatori, o appesi in modo poco sicuro al muro o nei casi peggiori alle porte senza essere fissati in modo adeguato (foto 26).

Foto 26. Gravi carenze per la sicurezza legate all'impiego di attrezzature elettriche.







6.3. Carenze di sicurezza su macchine ed apparecchiature

La sicurezza nell'utilizzo delle attrezzature non è soltanto legata alle condizioni della macchina considerata "sicura" o "a norma", ma dipende in larga misura dalla professionalità dell'utilizzatore, affiancata dalla cultura della prevenzione e dalla capacità soggettiva di operare con sicurezza e di trasmettere questo messaggio ai lavoratori e alle persone che lavorano nel contesto aziendale. Per tali motivi l'esposizione dell'operatore a rischi di infortunio o malattia professionale resta sempre possibile, a causa di un insieme di fattori concomitanti che possono essere ricondotti a quattro principali fattori:

- pericolosità intrinseca specifica delle attrezzature: necessità ai fini del tipo di lavoro svolto di avere organi di lavoro esposti, carenza dei dispositivi di sicurezza e/o loro inefficienza, obsolescenza delle attrezzature, carenze nella manutenzione o interventi svolti in maniera non idonea (manutenzione straordinaria delle attrezzature svolta in maniera autonoma senza ricorso a manodopera specializzata);
- caratteristiche dell'ambiente di lavoro: condizioni fisiche e strutturali non appropriate, spazi di esercizio e manovra non sufficienti;
- organizzazione del lavoro: molteplici variazioni nel tipo di lavorazione svolta nell'ambito della stessa giornata, ritmi di lavoro quasi sempre sostenuti (rischi condizionati dal calo di concentrazione dovuto alla stanchezza fisica, alla presenza di rumore e vibrazioni), ambiente di vita che in alcuni casi si confonde con quello di lavoro (coinvolgimento durante le lavorazioni di familiari privi dell'esperienza necessaria per l'esecuzione di talune lavorazioni) (foto 27);

Foto 27. Particolare di un minore nell'atto di azionare un macchinario.





- fattore umano: età, a volte avanzata degli operatori (carenza di riflessi), scarsa disponibilità di manodopera che spesso risulta non qualificata o poco professionale, con preparazione tecnica improvvisata e carente (avventizi, stagionali, pensionati, extracomunitari), imprudenza e sottovalutazione del rischio (confidenza eccessiva nei confronti delle attrezzature e disinvoltura che si ha nel "convivere" con esse).

A livello normativo il titolo III del D. Lgs. 81/2008 prevede per tutte le imprese che le attrezzature di lavoro messe a disposizione dei lavoratori debbano essere conformi alle specifiche disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle direttive comunitarie di prodotto.

La principale di queste è rappresentata dalla Direttiva Macchine 98/37 CE, sostituita ed abrogata dalla direttiva 2006/42 CE, che costituisce il più importante provvedimento disciplinante la sicurezza delle macchine in genere, nonchè dei componenti di sicurezza immessi separatamente sul mercato. La Direttiva Macchine è stata recepita dall'ordinamento legislativo italiano con il regolamento d'attuazione D.P.R. 459/96; essa si rivolge a chi fornisce materiali, a chi costruisce macchine e a chi le assembla, a chi vende le macchine ed a chi le utilizza, prevedendo i requisiti essenziali di sicurezza che devono possedere ed i componenti di sicurezza per poter circolare liberamente all'interno dei paesi dell'Unione Europea. Lo scopo è quello di creare le condizioni necessarie affinchè le industrie che operano nell'ambito della comunità europea possano realizzare prodotti rispondenti a *standard* di sicurezza per le persone e l'ambiente. Tale rispondenza è dimostrata dalla dichiarazione di conformità rilasciata dal costruttore che deve sempre accompagnare l'attrezzatura, dal manuale di uso e manutenzione e da eventuali allegati tecnici se previsti.

La macchina inoltre deve essere dotata degli opportuni pittogrammi di segnalazione e della targhetta di identificazione riportante la marcatura CE.

In base a ciò il datore di lavoro è obbligato sia a fornire attrezzature conformi ai requisiti di sicurezza ed adeguate al lavoro da svolgere, adottando idonee misure tecniche ed organizzative al fine di ridurre al minimo i rischi connessi al loro utilizzo e curando la tenuta e l'aggiornamento del registro di controllo delle attrezzature di lavoro per cui lo stesso è previsto, sia a fornire ai lavoratori incaricati dell'uso ogni necessaria informazione e istruzione in rapporto alla sicurezza relativamente alle condizioni di impiego delle attrezzature, considerando anche le prevedibili situazioni anormali.

Nel caso degli impianti di estrazione dell'olio di oliva, la generale tendenza rivolta verso il progressivo abbandono del sistema di estrazione tradizionale a favore dei sistemi continui, in grado di garantire una maggiore capacità operativa parallelamente ad una minore necessità di spazi e manodopera, ha determinato un avvicendamento di attrezzature datate a favore di moderni impianti certificati e rispondenti ai principali requisiti di sicurezza stabiliti dalla normativa vigente.

Dei nove frantoi esaminati infatti solo due utilizzavano il sistema tradizionale (frantoi 8, 9), mentre i restanti sette erano tutti muniti del sistema di estrazione continuo (frantoi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). In quest'ultimo caso tutti i titolari delle aziende disponevano della documentazione relativa a ciascuna macchina e le macchine erano tutte dotate della targa di identificazione CE e degli opportuni pittogrammi di segnalazione, ad eccezione del frantoio 3 e 6 (foto 28).

Foto 28. Particolare dei pittogrammi e della marcatura CE apposta sui macchinari.




STOP





Ancora una volta tuttavia gravi carenze relative alla sicurezza sono emerse dagli aspetti legati all'esecuzione del lavoro da parte dei dipendenti e degli stessi titolari delle aziende. A causa infatti di una eccessiva confidenza degli operatori durante le varie fasi di lavorazione ed una generale disinformazione sui possibili rischi per la salute è stato possibile osservare comportamenti potenzialmente a rischio di grave infortunio nella quasi totalità degli impianti. Questi sono riconducibili principalmente all'eccessivo avvicinamento degli arti superiori e del volto degli operatori alle parti delle singole macchine (defogliatore, lavatrice, gramole, decanter) mentre ancora erano in funzione, per la rimozione di eventuali materiali estranei o per la pulizia ed a una generale carenza di barriere o opportuna segnaletica necessaria ad impedire ai non addetti ai lavori l'accesso alle aree pericolose (foto 29).

Foto 29. Particolare di comportamenti potenzialmente rischiosi da parte degli operatori.









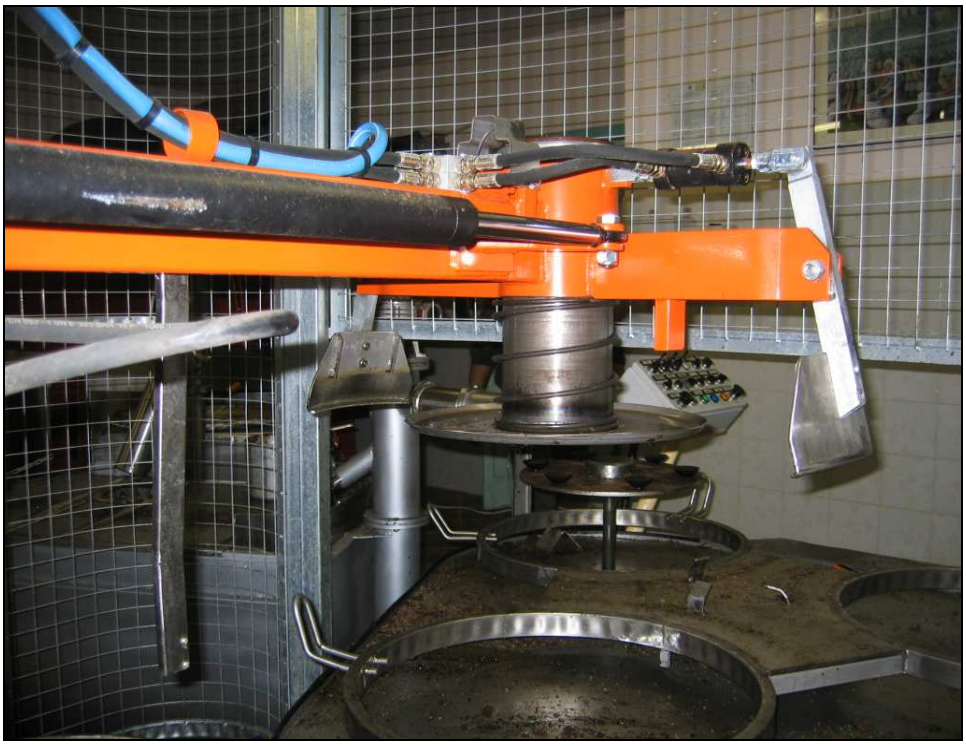


Per quanto riguarda i frantoi di tipo tradizionale è stato possibile evidenziare due situazioni diametralmente opposte. Il frantoio 8 infatti, caratterizzato da una maggiore capacità operativa, risultava di recente costituzione e presentava di conseguenza tutte le attrezzature in buono stato e supportate dall'apposita documentazione. La molazza risultava sufficientemente protetta dal libero accesso ed era dotata di opportune barriere che lo circondavano per tutta la sua circonferenza. Lo stesso valeva per la macchina impilatrice utilizzata per la creazione delle pile di fiscoli, le cui parti mobili erano opportunamente isolate in tutte le direzioni da una apposita grata metallica, con un'apertura in prossimità della postazione occupata dall'operatore, il quale gestiva il dosaggio della pasta di olive sui fiscoli attraverso un sistema completamente automatizzato. Nonostante ciò tuttavia è emersa una generale mancanza dei pittogrammi di sicurezza presenti sulle varie attrezzature (foto 30).

Foto 30. Frantoio “8”: generale assenza di pittogrammi apposti sui macchinari.









Una situazione opposta come già detto si è presentata nel caso del frantoi 9. Questo infatti è stato l'unico caso tra quelli esaminati in cui il titolare dell'azienda non aveva a pronta disposizione la documentazione relativa alle attrezzature utilizzate. Alcune macchine inoltre risultavano ormai obsolete e caratterizzate da un cattivo stato di manutenzione. È il caso della gramola, della molazza non sufficientemente protetta e della macchina impilatrice, priva di

qualunque barriera in grado di proteggere l'operatore dal contatto accidentale con le sue parti in movimento (foto 31).

Foto 31. Frantoio "9": generale assenza di protezioni dal contatto accidentale con i macchinari.







Anche nel caso dei frantoi tradizionali infine si è dimostrata insufficiente la segnaletica volta ad impedire l'accesso alle zone esposte a maggior pericolo da parte del personale non autorizzato, che veniva lasciato circolare liberamente all'interno dei frantoi, limitando in alcuni casi anche il movimento degli operatori durante lo svolgimento delle loro mansioni.
Una differente trattazione merita il rischio per gli operatori legato alla rumore prodotto dalle attrezzature all'interno dei vari impianti di estrazione. Tale aspetto verrà trattato approfonditamente attraverso l'analisi di tutti gli elementi in grado di contribuire attivamente su tale tipologia di rischio.

6.4. Carenza di segnaletica di sicurezza

Il D. Lgs. 81/2008, con la totalità del Titolo V e con 9 Allegati specifici (dal XXIV al XXXII), rafforza l'obbligo di informazione attraverso l'impiego di apposita "segnaletica di sicurezza".
Per "segnaletica di sicurezza" si intende una modalità comunicativa che fornisca un'indicazione immediatamente percepibile in merito alla sicurezza, in tutti quei casi in cui non è stato possibile adottare misure, metodi, sistemi di organizzazione del lavoro o mezzi di protezione collettiva, tali da evitare o contenere i rischi. Rappresenta quindi l'ultimo strumento per informare e tutelare i lavoratori e chiunque si trovi anche casualmente o per poco tempo sul luogo di lavoro. Al fine di raggiungere l'obiettivo nel modo più efficace possibile, si utilizzano, a seconda dei casi, un cartello, un colore, un segnale luminoso o acustico, una comunicazione verbale, un segnale gestuale o un insieme di quanto indicato. La segnaletica di sicurezza è quindi fondamentale nei casi in cui occorre:

- avvertire di un rischio o di un pericolo;
- vietare comportamenti che potrebbero causare pericolo;
- prescrivere comportamenti idonei ai fini della sicurezza;
- fornire indicazioni relative alle uscite di sicurezza e/o ai mezzi di soccorso o di salvataggio e/o ai sistemi e dispositivi di gestione delle emergenze;
- fornire ogni altra indicazione finalizzata al rispetto di prescrizioni e alla tutela dell'integrità di persone o cose.

L'omissione della segnaletica può infatti indurre l'operatore alla disattenzione ed a sottovalutare i pericoli, provocando infortuni altrimenti evitabili. Inoltre, in assenza di segnaletica adeguata possono verificarsi carenze informative sul comportamento da tenere da parte di persone esterne all'azienda (visitatori), che non siano a conoscenza delle procedure e del normale funzionamento aziendale.

I colori, come già sottolineato, rivestono una notevole importanza nel riconoscere il messaggio del segnale:

- il rosso segnala generalmente un messaggio di divieto ed arresto come nel caso di divieto di passaggio, divieto di fumare. È inoltre tipico della segnaletica relativa alle attrezzature antincendio;
- il verde segnala situazioni in cui ci si può ritenere al sicuro, come nel caso di segnalazione delle uscite e dei passaggi di sicurezza. Indica inoltre il pronto soccorso ed i dispositivi di salvataggio;
- il giallo segnala situazioni in cui occorre fare attenzione per presenza di pericoli generici e specifici come nel caso di incendio, esplosione, radioattività, dispersione di sostanze chimiche;
- l'azzurro segnala prescrizioni particolari, come nel caso di dispositivi di protezione individuale da indossare ed informazioni che si è tenuti a conoscere.

Nell'installazione della cartellonistica nel centro aziendale e nelle aree ad esso circostanti, è opportuno tenere conto delle necessità di visibilità (dimensione idonea), leggibilità (dimensione e colori dei caratteri) e posizionamento (collocamento dietro agli ostacoli) e seguire delle indicazioni comportamentali che risultino fondamentali per far sì che la segnaletica eserciti appieno il suo ruolo di avvertimento. In particolare è necessario:

- valutare con cura il processo produttivo e le situazioni operative o casuali che potrebbero necessitare di segnalazioni apposite;
- preferire un'abbondanza di cartellonistica piuttosto che la carenza, facendo tuttavia attenzione ad evitare di disporre un numero eccessivo di cartelli troppo vicini gli uni agli altri;
- scegliere punti ben visibili ove sistemare le segnalazioni;
- utilizzare materiale il più possibile resistente (ad urti, intemperie);
- evitare che la segnaletica venga casualmente o inopportunamente coperta;
- mantenere aggiornata la segnaletica, anche in relazione alle modifiche del ciclo produttivo;
- sostituire la segnaletica danneggiata o rimossa;
- informare e formare i lavoratori, le squadre di emergenza e i rappresentanti per la sicurezza;
- non utilizzare segnalazioni improprie, incomplete, inesatte o fuorvianti;
- non tollerare una prolungata inosservanza delle indicazioni segnalate.

L’analisi di questo aspetto della sicurezza in relazione ai frantoi oggetto di indagine ha fatto emergere un quadro generale abbastanza eterogeneo, ma comunque in grado di evidenziare come i titolari delle aziende attribuissero un generale differente livello di importanza alle differenti tipologie di segnali di sicurezza da utilizzare sia all’interno che all’esterno del centro aziendale.

In tutte le strutture infatti la segnaletica di sicurezza relativa alla circolazione stradale dei mezzi nelle aree esterne ai frantoi risultava per lo più assente. Anche i segnali di divieto, i cartelli di salvataggio (verdi) e di prescrizione (azzurri) si sono dimostrati nella generalità dei casi scarsamente presenti e caratterizzati da dimensioni e posizionamento poco adatti per esercitare appieno il loro compito.

La segnaletica relativa all’identificazione delle attrezzature anti incendio si è rivelata al contrario sufficiente, con cartelli posizionati in posizioni visibili e non ostacolati da barriere in grado di ridurre la loro visibilità.

Una situazione differente è stata verificata nel caso degli adesivi relativi alla sicurezza (pittogrammi) apposti sulle attrezzature utilizzate nelle aziende. Come già descritto infatti, nella maggioranza dei casi, tutte le varie macchine che componevano gli impianti di estrazione erano dotate di un numero sufficiente di segnali di avvertimento, posizionati in modo visibile e facilmente distinguibili gli uni dagli altri. Ciò si è soprattutto verificato nel caso degli impianti più moderni dotati delle attrezzature più recenti. In molti casi la segnaletica apposta sulle macchine derivava direttamente dalla casa costruttrice delle macchine stesse, più che da un esplicita azione da parte dei titolari delle aziende.

Traendo delle conclusioni quindi è possibile affermare come, almeno nel caso delle realtà aziendali esaminate, l’aspetto relativo all’impiego dell’opportuna segnaletica di sicurezza risulti molto trascurato, richiedendo un’energica azione di formazione ed informazione relativa alla sua importanza sia per gli operatori che per i titolari delle aziende.

6.5. Movimentazione manuale dei carichi

Si tratta di uno dei rischi derivanti dal tipo di organizzazione del lavoro all’interno delle aziende che per lungo tempo è stato sottovalutato da parte dei datori di lavoro e sopratutto dagli stessi dipendenti, i quali a causa dei non immediati effetti sulla salute che tale aspetto può avere si trovano spesso a trascurare il problema.

Con il termine “movimentazione manuale dei carichi” si intende l’insieme delle operazioni di trasporto o di sostegno di un carico che, per le sue caratteristiche o in conseguenza di condizioni ergonomiche sfavorevoli, possono comportare rischi di patologie di sovraccarico

biomeccanico, anche dorso – lombari. Si tratta nello specifico di azioni di sollevamento, spinta, spostamento laterale, deposizione, trazione, che nel corso della loro attività quotidiana gli operatori, in funzione del tipo di lavoro da svolgere e dai mezzi messi a disposizione per facilitare le operazioni, si trovano spesso a dover sostenere anche per un periodo di tempo prolungato [D. Lgs. 81/2008].

Il rischio da movimentazione manuale dei carichi si presenta ogni qual volta occorra movimentare manualmente un carico caratterizzato da:

- un peso eccessivo;
- essere ingombrante o difficile da afferrare;
- un equilibrio instabile o il cui contenuto rischia di spostarsi;
- essere collocato in una posizione tale per cui deve essere tenuto o maneggiato ad una certa distanza dal tronco o con una torsione o inclinazione del tronco.

Accanto alle caratteristiche proprie del carico movimentato concorrono inoltre altri fattori legati principalmente alle caratteristiche dell'ambiente di lavoro, che se sfavorevoli (spazio libero insufficiente per lo svolgimento dell'attività richiesta, pavimento dotato di anomalie in grado di favorire il rischio di inciampo o scivolamento) possono incrementare la possibilità di rischio. Non vanno sottovalutati altri fattori specifici connessi al tipo di lavoro svolto: ritmo di lavoro che può determinare il verificarsi di sforzi frequenti o troppo prolungati, caratterizzati da un periodo di riposo fisiologico o di recupero insufficiente.

Il D. Lgs. 81/2008 al titolo VI (art. 167, 168, 169) disciplina l'attività lavorativa comportante la movimentazione manuale di carichi e stabilisce gli obblighi per il datore di lavoro (valutazione del rischio, sorveglianza sanitaria, formazione ed informazione), fornendo gli elementi di riferimento per l'identificazione del rischio (Allegato XXXIII).

Se in seguito alla valutazione non risultasse possibile eliminare la movimentazione manuale dei carichi, il datore di lavoro dovrebbe comunque adottare una serie di misure organizzative volte a ridurre il rischio che tale movimentazione comporta (alternare alla mansione più addetti, riducendo i percorsi che l'operatore deve seguire movimentando il carico, ricorrere all'ausilio delle attrezzature meccaniche, fornire ai lavoratori gli adeguati D.P.I.) o, nel caso in cui siano tecnicamente non attuabili questi sistemi, realizzare interventi informativi/formativi per istruire il personale sulle modalità di effettuazione delle operazioni manuali in sicurezza, fornendo informazioni ai lavoratori, in particolare per quanto riguarda:

- il peso di un carico;
- la movimentazione corretta dei carichi e i rischi che i lavoratori corrono se queste attività non vengono eseguite in maniera corretta;

- operare tramite interventi di tipo preventivo, quali il controllo sanitario degli operatori esposti, specie nei soggetti predisposti.

Il rischio legato alla movimentazione manuale dei carichi nel settore agro – industriale legato alla produzione dell'olio di oliva risulta principalmente legato alla fase di conferimento del prodotto, durante la quale l'operatore sposta le olive generalmente contenute all'interno di cassette o sacchi nelle aree di lavorazione destinate alla pesatura del prodotto ed all'inizio del ciclo di lavorazione. Nel caso dei frantoi caratterizzati da un sistema di estrazione discontinuo inoltre il rischio si presenta anche durante la fase di estrazione, vista la necessità di trasportare il carrello contenete la pila di fiscoli nelle aree dove avviene la successiva pressatura.

In passato tutta la fase di conferimento del prodotto veniva eseguita quasi esclusivamente attraverso operazioni di tipo manuale, a causa principalmente della ridotta capacità operativa degli impianti di estrazione di tipo tradizionale, nei quali per garantire il rifornimento del giusto quantitativo di olive da avviare alla lavorazione si dimostrava generalmente sufficiente l'attività di un solo operatore. Con il progressivo abbandono del metodo tradizionale a favore dei sistemi di estrazione di tipo continuo tuttavia si è assistito ad un cambiamento di tendenza. L'introduzione dei sistemi di separazione centrifuga al posto di quelli per pressione ha di fatto eliminato totalmente la necessità di creare le pile da sottoporre a pressatura e di conseguenza la necessità di spostare da un punto all'altro del frantoi il pesante carico costituito dalla foratina e dai fiscoli.

La maggiore capacità operativa dei moderni impianti inoltre richiede il continuo avvio alla lavorazione di sempre maggiori quantitativi di olive, a tal punto da non rendere più sufficiente il solo lavoro manuale eseguito da uno o più operatori. Ciò ha determinato di conseguenza la graduale introduzione all'interno del ciclo di lavorazione dei frantoi di sistemi meccanizzati per la gestione del prodotto in entrata, con il conseguente abbandono del lavoro manuale e la riduzione del rischio di infortunio legato alla movimentazione manuale dei carichi.

Nel caso degli impianti analizzati cinque frantoi su nove si servivano di ausili di tipo meccanico per gestire la fase di conferimento del prodotto (carrello elevatore semovente, carrello elevatore ad asse azionato manualmente) (frantoi 1, 2, 3, 4, 7), mentre i restanti 4 di cui due a ciclo continuo (frantoi 5, 6) e due tradizionali (frantoi 8, 9) facevano ancora ricorso al lavoro manuale non supportato da alcun tipo di ausilio meccanico, esponendo di conseguenza gli operatori al rischio legato alla movimentazione manuale dei carichi.

In questi ultimi casi è emersa da parte dei titolari delle aziende una generale disinformazione legata a tale aspetto. Lo stesso è valso per gli operatori direttamente interessati, che adottavano in alcuni casi comportamenti in grado di incrementare il rischio di infortunio:

trasportando a mano carichi troppo pesanti, solo per mettere in mostra le proprie forze, oppure movimentando contenitori impilati, in grado di ostruire la visuale del percorso e ridurre la stabilità (foto 32).

Foto 32. Frantoio “5, 6, 9, 8”: movimentazione manuale dei carichi da parte degli operatori.










RAPANELLI
5


RAPANELLI
5
RAPANELLI
4
RAPANELLI
3
2

6.6. Nuovi rischi lavorativi emergenti

Le innovazioni apportate alla progettazione, all'organizzazione ed alla gestione del lavoro possono creare nuovi ambiti di rischio per i lavoratori. Gli ambienti di lavoro sono spesso caratterizzati da rapidi cambiamenti, sotto l'influenza delle nuove tecnologie introdotte, di nuovi materiali, di nuovi processi di lavoro e non ultimo da trasformazioni socio economiche e demografiche, quali:

- forza lavoro che invecchia;
- incremento di forza lavoro femminile;
- crescente ricorso all'impiego di forza lavoro costituita da lavoratori extracomunitari (legali e clandestini);
- forza lavoro impiegata frequentemente per lavori temporanei ed a tempo parziale.

La strategia e la pratica in materia di sicurezza e salute sul lavoro necessitano pertanto di un adeguamento all'evoluzione dei rischi emergenti di natura psicosociale, legati al modo in cui il lavoro è ideato, organizzato e gestito, poichè questi, sottoponendo i lavoratori ad elevati livelli di *stress*, potrebbero nel lungo periodo determinare il deterioramento della salute mentale e fisica dei lavoratori. Secondo l'Osservatorio Europeo dei Rischi istituito dall'EU – OSHA "*European Agency for Safety and Health at Work*" (Agenzia Europea per la Sicurezza e la Salute sul Lavoro), la definizione operativa di rischio emergente è: qualsiasi rischio professionale che possa essere considerato nuovo e in aumento, intendendo per nuovo:

- un rischio che non esisteva prima, causato ad esempio da nuovi processi, nuove tecnologie, nuovi tipi di luoghi di lavoro, o da trasformazioni sociali o organizzative;
- un rischio conosciuto, ma identificato solo recentemente come rischio in seguito ad un cambiamento della percezione sociale o pubblica;
- un rischio pre – esistente, ma identificato solo di recente grazie a nuove conoscenze scientifiche.

Un rischio inoltre è considerato in aumento se l'esposizione ad esso è in aumento (livello di esposizione, numero di persone esposte) ed inoltre se l'effetto del pericolo sulla salute dei lavoratori sta peggiorando (gravità degli effetti per la salute e/o aumento del numero di persone interessate). L'Osservatorio Europeo dei Rischi ha condotto studi specializzati per analizzare in profondità i principali rischi emergenti identificando cinque gruppi principali:

1. rischi derivanti da nuove forme di contratti di lavoro e insicurezza del posto di lavoro: la maggiore diffusione di contratti di lavoro precari, insieme alla tendenza verso una produzione snella (produzione di beni e servizi eliminando gli sprechi) può incidere sulla salute e sicurezza dei lavoratori, in quanto questi ultimi lavorando con contratti

temporanei ed in mercati di lavoro instabili, tendono a ricevere meno formazione in materia di salute e sicurezza sul lavoro;

2. rischi legati ad un generale invecchiamento della forza lavoro: gli esperti sostengono che i lavoratori che invecchiano sono più vulnerabili ai pericoli derivanti da condizioni lavorative peggiori rispetto ai dipendenti più giovani. Il fatto di non offrire ai lavoratori che invecchiano opportunità di formazione permanente, aumenta la pressione mentale ed emotiva su di loro; ciò può incidere sulla loro salute e aumentare la probabilità di infortuni sul lavoro;
3. rischi derivanti dall'intensificazione del lavoro: molti lavoratori gestiscono quantità di informazioni sempre maggiori e devono far fronte a volumi di lavoro più elevati ed a una maggiore pressione. In particolare, i lavoratori che sono impiegati in nuove forme di occupazione o in settori altamente competitivi, tendono a sentirsi meno sicuri, temendo che la loro efficienza e il loro rendimento vengano valutati con maggior rigore, e quindi tendono a lavorare per più ore per portare a termine i loro compiti. Talvolta non sono ricompensati per il maggior volume di lavoro che svolgono, oppure non ricevono il sostegno sociale necessario per portarlo a termine; tutto ciò può aumentare lo *stress* legato al lavoro e incidere sulla salute e sicurezza degli stessi;
4. rischi collegati all'elevato coinvolgimento emotivo sul lavoro: questo problema non è nuovo, ma in aumento e suscita grande preoccupazione soprattutto nei settori in crescita e sempre più concorrenziali. Le molestie sul luogo di lavoro sono considerate dagli esperti un fattore che contribuisce ad accrescere le pressioni emotive esercitate sui lavoratori. Il problema della violenza e del bullismo può riguardare tutti i tipi di impiego in tutti i settori; sia per le vittime che per i testimoni, la violenza e il bullismo provocano *stress* e possono compromettere gravemente la salute sia mentale che fisica;
5. rischi collegati ad uno scarso equilibrio fra vita e lavoro: i problemi sul lavoro possono riversarsi sulla vita privata di una persona; il lavoro informale e incerto, elevati volumi di lavoro ed orari di lavoro variabili o imprevedibili, soprattutto quando non c'è la possibilità per il dipendente di adeguarli alle proprie esigenze personali, possono generare un conflitto fra le esigenze di lavoro e la vita privata.

Al fine di poter analizzare gli aspetti legati ai rischi emergenti sopra descritti in relazione ad uno specifico settore da un punto di vista quantitativo, come ad esempio quello legato ai lavoratori operanti nel settore della produzione di olio di oliva è necessario disporre di una serie di strumenti analitici, in mancanza dei quali risulta possibile solo valutare il problema in

modo soggettivo. Da qui pertanto deriva l'importanza di affiancare allo studio ed all'analisi di tale fenomeno, il perfezionamento di una metodologia di indagine per l'identificazione dei rischi emergenti, in grado di adattarsi di volta in volta alle differenti tipologie di lavoro esistenti. Tale metodologia, in via di perfezionamento da parte dell'EU – OSHA, richiede necessariamente la raccolta sistematica di informazioni, elaborate in base al contesto di appartenenza al fine di identificare rischi nuovi ed emergenti.

La raccolta di informazioni può essere realizzata attraverso la messa a punto di appositi questionari da sottoporre alle varie figure professionali delle aziende esaminate (dirigenti, rappresentanti della salute e sicurezza dei lavoratori) al fine di comprendere come vengono gestiti i rischi relativi alla salute e alla sicurezza nel loro luogo di lavoro. Essendo l'indagine svolta a livello europeo, essa fornisce ai responsabili politici informazioni comparabili fra diversi paesi, importanti per l'elaborazione e l'attuazione di nuove politiche, volte ad identificare azioni preventive complete e mirate, che si concentrino sulle questioni chiave.

La partecipazione diretta dei lavoratori all'indagine rappresenta un aspetto di fondamentale importanza per una corretta identificazione dei rischi. Grazie al metodo delle interviste dirette infatti i risultati descrivono un quadro veritiero e completo della natura e dell'entità della partecipazione dei lavoratori nella gestione della sicurezza sul luogo di lavoro, fattore determinante per il successo dell'attuazione di misure preventive. Di conseguenza le imprese potranno utilizzare i questionari realizzati direttamente a livello di luogo di lavoro per stabilire un punto di riferimento e comparare le loro pratiche di gestione della sicurezza con quelle messe in atto presso altre imprese.

L'indagine fornirà quindi dati comparabili, grazie ai quali sarà possibile condurre analisi migliori basate, ad esempio, sugli approcci relativi alla prevenzione, gli atteggiamenti nei confronti di sicurezza e salute o la partecipazione dei lavoratori in tutta Europa, per settore produttivo o classe di dimensione delle aziende.

CAPITOLO 7. – Rischi derivanti da agenti fisici (microclima, rumore)

Il Titolo VIII del D. Lgs. 81/08 (art. 180 a 220) tratta nella sua totalità il problema degli agenti fisici, identificati come il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche di origine artificiale, il microclima e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.
Nel caso dei frantoi oleari il microclima ed il rumore, per la natura delle lavorazioni eseguite e per i macchinari utilizzati durante il processo di trasformazione rappresentano probabilmente una delle principali fonti di rischio da agente fisico per i lavoratori, causa potenziale di condizioni di *discomfort* ed in alcuni casi in grado di compromettere le stesse condizioni di operatività e sicurezza per gli addetti.
Vista la loro importanza questi due aspetti verranno analizzati in modo approfondito nella parte successiva dell'elaborato attraverso una dettagliata trattazione.

7.1. Il microclima

La prevenzione degli infortuni per i lavoratori, legata ai mezzi impiegati ed al particolare lavoro svolto, molto spesso costituisce l'unico aspetto di cui si tiene conto nell'analisi dei rischi cui sono soggetti i lavoratori durante lo svolgimento della loro attività. Un corretto approccio alla sicurezza richiede tuttavia anche la valutazione delle condizioni di *comfort* e di benessere per i lavoratori sul luogo di lavoro. Al riguardo molto importante è il microclima, cioè il complesso dei parametri fisico – ambientali che caratterizzano l'ambiente (non necessariamente confinato) e che, insieme a parametri individuali quali l'attività metabolica e l'abbigliamento indossato, determinano gli scambi termici fra l'ambiente stesso e gli individui che vi operano [ISPESL, 2006].
Un microclima confortevole è quello che suscita nella maggioranza degli individui presenti in un determinato luogo una sensazione di soddisfazione per l'ambiente, da un punto di vista termo –igrometrico, convenzionalmente identificata col termine "benessere termo – igrometrico", ma anche per brevità come "benessere termico" o semplicemente "benessere" o "*comfort*".
Il *comfort* globale è intimamente legato al mantenimento della neutralità termica del corpo umano attraverso una fisiologica risposta del sistema di termoregolazione. Quest'ultimo ha il compito di mantenere la temperatura del nucleo corporeo costante o comunque di contenerne le oscillazioni entro un intervallo molto ristretto, compatibile con l'espletamento ottimale delle funzioni vitali.

Il *discomfort* locale è invece legato ad una limitazione degli scambi termici localizzati in specifiche aree superficiali del corpo umano. La situazione ottimale si raggiunge annullando ogni possibile causa che possa indurre nel soggetto sensazioni di *discomfort*.

Appare quindi evidente come un appropriato microclima rappresenti una condizione indispensabile per il raggiungimento di uno stato di piena soddisfazione nei confronti del luogo di lavoro e di conseguenza per l'ottenimento di una maggiore produttività [Di Berardinis, 1999] [Salvendy, 1997].

Tale aspetto assume inoltre una doppia valenza quando ad essere presi in considerazione sono gli ambienti di lavoro tipici del settore agricolo ed agroindustriale, dove il raggiungimento del sopracitato "benessere termico" risulta di più complessa realizzazione. In questi casi infatti i lavoratori si trovano spesso ad agire all'aperto, in condizioni di temperatura molto elevata (serre) o molto bassa (celle frigorifere), o più generalmente in situazioni in cui i parametri climatici devono essere contenuti all'interno di particolari *range*, al fine di garantire ai prodotti determinati *standards* di preparazione, maturazione e conservazione.

Proprio da questi aspetti emerge l'importanza di considerare, nell'ambito dell'analisi dei rischi per la salute degli operatori nell'ambiente di lavoro, anche l'aspetto legato al rischio da microclima, così da poter disporre di un ulteriore elemento di valutazione sia per la realizzazione di nuovi ambienti di lavoro e dei relativi impianti, sia per la bonifica di quelli esistenti e per una corretta organizzazione del lavoro [Monarca, 2005].

7.1.1. Fisiologia della termoregolazione

Il corpo umano può essere considerato come un sistema complesso in grado di sviluppare energia termica al suo interno attraverso la trasformazione dell'energia contenuta negli alimenti e di scambiare tale energia prodotta con l'ambiente circostante. Tale sistema opera in modo ottimale quando la temperatura del suo nucleo viene mantenuta entro un ristretto intervallo di variabilità. Il mantenimento dell'omeotermia (costanza della temperatura corporea), necessaria allo svolgimento delle reazioni chimiche fisiologiche del corpo umano, è diretto non solo a garantire condizioni di benessere psico – fisico, ma anche ad evitare l'insorgenza di problemi per la salute dei lavoratori.

In generale la temperatura orale o rettale viene considerata rappresentativa di quella interna (o del cosiddetto nucleo), mentre quella cutanea media è utilizzata come rappresentativa di quella della superficie corporea. Si considerano "normali" i valori di temperatura orale compresi fra 35,8 °C e 37,2 °C, la temperatura rettale è circa 0,25 – 0,50 °C più elevata di quella orale.

Mentre per la temperatura del rivestimento esterno del corpo (epidermide, tessuto sottocutaneo e adiposo) sono fisiologicamente tollerabili anche variazioni di 4 – 5 °C, la variazione della temperatura del nucleo non può superare 1 – 2 °C. Tale intervallo di variabilità è di notevole importanza biologica: variazioni anche modeste provocano disagio e malessere, mentre variazioni più importanti possono determinare condizioni di *stress* termico che possono comportare l'insorgenza di vere e proprie patologie.

Il bilancio di energia termica del corpo umano è garantito da un sistema di termoregolazione governato dall'ipotalamo, il quale mantiene costante la temperatura del nucleo attraverso dei meccanismi nervosi a *feedback* (retroazione). Ogni variazione di temperatura del nucleo corporeo viene segnalata a tale centro da parte di recettori termici centrali e periferici situati a livello della cute e di organi profondi quali il midollo spinale, gli organi addominali e le grosse vene ed in seguito a questa segnalazione vengono attivati i vari stimoli di regolazione termica (vasomotori, sudoripari e metabolici). La circolazione del sangue svolge un importante compito nei processi di termoregolazione, in quanto provvede al trasporto ed alla distribuzione del calore regolandone gli scambi attraverso la cute mediante fenomeni di vasodilatazione e vasocostrizione. La cessione di energia termica può aumentare fino ad 8 volte quando i vasi cutanei passano dallo stato di massima vasocostrizione a quello di completa vasodilatazione.

La termodispersione verso l'esterno in ambienti moderati avviene prevalentemente attraverso la cute, in piccola parte attraverso la respirazione e in minima parte attraverso gli escreti. I meccanismi mediante i quali avvengono gli scambi termici sono quelli di conduzione, convezione, irraggiamento ed evaporazione, i quali sono in stretto rapporto con i parametri microclimatici ambientali. Negli ambienti moderati o freddi l'energia termica viene ceduta principalmente mediante l'irraggiamento, la convezione e l'evaporazione. Negli ambienti caldi al contrario, il corpo assorbe calore; in quest'ultima condizione l'evaporazione del sudore rappresenta il meccanismo fisiologico più efficace per il mantenimento della omeotermia, potendosi disperdere circa 2.430 kJ (580 kcal) per litro di sudore evaporato. Quanto maggiore è l'umidità relativa ambientale, tanto minore è l'evaporazione; tanto più elevata è la velocità dell'aria tanto più l'evaporazione del sudore è favorita.

Qualora invece la temperatura del nucleo corporeo tenda a diventare troppo bassa, oltre a ricorrere ai sistemi di termoregolazione volontaria (che principalmente coinvolgono vestiario e movimenti), il corpo umano riduce la cessione di calore principalmente tramite la vasocostrizione periferica, elemento che si traduce in un minor apporto di sangue, soprattutto a livello degli arti ed in una riduzione di trasporto di calore alla superficie cutanea e da qui

all'ambiente esterno. Qualora ciò non fosse sufficiente, si ha l'attivazione involontaria di gruppi muscolari (meccanismo dei brividi) che permettono la produzione di calore al fine di ottenere l'aumento della temperatura del nucleo corporeo. Ripetute e frequenti esposizioni al freddo conducono anche ad un aumento della produzione di calore attraverso la cosiddetta "termogenesi chimica", mediata dalla produzione di alcuni ormoni (tiroxina, adrenalina, noradrenalina), che si traduce in un aumento del metabolismo basale.

Tanto per gli ambienti che tendono al caldo quanto per quelli che tendono al freddo, l'acclimatazione controllata (che consiste in una serie di esposizioni di durata variabile e progressiva in ambiente sempre più sfavorevole e con lavoro muscolare più impegnativo), è uno dei metodi utilizzabili per la prevenzione dei rischi. Va comunque ricordato che l'acclimatazione viene persa nel giro di pochi giorni se ci si allontana dall'ambiente termico che l'aveva determinata.

È infine importante notare come i processi fisiologici di adattamento siano tanto meno rapidi, quanto più ci si allontana da condizioni termo – igrometriche ottimali. Quando ciò accade la condizione di omeotermia può essere mantenuta solo in seguito ad un forte impegno da parte dell'organismo, elemento che come conseguenza può causare importanti variazioni delle attività psicosensoriali e psicomotorie, quali affaticamento ed abbassamento del livello di attenzione, elementi che interferendo con l'attività lavorativa svolta, costituiscono una sicura concausa nell'incremento della frequenza degli infortuni nei luoghi di lavoro [ISPESL, 2006].

7.1.2. Equazione di bilancio termico

Da quanto detto si può facilmente comprendere quanto risulti complesso realizzare una corretta valutazione dello stato di *comfort* termico caratterizzante una serie di individui che si trovano a svolgere una qualsiasi attività lavorativa. Accanto infatti ai parametri climatici tipici dell'ambiente che si va ad analizzare (temperatura, umidità, velocità dell'aria), va necessariamente considerato anche il tipo di reazione che il corpo umano ha nelle diverse condizioni che si vengono a verificare, elemento questo che dipende da reazioni di tipo metabolico completamente soggettive e di conseguenza che possono presentare una notevole variabilità da un individuo ad un altro.

La normativa tecnica vigente tuttavia, così come avviene per molti altri fattori di rischio fisico e chimico, propone una metodologia per la valutazione del *comfort* microclimatico basata su una serie di valori detti indicatori sintetici di qualità (indici di rischio), che condensano in un numero minimo di valori numerici tutta l'informazione necessaria alla formulazione di un giudizio di accettabilità o inaccettabilità di un ambiente termico. Si tratta pertanto di elementi

utili sia in fase di valutazione di una situazione esistente, sia in fase di progettazione, qualora siano disponibili informazioni sulla destinazione d'uso degli ambienti e dunque sul tipo di attività lavorativa che vi verrà svolta.

L'equazione che descrive il bilancio termico del corpo umano in termini di energia per unità di tempo (*J*), esplicitata secondo la metodologia sviluppata da Fanger è indicata da:

$$S = H - R - C - K - E_d - E_{SW} - E_{re} - L$$

In cui:

H = produzione di calore all'interno del corpo umano;

R = perdita di calore per radiazione dalla superficie esterna del corpo vestito;

C = perdita di calore per convezione dalla superficie esterna del corpo vestito;

K = trasferimento di calore dalla pelle alla superficie esterna del corpo vestito (conduzione attraverso il vestiario);

E_d = perdita di calore con diffusione di vapore acqueo attraverso la pelle;

E_{SW} = perdita di calore con l'evaporazione di sudore dalla superficie della pelle;

E_{re} = perdita di calore latente con la respirazione;

L = perdita di calore con la respirazione secca.

Ciascuno dei termini presenti nell'equazione risulta funzione di una o più delle quantità fisiche che caratterizzano l'ambiente da un punto di vista termoigrometrico, nonchè da una o più quantità riconducibili al singolo individuo (tipo di lavoro svolto, abbigliamento, acclimatamento, allenamento, alimentazione, dimensione corporea, temperatura cutanea). In prima approssimazione tuttavia tali termini possono essere espressi complessivamente in funzione di soltanto sei parametri, di cui quattro sono quantità fisiche e vengono identificate come parametri ambientali e due risultano descrittori di specifiche caratteristiche dell'individuo e sono identificati come parametri individuali (tabella 22).

Tabella 22. Parametri ambientali ed individuali che caratterizzano il rapporto individuo – ambiente.

	Indice	Simbolo	Unità di misura
Parametri ambientali	Temperatura dell'aria	t_a	°C
	Temperatura media radiante	t_{mrt}	°C
	Pressione di vapore nell'aria	p_a	PA
	Velocità dell'aria	v	$m \cdot s^{-1}$
Parametri individuali	Metabolismo energetico per unità di superficie del corpo	M/A_{Du}	$W \cdot m^2$
	Resistenza termica dell'abbigliamento indossato	I_{cl}	$m^2 \cdot °C \cdot W^1$

Il benessere termico del corpo umano viene realizzato in corrispondenza di condizioni ambientali, di metabolismo energetico e di resistenza termica del vestiario indossato, per le quali il bilancio termico del corpo risulta uguale a zero (S = 0), senza ricorrere a meccanismi di termoregolazione. Qualora invece si riscontri un notevole sforzo da parte dei suddetti meccanismi (notevole produzione di sudore) si hanno condizioni microclimatiche di equilibrio, ma non di benessere. Nel caso infine, nonostante l'intervento dei meccanismi di termoregolazione non si riesca ad azzerare il bilancio termico del corpo, allora si è di fronte a condizioni di disequilibrio e più precisamente: se S > 0 la potenza termica in ingresso è maggiore di quella in uscita, con conseguente sensazione di caldo, se S < 0 al contrario, la potenza termica in ingresso è minore di quella in uscita, con conseguente sensazione di freddo [Monarca, 2005].

7.1.3. Tipologie di microclima

A livello internazionale la normativa tecnica di riferimento per il microclima è rappresentata dagli *standards* ISO, recepiti dal CEN come norme EN e nel nostro Paese dal'UNI (tabella 23).

Tabella 23. Norme tecniche di riferimento microclima.

Valutazione del microclima	UNI EN ISO 7730:2006	Microclimi moderati
	UNI EN 27243:1996	Microclimi severi caldi
	UNI EN ISO 11079:2008	Microclimi severi freddi
Strumenti e metodi di misura	UNI EN ISO 7726:2002	Parametri ambientali
	UNI EN ISO 8996:2005	Metabolismo
	UNI EN ISO 9920:2009	Resistenza termica del vestiario

Secondo tale normativa gli ambienti microclimatici possono essere suddivisi in tre categorie principali: microclimi moderati, microclimi severi caldi, microclimi severi freddi.

Gli ambienti caratterizzati da un microclima moderato sono tutti i luoghi in cui la condizione di omeotermia del corpo umano è raggiunta tramite un moderato intervento dei meccanismi di termoregolazione. Si tratta in pratica di luoghi in cui le condizioni ambientali risultano pressochè omogenee e costanti nel tempo e nei quali il lavoro svolto richiede un'attività fisica leggera a carico di tutti i lavoratori.

In ambienti moderati quindi non esistono pericoli per la salute dell'individuo e gli indici sintetici di rischio mirano esclusivamente alla quantificazione del grado di *comfort* o *discomfort*. In questi casi la UNI EN ISO 7730:2006 indica una metodologia in grado di rendere oggettiva la sensazione di per sè soggettiva di *discomfort*, manifestata dalla maggior

parte dei soggetti che operano in quegli ambienti. Il metodo prevede l'introduzione di un particolare indice denominato PMV, acronimo di *Predicted Mean Vote* (voto medio previsto) che esprime il giudizio medio di qualità termica relativo alle condizioni microclimatiche in esame, espresso in una scala di sensazione termica a 7 punti. In questo modo si riesce a valutare rapidamente che tipo di percezione termica gli individui hanno rispetto all'ambiente in cui si trovano (tabella 24).

Tabella 24. Scala psicofisica ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Condiitoning Engineeres INC.*) [ASHRAE, 1994].

Giudizio	Scala termica
Molto freddo	- 3
Freddo	- 2
Leggermente freddo	-1
Neutrale	0
Leggermente caldo	+ 1
Caldo	+ 2
Molto caldo	+ 3

Il PMV risulta legato ad S da:

$$\mathrm{PMV} = (0{,}352 \cdot e^{-0{,}042 \cdot \mathrm{M}/\mathrm{A_{DU}}} + 0{,}032) \cdot \mathrm{S}$$

pertanto per S = 0 si ottiene PMV = 0, mentre valori negativi o positivi del PMV indicano rispettivamente una tendenza al raffreddamento o al riscaldamento corporeo [Fanger, 1970].

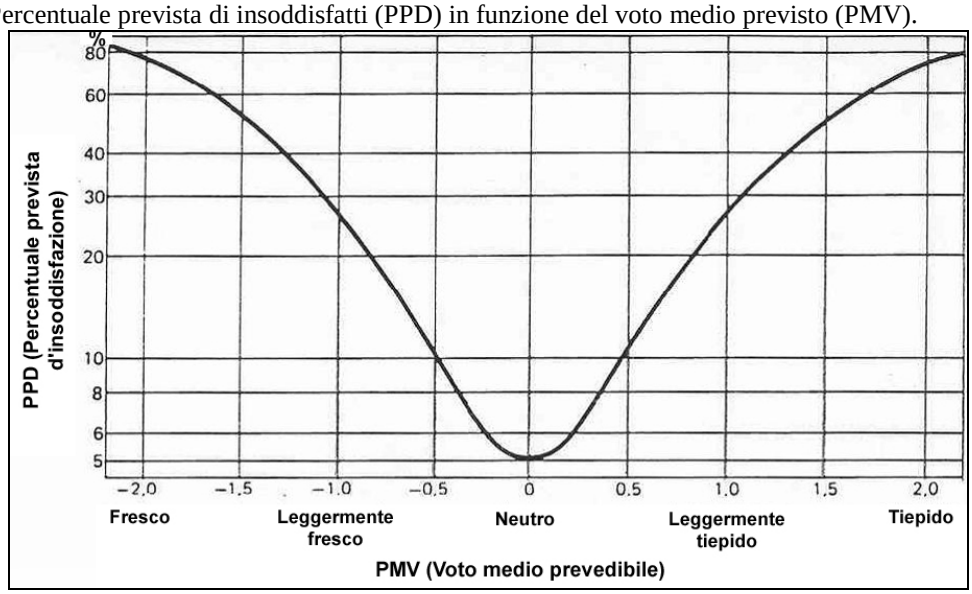
Esiste un ampio consenso riguardo al fatto che l'indice PMV sia il miglior descrittore statistico del *comfort* microclimatico globale in ambienti termici moderati. Poichè tuttavia si tratta di un valore medio, esso sottintende l'esistenza di una variabilità individuale. Di conseguenza, anche per un gruppo di individui esposti ad identiche condizioni microclimatiche, non è possibile individuare una situazione ideale, valida per tutti.

All'indice PMV risulta direttamente associato un secondo indice noto come PPD, acronimo di *Predicted Percentage of Dissatisfied* (percentuale prevista di insoddisfatti), che indica la percentuale di soggetti che si ritengono insoddisfatti dalle condizioni microclimatiche in esame e che di conseguenza permette di correlare, statisticamente ed in modo riproducibile, il giudizio di soddisfazione delle persone con le grandezze fisiche ambientali:

$$\mathrm{PPD} = 100 - 95 \cdot e^{-(0{,}2179 \cdot \mathrm{PMV}^2 + 0{,}0335 \cdot \mathrm{PMV}^4)}$$

dalla precedente espressione si può dedurre come la relazione tra PPD e PMV non sia perfetta; ad un valore di PMV = 0 infatti, corrisponde una percentuale di insoddisfatti che non scende mai sotto il 5% (figura 4).

Figura 4. Percentuale prevista di insoddisfatti (PPD) in funzione del voto medio previsto (PMV).



Da un punto di vista operativo l'analisi del microclima in ambiente moderato richiede inizialmente la determinazione delle caratteristiche di resistenza termica dell'abbigliamento indossato dai lavoratori (I_{cl}) e dell'energia sviluppata dal metabolismo (M/A_{Du}) in funzione del tipo di attività svolta. Successivamente vanno misurati i parametri oggettivi tipici dell'ambiente oggetto di studio (v, t_a, p_a, t_{mrt}). Una volta a disposizione i parametri sopra menzionati è possibile procedere al calcolo di S e dei valori di PMV e PPD con l'ausilio di *software* che vengono solitamente forniti a corredo degli strumenti, o in alternativa con fogli di calcolo ed applicazioni specifiche reperibili in rete.

Visto che il criterio per il calcolo del PMV è stato sviluppato attraverso una serie di sperimentazioni relative a condizioni climatiche non estreme, La norma tecnica UNI EN ISO 7730:2006 raccomanda di utilizzare gli indici PMV e PPD solo quando i parametri ambientali e individuali coinvolti nel processo, che ne consente il calcolo, risultano compresi in determinati intervalli (tabella 25).

Tabella 25. Limiti di applicabilità del criterio PMV – PPD.

	Indice	Simbolo	Intervallo utile
Parametri ambientali	Temperatura dell'aria	t_a	Da 10 a 30 °C
	Temperatura media radiante	t_{mrt}	Da 10 a 40 °C
	Velocità dell'aria	v	Da 0 a 1 $m \cdot s^{-1}$
Parametri individuali	Metabolismo energetico per unità di superficie del corpo	M/A_{Du}	Da 44 a 232 $W \cdot m^{-2}$
	Resistenza termica dell'abbigliamento indossato	I_{cl}	Da 0 a 0,310 $m^2 \cdot °C \cdot W^1$

Solo in questo modo infatti risulta possibile ottenere valori di PMV compresi tra (– 2 e + 2), intervallo all'interno del quale si può ritenere sperimentalmente corretta la relazione fra la sensazione media di un'ampia popolazione di soggetti ed i valori dell'indice PMV. Quando ciò si verifica si può procedere alla determinazione del PPD, identificando un microclima accettabile per valori inferiori al 10 % e per valori superiori la necessità di programmare interventi a carico dei lavoratori e/o dell'ambiente di lavoro.

Nel caso il PMV valori inferiori o superiori a – 2 e + 2 si è in presenza rispettivamente di microclimi severi freddi o caldi e di conseguenza si dovrà ricorrere all'utilizzo di una serie di indici diversi.

7.1.4. Microclimi severi

Gli ambienti termici nei quali specifiche ed ineludibili esigenze produttive (vicinanza a forni ceramici o fusori, accesso a celle frigo o in ambienti legati al ciclo alimentare del freddo) o condizioni climatiche esterne in lavorazioni effettuate all'aperto: in agricoltura, in edilizia, nei cantieri di cava, nelle opere di realizzazione e manutenzione delle strade) determinano la presenza di parametri termoigrometrici stressanti vengono definiti "severi". Dati i rischi alla salute che comporta, un ambiente severo (tanto caldo quanto freddo) trova una sua giustificazione soltanto quando esso permane tale a valle dell'adozione di tutte le possibili misure tecniche a protezione dei lavoratori. In ambienti termici severi al sistema di termoregolazione viene richiesto un impegno gravoso nel tentativo di mantenere condizioni organiche accettabili. In questi casi, accanto ai parametri termoigrometrici ambientali, risulta fondamentale la conoscenza dei meccanismi fisiologici della termoregolazione e di quelli delle patologie da alte e basse temperature. Per i rischi che gli ambienti severi caldi o freddi comportano, è importante sottolineare come essi vadano sempre valutati anche sulla base di dati oggettivi, ottenuti con adeguati rilievi strumentali e non solo sulla base di semplici e generiche "sensazioni" del valutatore (datore di lavoro, RSPP, consulente). In tali ambienti i

lavoratori vanno infatti tutelati con misure organizzative, con dispositivi di protezione individuale (D.P.I.), con una specifica informazione e formazione e con un adeguato controllo sanitario, elementi questi che necessitano di valori strumentali [ISPESL, 2006].

7.1.5. Microclimi severi caldi

In ambienti termici severi caldi l'obiettivo del *comfort* termico non è perseguibile. In condizioni termoigrometriche lontane da quelle ottimali, ma comunque non estreme, la temperatura del nucleo corporeo tende a diventare troppo alta e di conseguenza il sistema termoregolatore si attiva al fine di dissipare calore attraverso la vasodilatazione, la sudorazione e la diminuzione della produzione di calore, limitando di conseguenza l'accumulo termico.

Quando tuttavia i meccanismi di termoregolazione non sono più sufficienti a mantenere l'equilibrio termico, la temperatura del nucleo corporeo si innalza provocando manifestazioni patologiche anche gravi che, se non trattate, possono avere conseguenze persino fatali. Le patologie da alte temperature possono essere determinate da un protratto funzionamento dei meccanismi di termoregolazione, attraverso la determinazione di disordini dovuti alla instabilità del sistema cardiocircolatorio (edema e collasso), a squilibri idro – elettrolitici ovvero dal blocco di tali meccanismi. L'instabilità del sistema cardiocircolatorio può condurre ad edema, spesso solo delle estremità, ed a sincope da calore (collasso), vale a dire una transitoria ipossia cerebrale con perdita della coscienza. Quest'ultima manifestazione è importante in quanto costituisce un avvertimento di condizioni predisponenti al colpo di calore. Gli squilibri idro – elettrolitici invece sono responsabili di esaurimento da calore con deplezione di sali (caratterizzato in particolare da spossatezza, vertigini, nausea e vomito, cefalea) e crampi da calore che interessano solitamente i muscoli più utilizzati. Collateralmente possono manifestarsi disturbi dermatologici sotto forma di eruzioni cutanee e vescicole tendenzialmente eczematose. Il blocco centrale dei sistemi di termoregolazione sembra essere l'eziopatogenesi più accreditata del colpo di calore. Esso è spesso dovuto ad una serie di fattori tra loro variamente combinati, determinati da elevata temperatura ambientale, acclimatamento inadeguato, dieta ricca di carboidrati e grassi, assunzione di alcool, assunzione di farmaci, patologie intercorrenti (diabete, ipertensione).

Il colpo di calore può insorgere improvvisamente ed iniziare con perdita di coscienza o essere preceduto da cefalea, vertigini, astenia, incoordinazione motoria e disturbi addominali. Il quadro può portare a delirio e coma e l'indice di letalità è altissimo [ISPESL, 2006].

La metodologia di valutazione delle condizioni di lavoro negli ambienti severi caldi è descritta dalla norma UNI EN 27243:1996 (ISO 7243), che introduce l'indice WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*), la cui finalità è quella di tenere sotto controllo lo stress termico eccessivo, che si manifesta sotto forma di colpo di calore, dei lavoratori operanti in ambiente caldo, assumendo come limite superiore quello che comporta un aumento limitato di 1 °C della temperatura corporea [Monarca, 2005].

L'indice WBGT relativo ad ambienti esterni con esposizione solare viene calcolato mediante l'equazione:

$$WBGT\ (°C) = 0{,}7\ T_w + 0{,}2\ T_g + 0{,}1\ T_a$$

mentre per gli ambienti interni ed esterni senza esposizione solare mediante la formula :

$$WBGT\ (°C) = 0{,}7\ T_w + 0{,}3\ T_g$$

dove:

T_w = temperatura (°C) a bulbo umido a ventilazione naturale;

T_g = temperatura (°C) misurata tramite il globotermometro di Vernon;

T_a = temperatura (°C) a bulbo asciutto sottoposto ad una ventilazione forzata compresa tra 2 e 4 $m \cdot s^{-1}$.

Gli indici WBGT così ricavati vanno successivamente confrontati con i valori limite di riferimento in funzione dei dispendi metabolici dei lavoratori (tabella 26).

Tabella 26. Valori limite per l'indice WBGT [Alfano, 1998].

Classe di attività metabolica	Attività metabolica (*M*)		Valore limite di WBGT			
	Relativa ad un'area unitaria di superficie della pelle W/m^2	Totale (per un'area media della superficie della pelle di 1,8 m^2) *W*	Soggetto acclimatato al calore °*C*		Soggetto non acclimatato al calore °*C*	
0 (a riposo)	$M \leq 65$	$M \leq 117$	33		32	
1	$65 < M \leq 130$	$117 < M \leq 234$	30		29	
2	$130 < M \leq 200$	$234 < M \leq 360$	28		26	
3	$200 < M \leq 260$	$360 < M \leq 468$	Aria stagnante 25	Aria non stagnante 26	Aria stagnante 22	Aria non stagnante 23
4	$M > 260$	$M > 468$	23	25	18	20

I valori forniti sono stati stabiliti sulla base di un valore massimo della temperatura rettale di 38 °C.

Questi valori valgono nell'ipotesi che il WBGT della zona di riposo sia molto vicino al WBGT dell'area di lavoro e che il soggetto sia acclimatato. Un individuo viene ritenuto acclimatato dopo lo svolgimento di un'attività lavorativa in ambiente simile a quello in esame per almeno una settimana. Per individui non acclimatati i valori limite vanno abbassati di 1 °C

per attività metabolica sotto i 130 $W \cdot m^2$, di 2 °C fra 130 e 200 $W \cdot m^2$, di 3 °C fra 200 e 260 $W \cdot m^2$e di 6 °C oltre i 260 $W \cdot m^2$. Si nota che valori di WBGT crescenti sono ammissibili a patto che il ciclo lavorativo comprenda frazioni crescenti di riposo relativamente al lavoro. L'aumento del WBGT limite legato all'inserimento di lunghe pause nell'attività lavorativa è notevole per impegni metabolici elevati, ma minimo per impegni metabolici modesti, e addirittura nullo per impegni leggeri, per i quali il valore limite del WBGT è univocamente fissato a 33 °C [ISPESL, 2006].

7.1.6. I microclimi severi freddi

Negli ambienti termici severi freddi il corpo umano mette inizialmente in atto sistemi per la riduzione delle dispersioni di calore (vasocostrizione) e la produzione di ulteriore calore (aumento del tono muscolare, brividi, attività muscolare). Altro meccanismo di difesa dal freddo è costituito dall'attivazione della cosiddetta "termogenesi chimica" nella quale la produzione di calore è mediata dalla produzione di adrenalina, tiroxina e noradrenalina. Quando i meccanismi di termoregolazione e le regole comportamentali non sono più sufficienti a mantenere l'equilibrio termico, la temperatura del nucleo corporeo si abbassa provocando manifestazioni patologiche anche gravi (assideramento) che, se non trattate, possono avere conseguenze invalidanti permanenti o addirittura fatali. Le patologie da basse temperature si distinguono in sindromi di ordine generale (ipotermia) ed in lesioni locali da freddo. L'aspetto più importante dell'ipotermia è l'abbassamento della temperatura del nucleo corporeo. Secondo la statunitense ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) i lavoratori devono essere protetti dall'esposizione al freddo in modo tale che la temperatura rettale non scenda al di sotto di 36 °C. Temperature rettali inferiori ai 36 °C portano infatti ad obnubilamento del sistema nervoso centrale che si evidenzia con sonnolenza, riduzione della vigilanza e della capacità decisionale, fino alla perdita di coscienza ed al coma. I brividi di forte intensità si hanno quando la temperatura rettale scende sotto i 35 °C ed essi rappresentano un ulteriore segnale di pericolo per l'individuo in quanto riducono fortemente la capacità di lavoro sia fisico che mentale. A temperature rettali inferiori ai 32 °C corrisponde un'ulteriore depressione dei meccanismi termoregolatori finanche all'inibizione della comparsa del brivido. Quando la temperatura corporea cade sotto a 29 – 30 °C, l'ipotalamo perde completamente ogni capacità di termoregolazione. Individui anziani, debilitati, con intossicazione da farmaci o alcool o con patologie predisponenti (quali mixedema, insufficienza ipofisaria, ipoglicemia) sono più suscettibili a contrarre patologie generali da basse temperature.

L'esposizione a basse temperature di parti superficiali conduce al congelamento dei tessuti per alterazione della concentrazione di sali nei liquidi circostanti e delle componenti fosfolipidiche delle membrane e per stasi venosa associata a liberazione di sostanze istamino – simili, che portano a fenomeni trombotici – occlusivi fino alla gangrena [ISPESL, 2006].

La valutazione dello stress termico in ambienti severi freddi viene effettuata mediante una procedura detta *Insulation Required* (Isolamento richiesto), descritta nella norma tecnica UNI EN ISO 11079:2008. Anche questa procedura, in analogia con quella utilizzata in ambienti termici moderati e severi caldi, si fonda sulla nozione che le condizioni ottimali coincidono con la condizione di omeotermia, mentre lo *stress* termico è sempre più intenso quanto più la perdita netta di energia è grande.

L'indice IREQ utilizzato (da "I" simbolo della resistenza termica dell'abbigliamento e "REQ" di *required*) viene definito come la resistenza termica dell'abbigliamento che, nell'ambiente oggetto d'esame, sarebbe capace di mantenere indefinitamente il corpo umano in condizioni di benessere termico (S = 0).

La procedura di valutazione degli ambienti termici severi freddi prevede la soluzione della equazione di bilancio di energia sul corpo umano in due diverse ipotesi e pertanto l'IREQ viene generalmente calcolato imponendo S = 0 ed attribuendo al valore I_{cl} i due valori estremi di IREQ corrispondenti il primo all'inizio dell'attivazione del sistema comportamentale ed il secondo alla neutralità termica.

I due valori di IREQ così calcolati sono rispettivamente chiamati:

- $IREQ_{min}$, che rappresenta l'isolamento termico minimo necessario per mantenere il corpo in equilibrio termico ad un livello di temperatura media corporea più basso del normale;
- $IREQ_{neu}$, che rappresenta l'isolamento termico necessario per mantenere il corpo in condizioni, oltre che di equilibrio, anche di neutralità termica (condizione prossima al benessere) [Monarca, 2005].

Dal confronto di queste due quantità con l'isolamento termico I_{cl} effettivamente garantito dall'abbigliamento utilizzato, tenuto conto dell'effetto della ventilazione e del movimento del soggetto, si determina l'appartenenza del caso in esame ad uno dei tre seguenti:

1. $I_{cl} < IREQ_{min}$: implica protezione insufficiente, e conseguente rischio di ipotermia;
2. $IREQ_{min} \leq I_{cl} \leq IREQ_{neu}$: definisce l'intervallo di accettabilità, garantendo condizioni caratterizzate da una sensazione soggettiva di freddo che varia da minima a significativa, senza tuttavia mai indurre significative variazioni di temperatura del nucleo e conseguenti possibili ipotermie;

3. I_{cl} > $IREQ_{neu}$: implica iper – protezione e conseguente rischio di sudorazione che, in presenza di un ambiente rigido, può produrre effetti nocivi ed in aggiunta determinare un possibile rischio di ipotermia causato dall'assorbimento di umidità da parte del vestiario che ne degrada le proprietà isolanti [ISPESL, 2006].

Va ricordato tuttavia che il ricorso all'indice IREQ per la valutazione dei rischi legati al microclima negli ambienti severi freddi presenta dei limiti che influenzano direttamente i valori ottenuti; questi risultano strettamente legati ad elementi come: i movimenti del corpo, le posture, la permeabilità dei tessuti all'aria e l'aderenza degli stessi al corpo [Griefhan, 2000]. Inoltre il metodo sopra descritto fornisce una valutazione del raffreddamento globale dell'individuo, mentre non è in grado di determinare i rischi provocati dal raffreddamento localizzato su singole parti del corpo (mani, piedi, testa).

A tale scopo la UNI EN ISO 11079:2008 introduce l'indice locale WCI (*Wind Chill Index*), il quale viene utilizzato per proteggere il soggetto esposto dalle conseguenze di un eccessivo raffreddamento in specifiche parti del corpo che, per la combinazione di modesta protezione e alto rapporto superficie/volume, risultano particolarmente sensibili al raffreddamento di tipo convettivo dovuto all'azione combinata della bassa temperatura e del vento.

In particolare l'indice, che vuole simulare le dispersioni di calore che si hanno da parti scoperte del corpo umano, rappresenta il flusso termico che si disperde nell'ambiente da un cilindro di plastica di 0,057 m di diametro, mantenuto con la superficie esterna ad una temperatura di 33 °C:

$$WCI\ (W \cdot m^2) = 1{,}16 \cdot (10{,}45 + 10 \cdot \sqrt{v}) \cdot (33 - t_a)$$

Tale metodo tuttavia è oggetto di critica, in quanto il cilindro presenta caratteristiche di curvatura e rugosità differenti da quelle delle parti del corpo umano che si vogliono simulare. Inoltre non viene preso in considerazione il carico radiante e quello solare, nè il calore perso per evaporazione ed infine nemmeno il fatto che la parte del corpo oggetto di simulazione, potrebbe trovarsi a valori di temperatura diversi da 33 °C [Monarca, 2005].

7.2. Materiali e metodi

I rilievi relativi al microclima all'interno dei frantoi sono stati eseguiti con l'impiego della linea strumentale BABUC prodotta dalla LSI – LASTEM (foto 33).

Foto 33. Particolare della strumentazione utilizzata per la realizzazione dei rilievi microclimatici.



Il principale elemento di tutta la catena strumentale è rappresentato dalla centrale di acquisizione ed immagazzinamento dati, denominata BABUC/A (foto 34). Tale dispositivo, costituito da un involucro esterno in alluminio anodizzato delle dimensioni di 222x129x41 mm e del peso approssimativo di 1,4 kg, è munito di una serie di ingressi per sonde e sensori di diverso tipo. I dati memorizzati vengono trasferiti successivamente su *PC* per la successiva elaborazione con *software* e fogli elettronici dedicati.

Il multiacquisitore è dotato inoltre di una tastiera alfanumerica a 21 tasti e di un *display* a cristalli liquidi (LCD) da 80, caratteri che permettono all'operatore di programmare a piacimento le quattro categorie di settaggi di cui lo strumento è provvisto:

- settaggi di rilievo, che riguardano la specifica campagna di misura in avvio; come ad esempio l'attribuzione del numero di rilievo, della data, dell'ora e della sua durata;
- settaggi di comunicazione, relativi alla comunicazione tra strumento e stampanti o *PC*;
- settaggi di utilità, riguardanti il funzionamento generale di: impostazione della data e dell'ora del sistema, della *password* di sicurezza, del tempo di autospegnimento;

- settaggi di sistema, attraverso i quali vengono gestite le varie categorie di sensori collegati stabilendo ad esempio: la rata di acquisizione dei dati per ogni sonda (da 1 *s* a 24 *h*), il tempo di anticipo alimentazione dei sensori che ne necessitano, i parametri di calibrazione.

Foto 34. Particolare della centrale di acquisizione BABUC/A.



Attraverso il *display* è possibile inoltre visualizzare i dati registrati in due formati principali: sintetico e statistico. Il metodo sintetico mostra semplicemente i valori istantanei di ogni sonda connessa. Il metodo statistico mostra per ogni grandezza il valore dell'ultimo dato acquisito, la variazione rispetto al precedente, i valori datati di minimo e massimo, la media e la deviazione *standard* dall'inizio del rilievo o dall'ultimo aggiornamento eseguito (foto 35, 36).

Foto 35. Particolare del *display*: formato sintetico dei dati "contratto" ed "esteso".



Foto 36. Particolare del *display*: formato statistico dei dati.



Per la raccolta di dati che richiedono lunghi periodi di acquisizione lo strumento può essere facilmente utilizzato come stazione “fissa” o “semifissa” grazie alla possibilità di essere accoppiato con un treppiede (foto 37).

Foto 37. Strumento utilizzato come stazione semifissa accoppiato ad un treppiede.



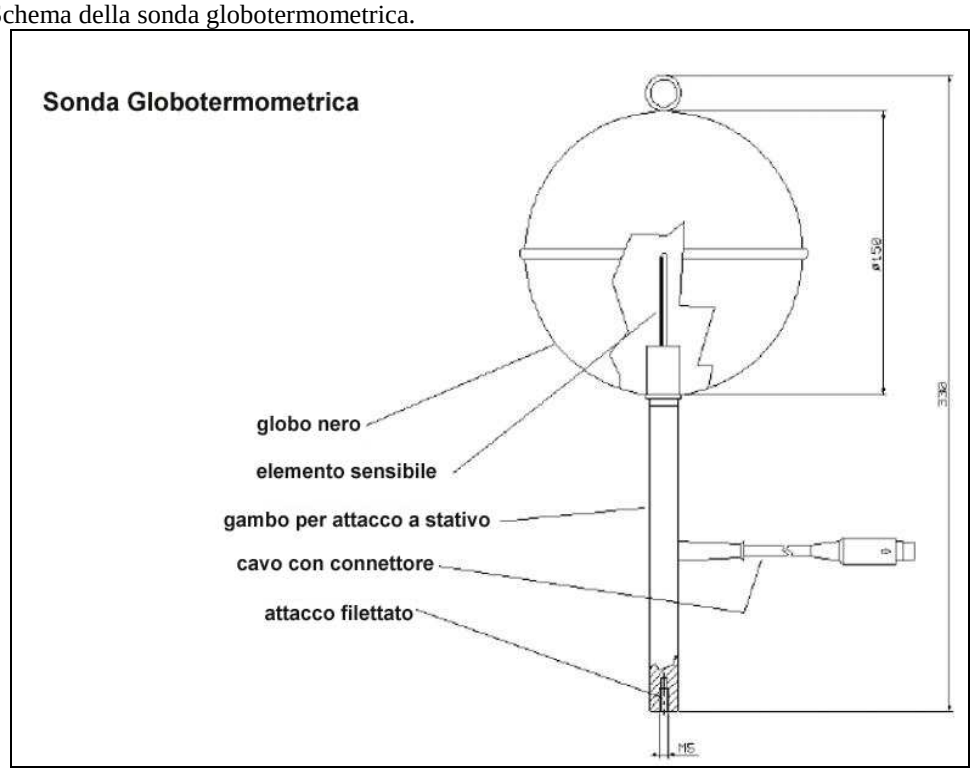
7.2.1. Sonde e sensori collegati al multiacquisitore

BABUC/A è stato collegato ad una serie di sonde specifiche di seguito descritte, in grado di acquisire: temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria, utilizzate nella successiva fase di elaborazione dati.

7.2.2. Globotermometro

Questa sonda è realizzata in conformità alla norma ISO 7726 "*Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities*". È costituita da un globo metallico nero, cavo al suo interno, al centro del quale è montato un sensore termometrico (figura 5). La temperatura rilevata (Tg) consente a BABUC di calcolare la temperatura media radiante (Tr), note che siano la temperatura secca e la velocità dell'aria. Il globo, chiamato anche globo di Vernon, ha emissività elevata (≥ 0,98) e riflessione bassissima (2% ASTM 97 – 55) in modo da essere un corpo nero rispetto alle radiazioni infrarosse. Mediante questa sonda è possibile valutare e verificare i carichi termici di tipo radiante che sono estremamente importanti per l'analisi degli ambienti sia moderati che caldi. In particolare questa sonda è indispensabile per il calcolo della temperatura operativa, degli indici PMV e PPD e dell'indice WBGT [LSI, 2007].

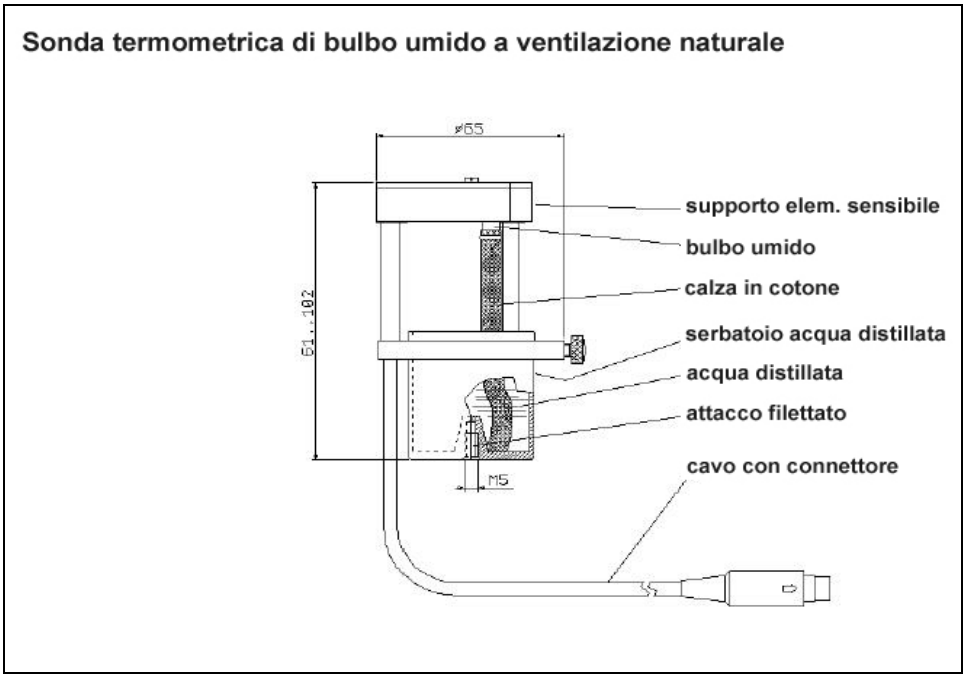
Figura 5. Schema della sonda globotermometrica.



7.2.3. Sonda per temperatura a bulbo umido a ventilazione naturale

Realizzata in conformità alla norma ISO 7726:1998, la sonda misura la temperatura a bulbo umido a ventilazione naturale (Tnw) che corrisponde alla temperatura di un sensore ricoperto da una guaina bagnata, soggetta a ventilazione naturale e protetta dall'irraggiamento (figura 6). Questa temperatura (Tnw) è quindi diversa da quella a ventilazione forzata (psicrometro) ed è indispensabile per la determinazione dell'indice WBGT indicato dalla norma UNI EN 27243:1996 per la valutazione degli ambienti caldi [LSI, 2007].

Figura 6. Schema della sonda termometrica a bulbo umido a ventilazione naturale.

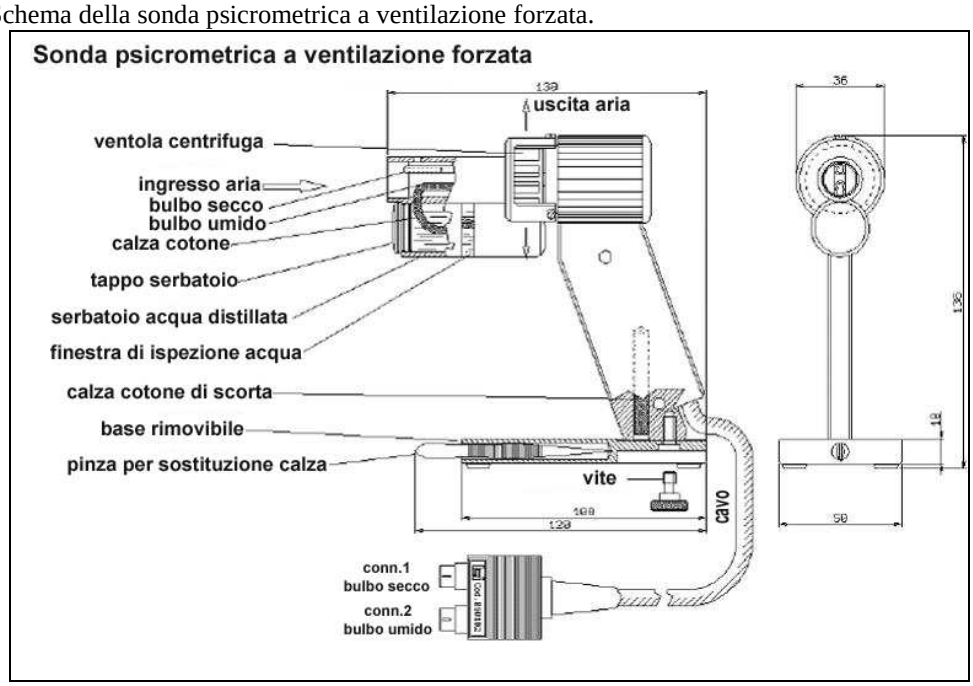


7.2.4. Sonda psicrometrica a ventilazione forzata

Questa sonda anch'essa conforme alla norma ISO 7726:1998, mediante le misure delle temperature dell'aria a bulbo secco e umido, consente a BABUC/A di calcolare, con una elevata precisione ed affidabilità, l'umidità assoluta e relativa dell'aria e le altre grandezze connesse (temperatura di rugiada e entalpia dell'aria).

La sonda psicrometrica BSU102 è costituita da due sensori di temperatura; il primo è un termometro che misura la temperatura a bulbo secco dell'aria (Ta), il secondo un termometro rivestito da una guaina idrofila, mantenuta bagnata dall'acqua distillata contenuta in una vaschetta, che misura la temperatura a bulbo umido a ventilazione forzata (*Tw*). Nel condotto ove sono alloggiati i due sensori, protetto dall'irraggiamento solare o di altra natura, l'aria viene forzata da una ventola ad una velocità di circa 4 *m/s* (figura 7) [LSI, 2007].

Figura 7. Schema della sonda psicrometrica a ventilazione forzata.



7.2.5. Sonda anemometrica a filo caldo

La sonda BSV 105 misura l'intensità di turbolenza (TU) come previsto dalla norma ISO 7726:1998. Per mezzo della sua veloce rata di acquisizione (un valore ogni 100 *ms*), lo strumento misura la velocità dell'aria, calcola la media (va) e la deviazione *standard* (SD) su un periodo di 5 *s*. Dal rapporto tra questi due parametri si può ricavare direttamente l'intensità di turbolenza espressa in percentuale.

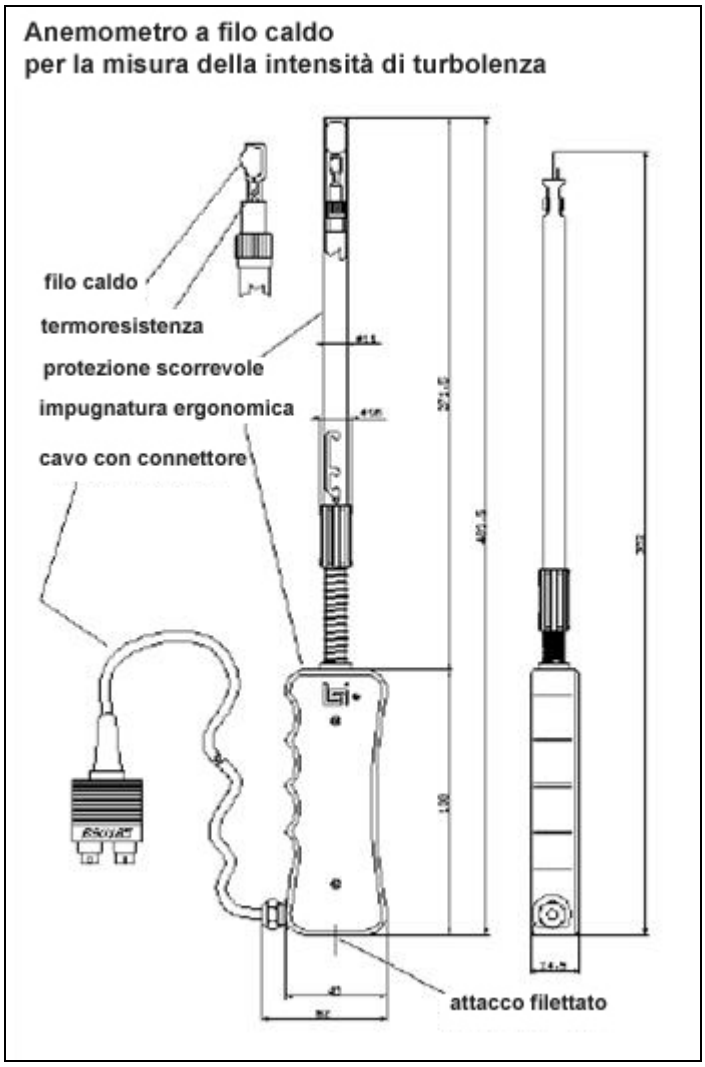
L'intensità di turbolenza è un parametro fondamentale per valutare le correnti d'aria che possono causare disagio alle persone. Essa può essere impiegata:

- come fattore nella formula di calcolo dell'indice DR (*Draught rating* – UNI EN ISO 7730:2006) che esprime il rischio da correnti d'aria, cioè la percentuale di persone insoddisfatte a causa di correnti d'aria. Questo parametro è calcolato come grandezza derivata direttamente da BABUC/A;
- come parametro per valutare la dinamica dei flussi d'aria in ambiente, all'uscita delle bocchette, o all'interno dei canali d'aerazione, che potrebbero determinare una turbolente propagazione dell'aria o dei *gas* in essa eventualmente contenuti, pregiudicando così l'efficienza ed efficacia di un impianto termotecnico.

Il principio di funzionamento della sonda è basato su un filamento di tungsteno che viene riscaldato per un breve periodo di tempo, ad una temperatura maggiore di quella dell'aria, rilevata con una termoresistenza in platino (*Pt* 100) inserita nella sonda (figura 8).

In base a questi valori il microprocessore misura la potenza elettrica fornita al filo e da questa ricava la velocità istantanea (Vai), successivamente elabora i parametri medi e la turbolenza, trasmettendo le informazioni in formato analogico all'acquisitore BABUC/A [LSI, 2007].

Figura 8. Schema della sonda anemometrica a filo caldo.



7.2.6. *Software* per la gestione dei dati acquisiti

I parametri microclimatici acquisiti con la strumentazione precedentemente descritta possono essere gestiti ed elaborati con il *software* specifico INFOGAP (LSI – LASTEM).

Il programma, che permette il riversamento dei dati su *PC* attraverso il collegamento del multiacquisitore BABUC/A, presenta una struttura di tipo multi livello; permettendo una rapida visualizzazione dei dati di interesse sotto forma tabellare o di grafici successivamente esportabili in ambiente *Microsoft*.

I moduli utilizzati da INFOGAP per il calcolo degli indici microclimatici sono riconducibili ai tre principali tipi di ambiente identificati dalle normative tecniche di riferimento:

- modulo microclima per ambienti moderati, in cui il rischio per la salute è trascurabile, ma comunque esiste la possibilità di disagio termico per gli occupanti. Il *software* calcola sulla base dei dati acquisiti gli indici di *comfort* termico: PMV (*Predicted Mean Vote*), PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfaied*), DR (percentuale di insoddisfatti da correnti d'aria), TO (Temperatura operativa);
- modulo microclima per ambienti freddi, dove esiste un sensibile intervento del sistema di termoregolazione dell'organismo al fine di limitare la potenziale eccessiva diminuzione della temperatura corporea. Vengono calcolati gli indici di *stress* termico: ITR (Isolamento Termico Richiesto), WCI (*Wind Chill Index*), TCH (*Chilling Temperature*);
- modulo microclima per ambienti caldi, in cui vi possono essere condizioni di rischio per la salute degli occupanti. Calcolo degli indici di *stress* termico: HSI (*Heat Stress Index*), ITS (*Index of Thermal Stress*), WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*) interno ed esterno, PHS (sollecitazione termica prevedibile) [LSI, 2007].

7.3. Esecuzione delle analisi microclimatiche

La strumentazione descritta è stata utilizzata all'interno dei nove frantoi precedentemente descritti. I rilievi sono stati effettuati nel mese di novembre 2009, durante l'attività molitoria. La strumentazione è stata posizionata in specifici punti individuati all'interno delle differenti aree di lavorazione e corrispondenti alle zone più frequentemente occupate dai lavoratori (figura 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) (foto 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46). La centralina di acquisizione dati è stata settata in modo tale che la rata di acquisizione delle misure fosse di 30 *s*. Per ogni punto del locale la strumentazione ha acquisito dati per 30 minuti.

Al fine di tenere conto dei diversi tempi di risposta delle sonde utilizzate, prima di avviare il rilievo in ogni punto, si è atteso un tempo di 20 minuti per consentire la stabilizzazione dei valori rilevati dalle sonde stesse. Trascorso tale tempo si è dato inizio al rilievo (durata 30 minuti) e quindi all'acquisizione dei dati.

Figura 9. Frantoio 1: punti di posizionamento della strumentazione.

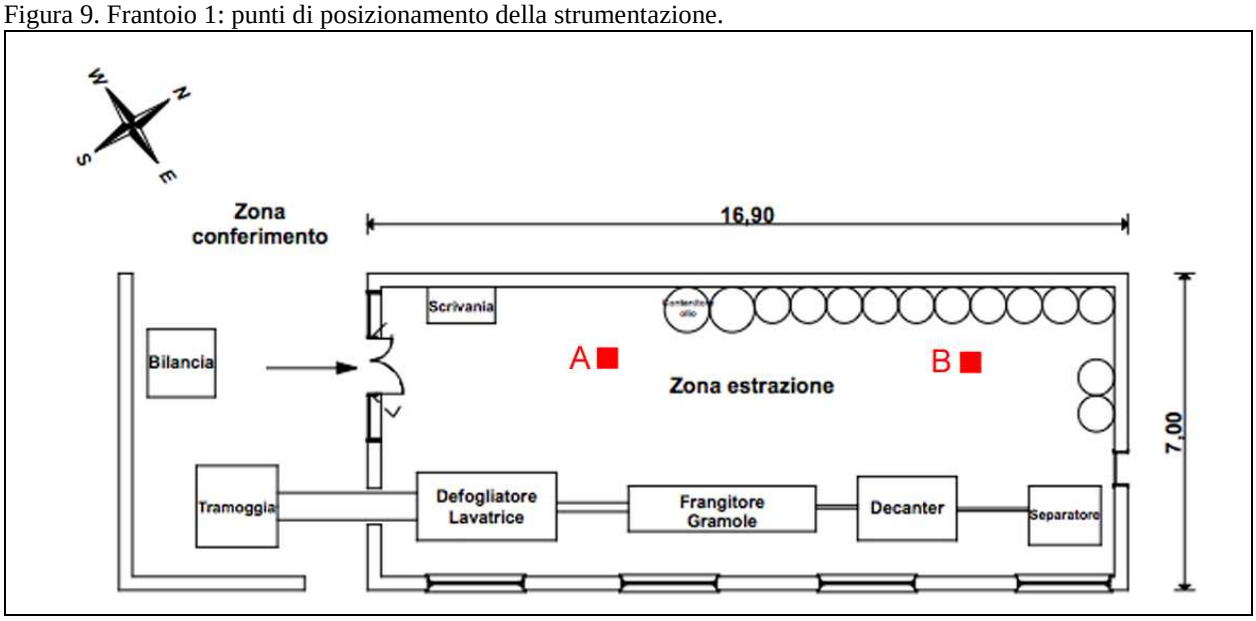


Foto 38. Frantoio1: posizionamento della centralina nel punto A e B.





Figura 10. Frantoio 2: punti di posizionamento della strumentazione.

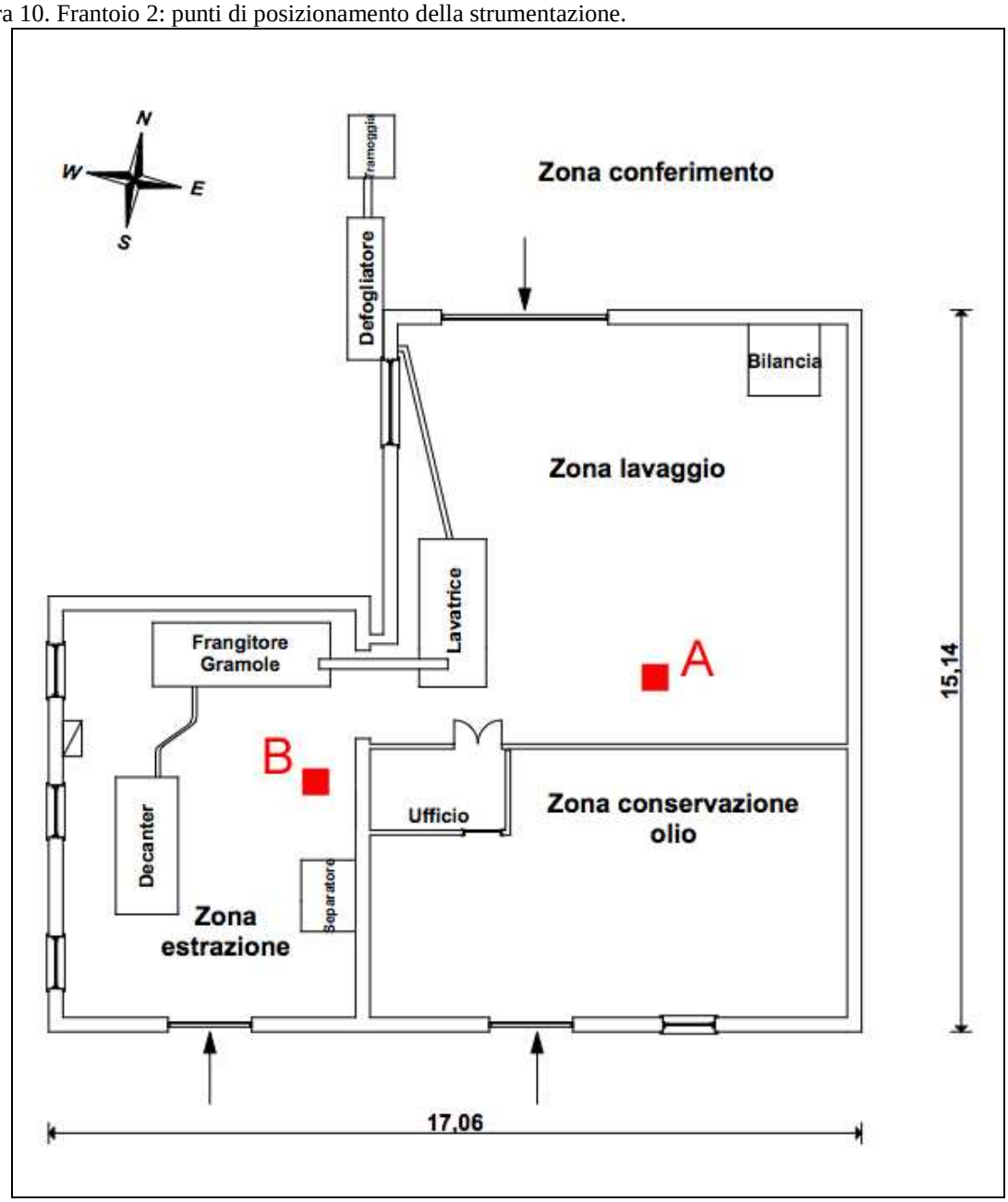


Foto 39. Frantoio 2: posizionamento della centralina nel punto A e B.





Figura 11. Frantoio 3: punti di posizionamento della strumentazione.

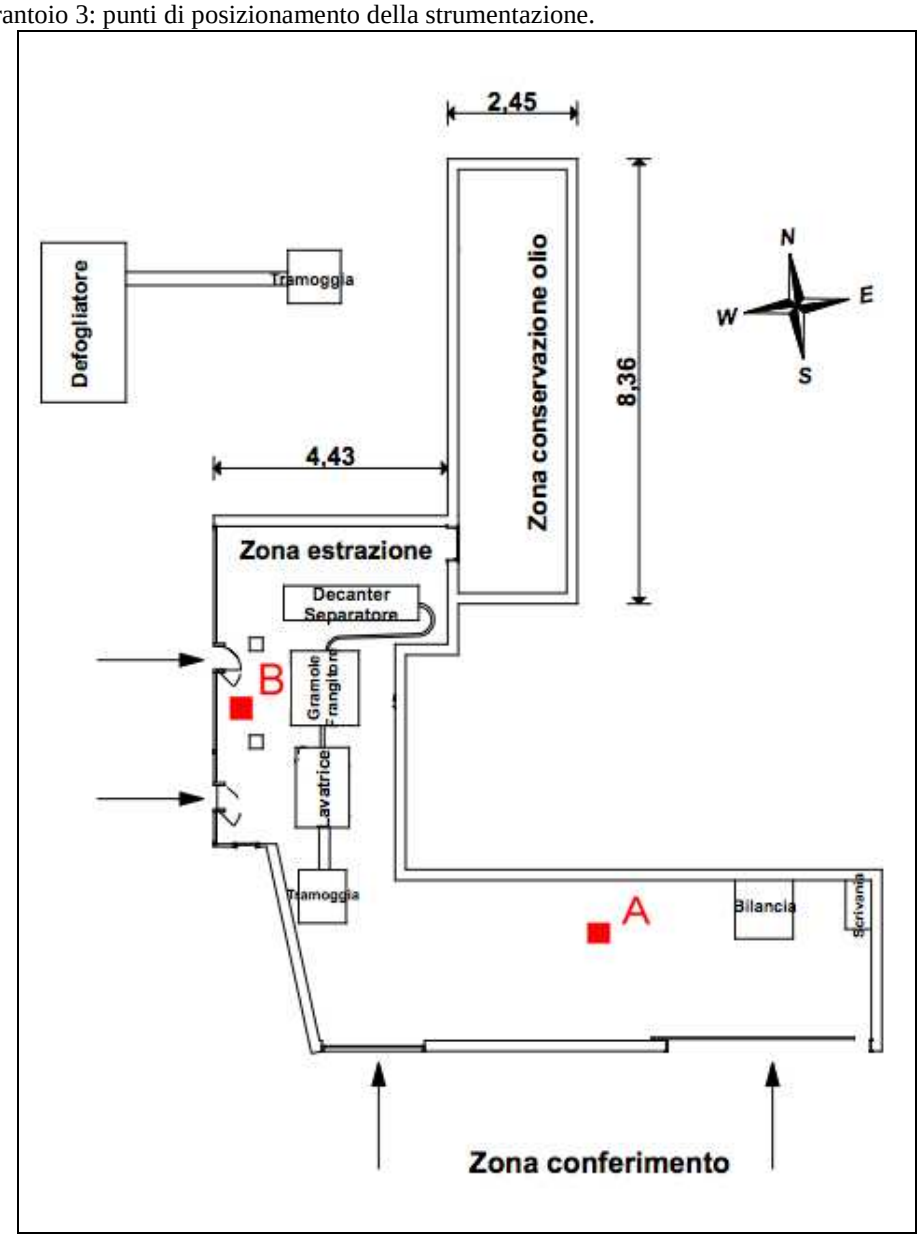


Foto 40. Frantoio 3: posizionamento della centralina nel punto A e B.





Figura 12. Frantoio 4: punti di posizionamento della strumentazione.

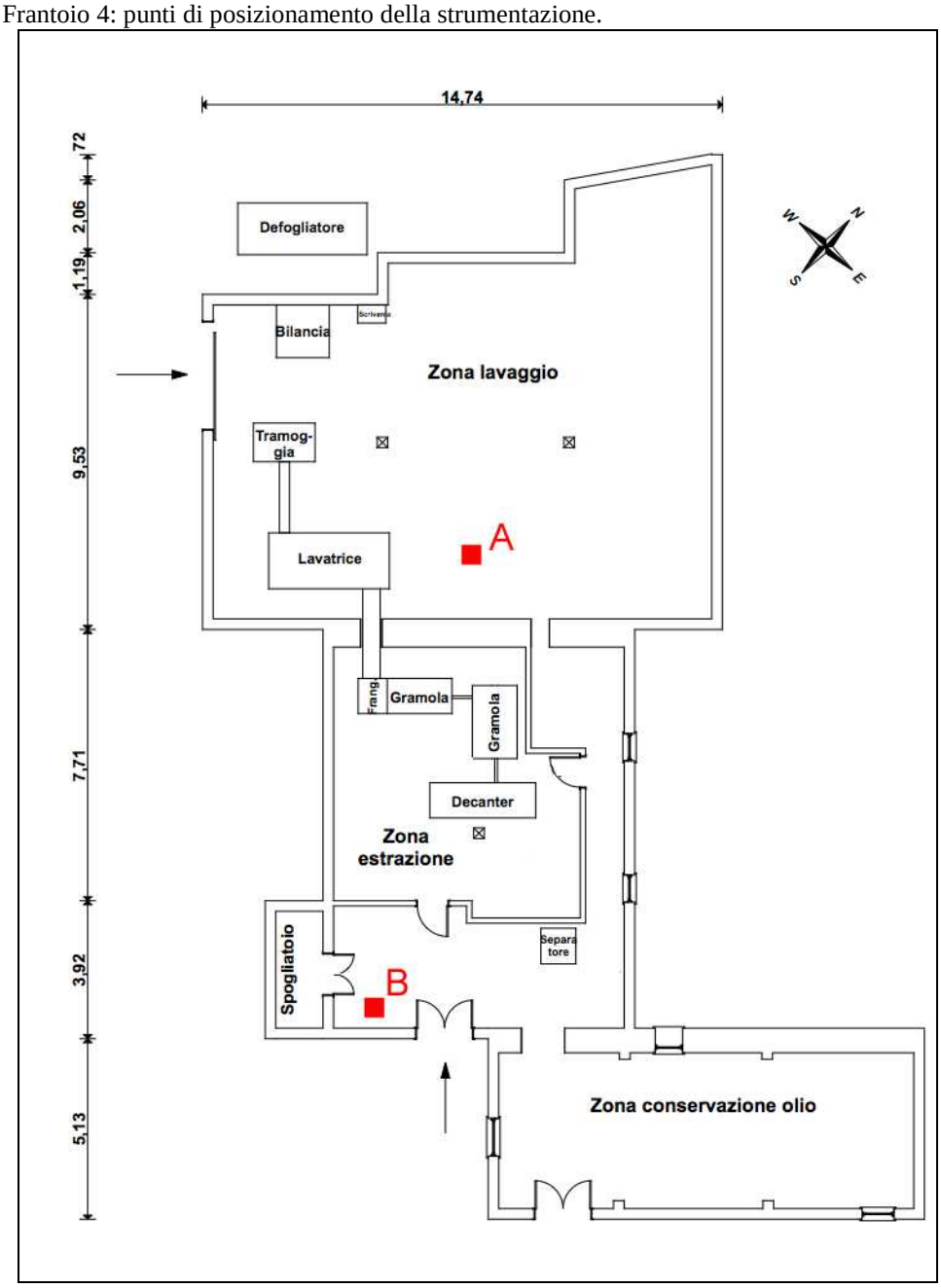


Foto 41. Frantoio 4: posizionamento della centralina nel punto A e B.





Figura 13. Frantoio 5: punti di posizionamento della strumentazione.

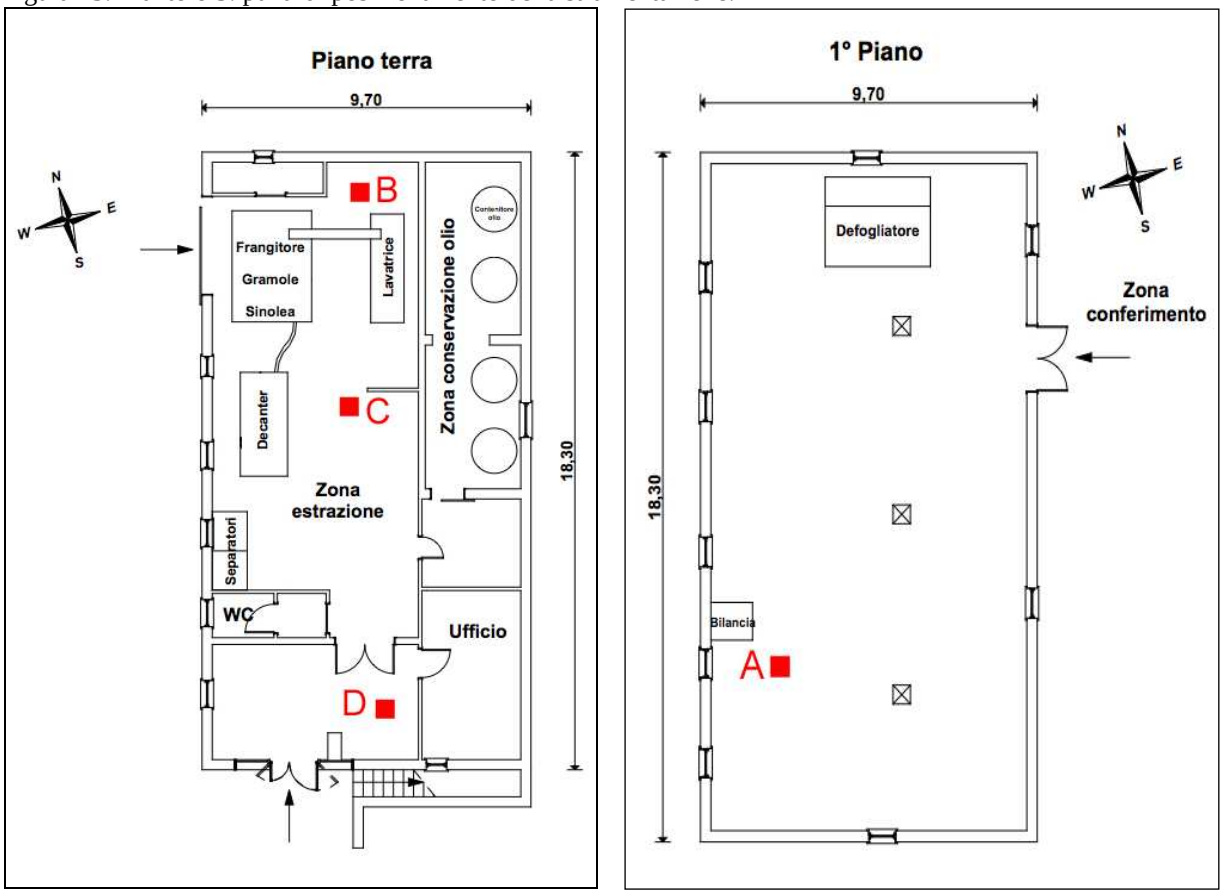


Foto 42. Frantoio 5: posizionamento della centralina nel punto A, B, C, D.




RAPANELLI


METODO
SINOLEA


Aperto

Figura 14. Frantoio 6: punti di posizionamento della strumentazione.

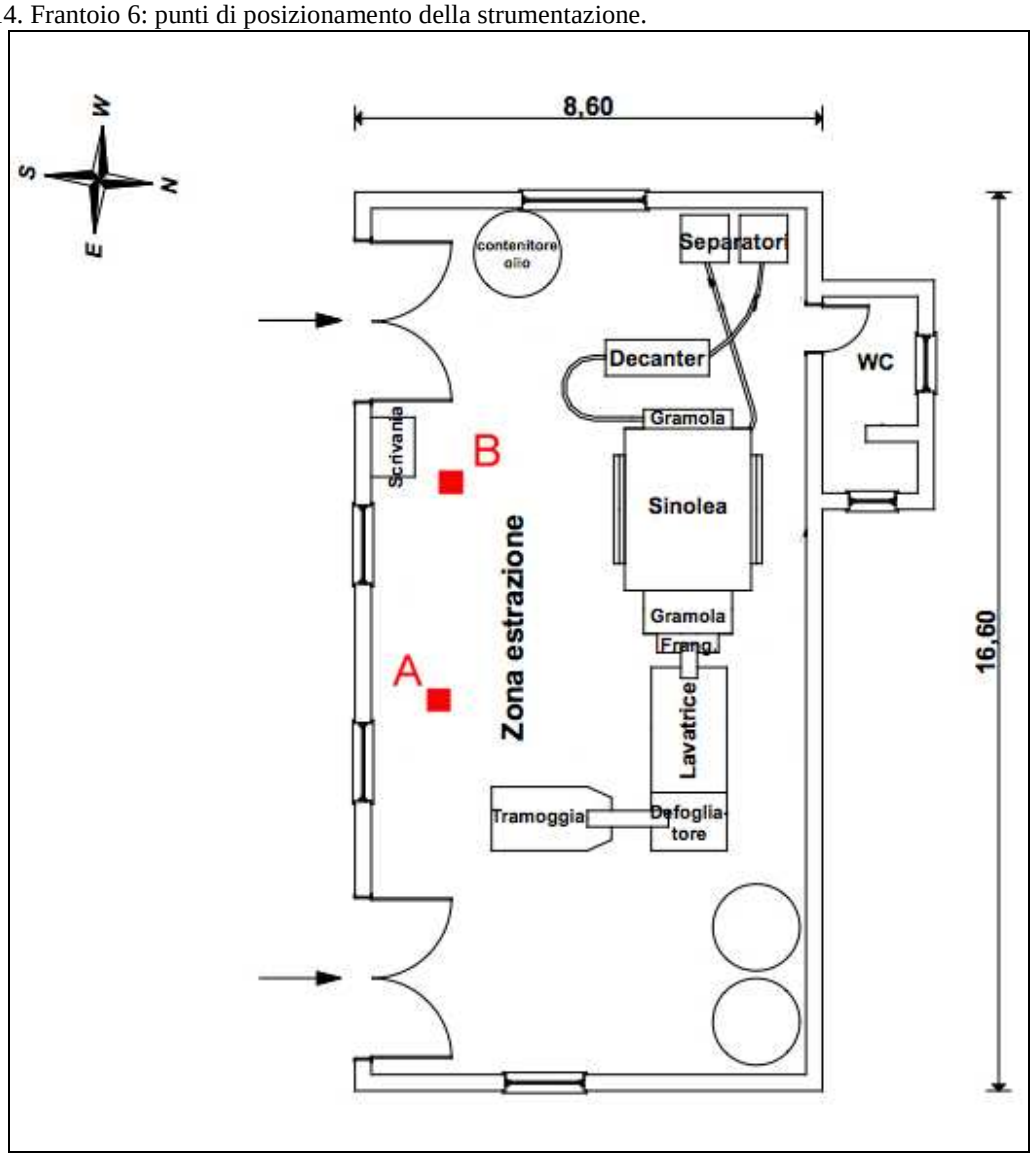


Foto 43. Frantoio 6: posizionamento della centralina nel punto A, B.




3
HL20
HL15
2

Figura 15. Frantoio 7: punti di posizionamento della strumentazione.

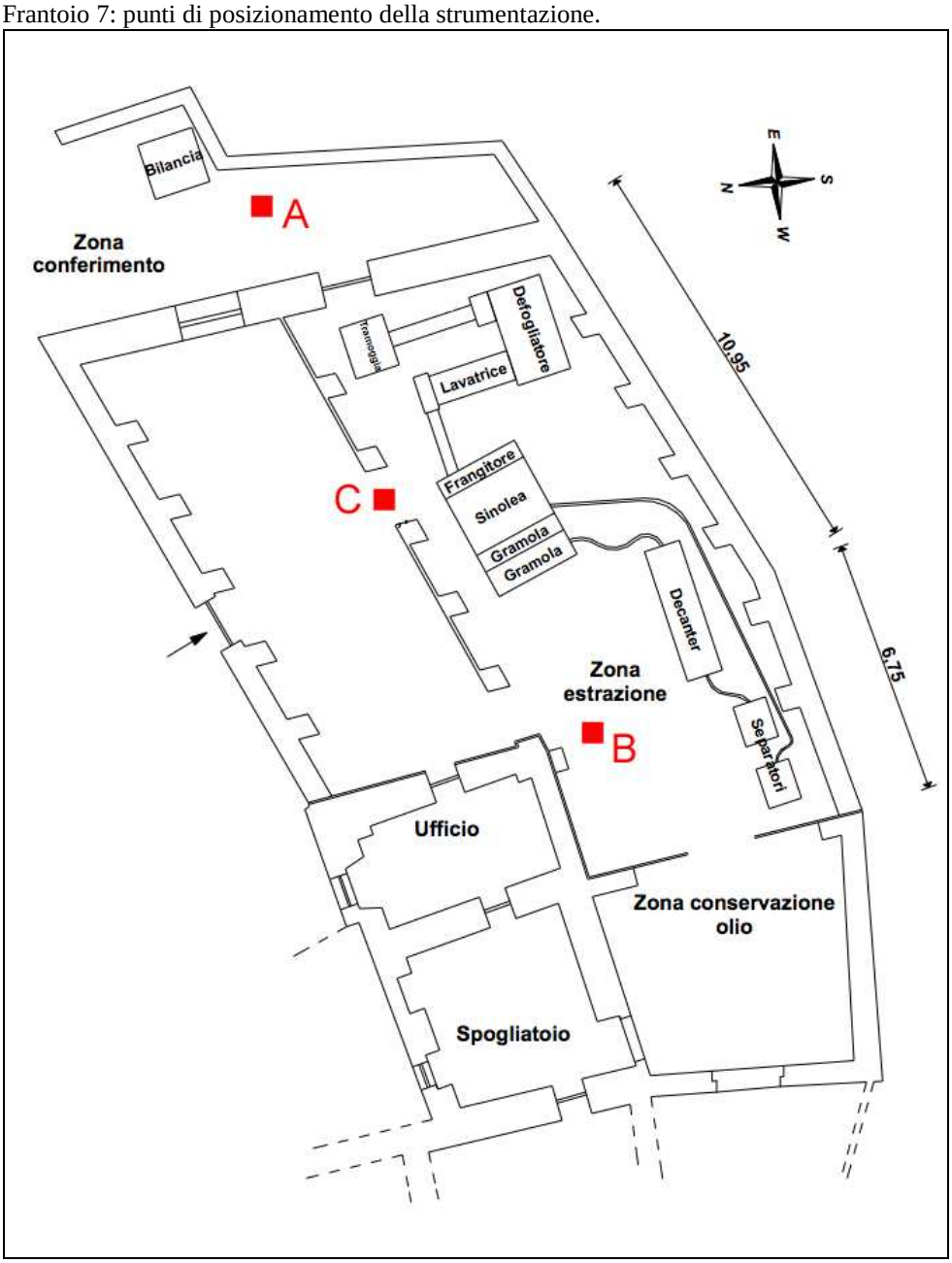


Foto 44. Frantoio 7: posizionamento della centralina nel punto A, B, C.





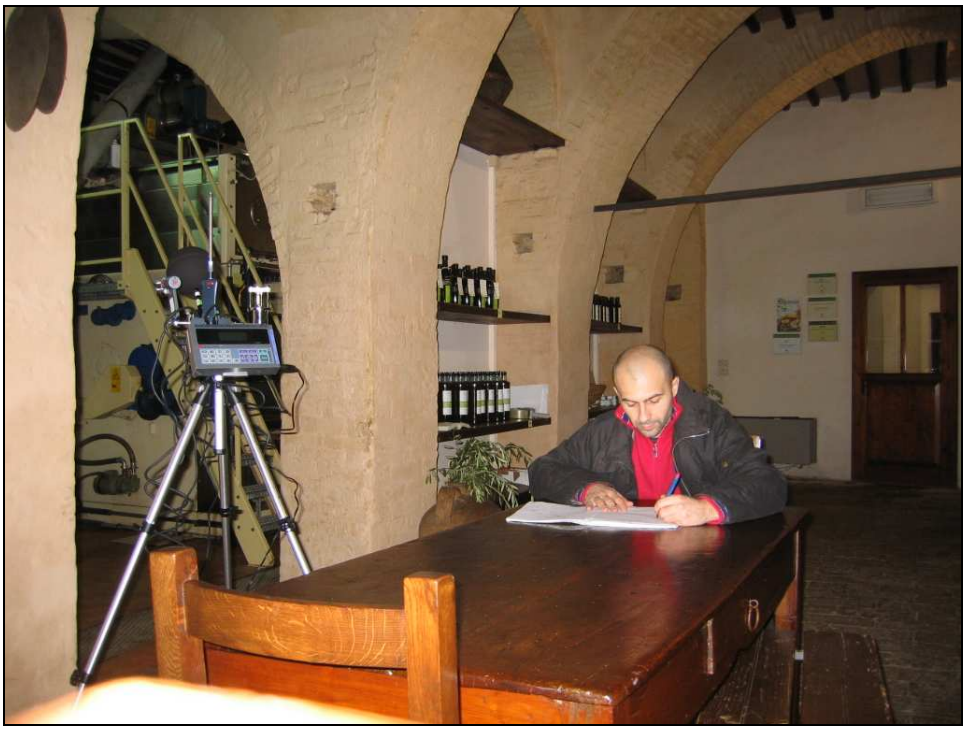


Figura 16. Frantoio 8: punti di posizionamento della strumentazione.

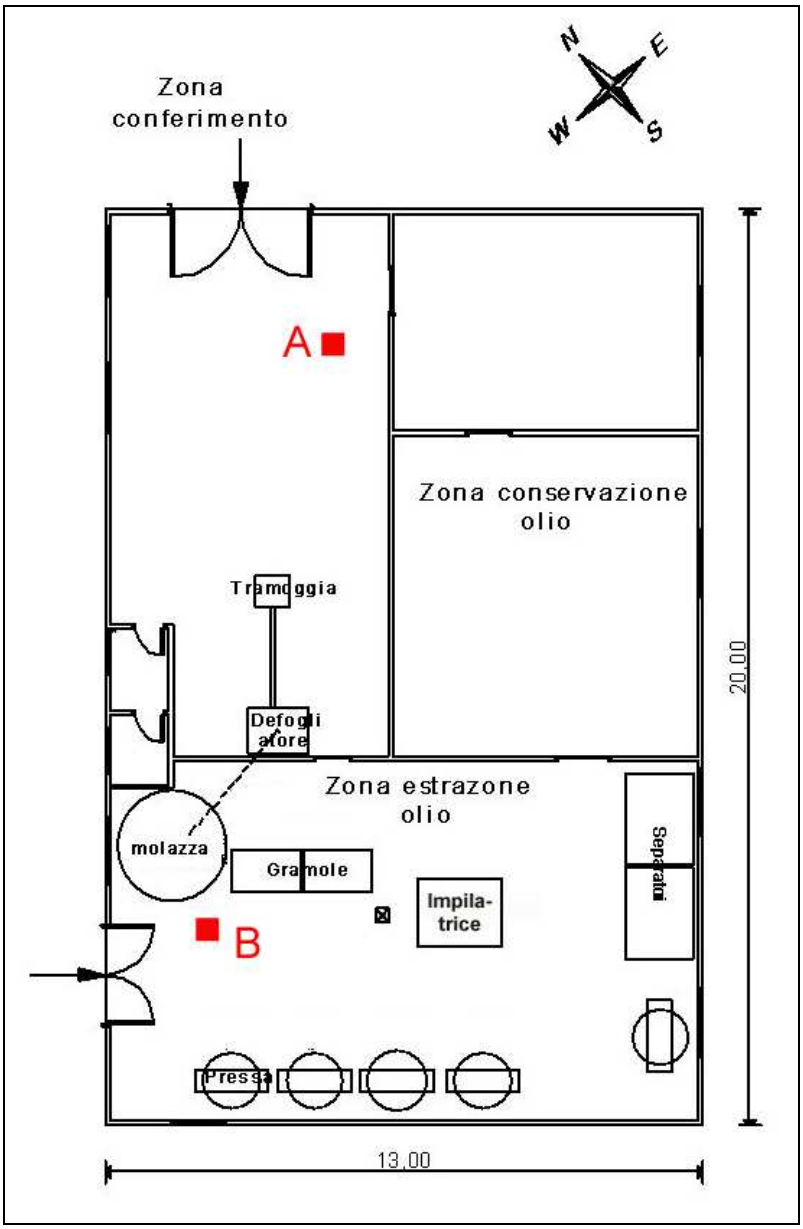


Foto 45. Frantoio 8: posizionamento della centralina nel punto A, B.





Figura 17. Frantoio 9: punti di posizionamento della strumentazione.

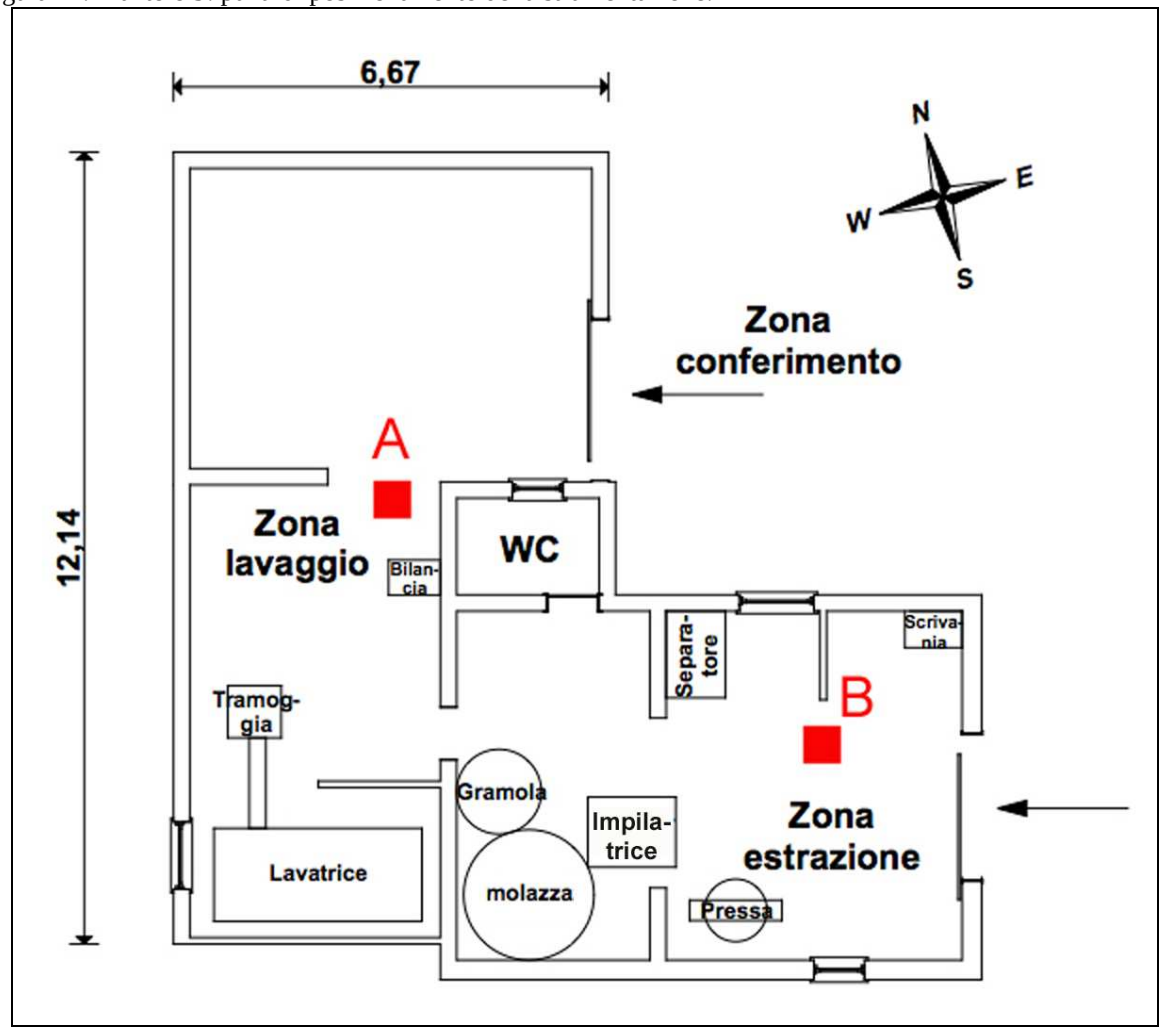


Foto 46. Frantoio 9: posizionamento della centralina nel punto A, B.





Terminata la fase di acquisizione si è passati alla successiva fase di elaborazione dei dati ottenuti, attraverso l'impiego dell'apposito *software* INFOGAP. È stata inoltre individuata la resistenza termica offerta dall'abbigliamento indossato dai lavoratori (I_{cl}) ed il metabolismo energetico sviluppato per unità di superficie del corpo (M/A_{Du}).

Nonostante il tipo di abbigliamento rappresenti un parametro soggettivo estremamente variabile, nei casi analizzati è stato possibile individuare una discreta uniformità della tipologia degli indumenti utilizzati durante la giornata lavorativa. Questi erano principalmente rappresentati da: generica biancheria intima costituita essenzialmente da *slip* e maglietta di cotone, calze di media lunghezza, pantaloni larghi e dritti, maglione a manica lunga o camicia a manica lunga, scarpe e grembiule da lavoro (foto 47). Per un abbigliamento di questo tipo il *software* ha determinato un indice di resistenza termica pari a 0,153 $m^2 \cdot °C \cdot W^1$.

Foto 47. Particolare dell'abbigliamento indossato dagli operatori all'interno dei frantoi esaminati.







Il metabolismo energetico sviluppato per unità di superficie del corpo è stato invece determinato mediando i valori proposti dalla norma UNI EN ISO 8996:2005 per altri sistemi di produzione considerati simili all'attività svolta all'interno di un frantoio. In particolare:

- 150 W · m^{-2}: attribuito ai dipendenti assegnati al conferimento, che eseguivano questa mansione principalmente attraverso una movimentazione manuale del carico (frantoi 5, 6, 7, 8, 9) ed agli addetti alla fase di estrazione dei frantoi tradizionali (frantoi 8, 9), i quali occupandosi della costituzione delle pile di fiscoli da sottoporre a pressatura sviluppavano necessariamente una maggiore attività metabolica;
- 135 W · m^{-2}: attribuita ai lavoratori addetti al conferimento del prodotto che potevano usufruire di un completo grado di meccanizzazione, che rendeva non necessaria la movimentazione manuale dei carichi (frantoi 1, 2, 3, 4) ed ai responsabili della fase di estrazione nei frantoi continui (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).

7.3.1. Risultati delle analisi microclimatiche

Di seguito vengono riportati i principali parametri ambientali raccolti all'interno delle unità produttive esaminate ed i relativi indici microclimatici derivati dai calcoli eseguiti (tabella 27).

Tabella 27. Principali parametri ambientali ed indici microclimatici all'interno dei frantoi.

Mese/anno	Frantoio	Posizione	T_a [°C]	T_{mrt} [°C]	V_a [m s^{-1}]	RH %	PMV	PPD %
Novembre 2009	1	A	15.62	15.58	0.04	64.14	0.16	5.62
		B	16.42	15.39	0.05	68.80	0.25	6.33
	2	A	13.17	14.76	0.04	64.33	- 0.14	5.44
		B	18.70	18.03	0.06	50.58	0.54	11.17
	3	A	9.82	12.50	0.15	75.63	- 0.59	12.35
		B	12.64	15.71	0.15	61.40	- 0.23	6.17
	4	A	13.45	14.35	0.00	73.67	- 0.08	5.14
		B	18.19	17.80	0.01	60.73	0.53	10.91
	5	A	11.39	11.86	0.04	78.47	- 0.18	5.69
		B	16.01	15.20	0.02	64.04	0.19	5.86
		C	16.83	16.17	0.10	59.57	0.27	6.62
		D	12.30	14.37	0.05	71.58	- 0.23	6.20
	6	A	12.44	17.65	0.05	68.30	0.14	7.21
		B	13.29	21.32	0.08	65.65	0.14	5.75
	7	A	13.23	13.22	0.10	68.93	0.02	5.11
		B	15.75	16.70	0.01	58.26	0.22	6.04
		C	14.75	16.97	0.03	59.52	0.12	5.37
	8	A	13.42	15.46	0.03	79.75	0.19	6.10
		B	18.09	17.80	0.02	70.01	0.78	17.73
	9	A	17.15	17.31	0.05	75.14	0.66	14.04
		B	18.77	17.35	0.02	68.19	0.83	19.45

I valori di PMV sono compresi tra – 0,59 e + 0,83, pertanto il microclima caratterizzante gli ambienti di lavoro può essere definito moderato, con indici di *comfort* termico molto vicini alla neutralità.

Lo stesso vale per la percentuale prevista di insoddisfatti PPD, che salvo alcune eccezioni ha identificato bassi livelli di insoddisfazione tra i lavoratori, risultando sempre inferiore al 10 %, valore che può essere considerato come limite teorico di accettabilità per un microclima moderato.

I valori più elevati di PMV, sono stati identificati all'interno dei frantoi 8 e 9, caratterizzati entrambi dal sistema tradizionale di estrazione e dalla fase di conferimento del prodotto

gestita esclusivamente attraverso la movimentazione manuale del carico. In questi casi la maggiore attività fisica richiesta per l'assolvimento delle principali mansioni, (creazione delle pile di fiscoli e scarico delle cassette e dei sacchi contenenti le olive) porterebbe a consigliare l'adozione di alcuni accorgimenti al fine di ridurre la leggera sensazione di *discomfort* termico registrata. Queste potrebbero consistere per gli addetti alla zona di estrazione principalmente nell'utilizzo di un abbigliamento più leggero e di conseguenza caratterizzato da un minore indice di resistenza termica (I_{cl}), che andrebbe a bilanciare il maggior quantitativo di calore prodotto dall'intensa attività muscolare richiesta per l'assolvimento della mansione.

Una modifica dell'abbigliamento al contrario non può essere consigliata come soluzione per i lavoratori addetti al carico ed allo scarico manuale delle olive. Come già descritto infatti la mansione in questione richiede la presenza dell'operatore anche al di fuori dei locali di lavorazione, determinando di conseguenza una loro generale esposizione agli agenti atmosferici esterni per parte della giornata lavorativa (foto 48, 49, 50).

Foto 48. Frantoio 2: comunicazione del frantoio con l'ambiente esterno.





Foto 49. Frantoio 3: comunicazione del frantoio con l’ambiente esterno.





Foto 50. Frantoio 5: comunicazione del frantoio con l’ambiente esterno.



In definitiva vi sono buone condizioni di *comfort* microclimatico in tutte le realtà produttive oggetto di indagine. Le leggere oscillazioni dell'indice PMV dal valore di neutralità a valori leggermente positivi, non si è dimostrato tale da destare preoccupazione, o richiedere la necessità di intervenire con misure di sicurezza immediate volte a riportare i parametri a valori di normalità.

Tutto ciò risulta confermato anche dalla percentuale di insoddisfatti calcolata che, salvo le eccezioni descritte in precedenza, ha dimostrato sempre valori inferiori al 10 %; limite teorico di accettabilità per i microclimi moderati.

Le condizioni microclimatiche di neutralità sono anche dovute alla presenza di un unico locale di lavorazione che, contrariamente ad altre attività produttive, non richiede il repentino passaggio tra zone con parametri climatici molto diversi (ad esempio nei caseifici ci si sposta dai locali di produzione alle celle frigorifere).

7.4. Il rumore

L'esposizione al rumore in qualsiasi ambiente di lavoro e quindi anche in agricoltura rappresenta uno dei principali fattori di rischio per la salute dei lavoratori.

Ciò è dovuto ai gravi ed in alcuni casi insospettabili effetti che sono stati riscontrati su individui esposti ad elevati livelli di rumore, durante lo svolgimento della attività lavorativa.

Tra questi effetti, l'ipoacusia, cioè la diminuzione, fino alla perdita, della capacità uditiva, è la malattia professionale più nota.

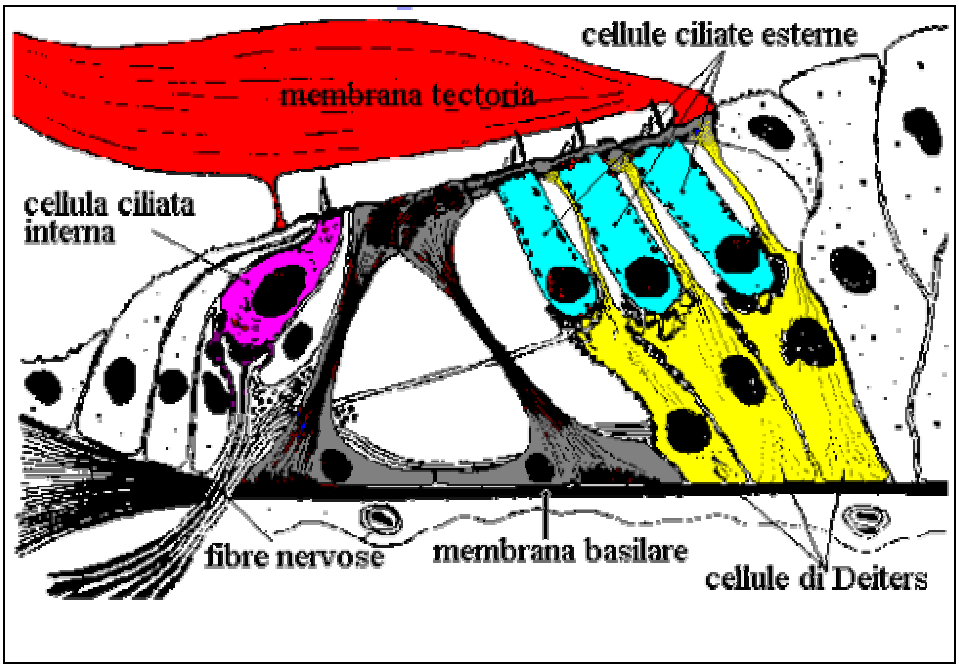
L'ipoacusia da rumore si presenta in seguito ad una serie di alterazioni che si verificano a carico delle strutture neuro – sensoriali e dell'orecchio interno.

Più precisamente, la sede principale in cui si verificano i danni è l'Organo del Corti, situato nella coclea. In esso sono presenti due tipi di cellule acustiche ciliate: quelle interne, denominate con la sigla IHC e quelle esterne indicate con OHC[11] (figura 18).

Gran parte dei danni acustici determinati dall'esposizione al rumore è causata da un cattivo funzionamento dei suddetti meccanismi. L'esposizione a rumore determina un danno a livello della sinapsi fra recettore e via nervosa afferente a livello delle IHC ed un danno alle OHC. Il danno alla sinapsi della via afferente può essere reversibile mentre, se nelle OHC si instaura la morte cellulare, il danno diviene irreversibile. Inoltre, a livello delle sinapsi fra IHC e via afferente, i meccanismi riparativi non possono instaurarsi se l'esposizione a rumore è continuativa. Anche esposizioni di carattere impulsivo prolungate nel tempo possono comportare danni irreversibili, che si manifestano con un innalzamento permanente della soglia uditiva.

[11] Le cellule acustiche ciliate, in numero di circa 20.000, hanno il compito di trasdurre l'impulso meccanico arrivato attraverso la staffa (*energia cinetica*) in stimolo elettrico (*energia elettro – chimica*). Le cellule acustiche sono in contatto con le cellule nervose del nervo acustico, che trasmette l'impulso elettro – chimico all'area acustica della corteccia celebrale ed al lobo temporale, dove viene decodificato e si ha la percezione del suono, analizzato nelle sue componenti frequenziali.

Figura 18. Particolare della struttura interna dell'orecchio umano.



Il rumore ad intensità elevata inoltre può essere causa di effetti anche al sistema vestibolare[12] dell'orecchio (figura 19), con vertigini, nausea, disturbi dell'equilibrio, di solito reversibili dopo la cessazione dello stimolo sonoro.

Oltre ai danni sopra descritti, che costituiscono come già detto quelli più conosciuti e studiati, va anche ricordato che il rumore determina un effetto di mascheramento che disturba le comunicazioni verbali e la percezione di segnali acustici di sicurezza (con un aumento di probabilità degli infortuni sul lavoro), favorisce l'insorgenza della fatica mentale, con conseguente diminuzione dell'efficienza del rendimento lavorativo, provoca turbe dell'apprendimento ed interferenze sul sonno e sul riposo.

[12] Il Sistema Vestibolare, altrimenti detto sistema dell'equilibrio, è il sistema sensoriale che provvede all'*input* dominante riguardo i movimenti del corpo e riferisce al Sistema Nervoso Centrale (SNC) riguardo la percezione dell'equilibrio. Insieme con la coclea, una parte del sistema uditivo, costituisce il labirinto dell'orecchio interno, situato nel vestibolo dell'orecchio interno. Dal momento che i nostri movimenti, durante la vita quotidiana, sono essenzialmente di tipo rotatorio e di tipo traslatorio, il sistema vestibolare è composto dai Canali Semicircolari, i sensori dei movimenti angolari – rotatori del capo, e gli Organi Otolitici che "sentono" e riferiscono al cervello circa le traslazioni lineari. Il Sistema Vestibolare "invia" segnali essenzialmente alle strutture neurali che controllano i movimenti oculari ed ai muscoli che ci consentono di stare in piedi. Le proiezioni di queste informazioni costituiscono le basi anatomiche del Riflesso Vestibolo – Oculomotore (VOR), che è richiesto per una visione chiara e le proiezioni ai muscoli che controllano la nostra postura sono di fondamentale importanza per il mantenimento della stazione eretta.

Figura 19. Rappresentazione tridimensionale delle componenti interne dell'orecchio umano.



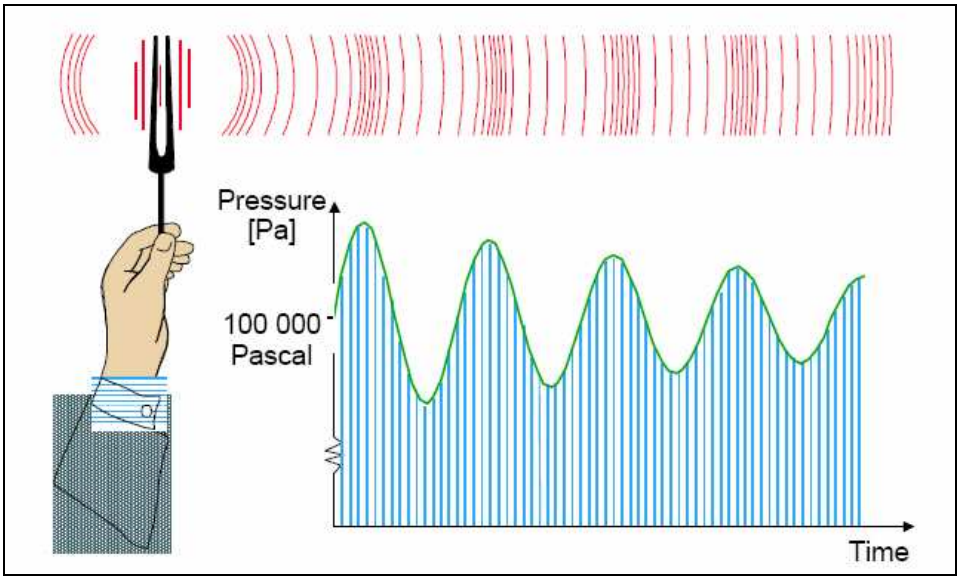
Infine, pur non esistendo ancora un chiaro inquadramento eziopatogenetico[13] e nosologico[14], si tende generalmente ad accettare che il rumore provochi anche una serie di effetti *extra* – uditivi. L'apparato cardiovascolare sembra essere il più influenzato direttamente ed indirettamente dal rumore. Ciò avverrebbe attraverso un aumento della frequenza cardiaca, della pressione arteriosa, delle resistenze vascolari periferiche, della concentrazione ematica ed urinaria di noradrenalina e spesso di adrenalina. Diversi autori hanno studiato il rapporto tra danno uditivo ed ipertensione arteriosa, ma i risultati sono ancora insufficienti e contraddittori per formulare un giudizio attendibile. In relazione agli altri parametri studiati, pur essendo gli studi meno numerosi, sembra accertata la comparsa di turbe coronariche per esposizione a rumore in particolare in soggetti con pre – esistente coronaropatia [ISPESL, 2005]

[13] L'eziopatogenesi in medicina è l'analisi del processo di insorgenza di una patologia, con particolare attenzione alle sue cause.
[14] La nosologia è lo studio scientifico volto alla classificazione delle malattie.

7.4.1. Il suono ed il rumore

Il suono è generalmente definito come una qualsiasi variazione periodica della pressione dell'aria, generata da un qualunque elemento vibrante (ad esempio un diapason), che l'orecchio umano, sensibile alle suddette variazioni di pressione, possa percepire (figura 20).

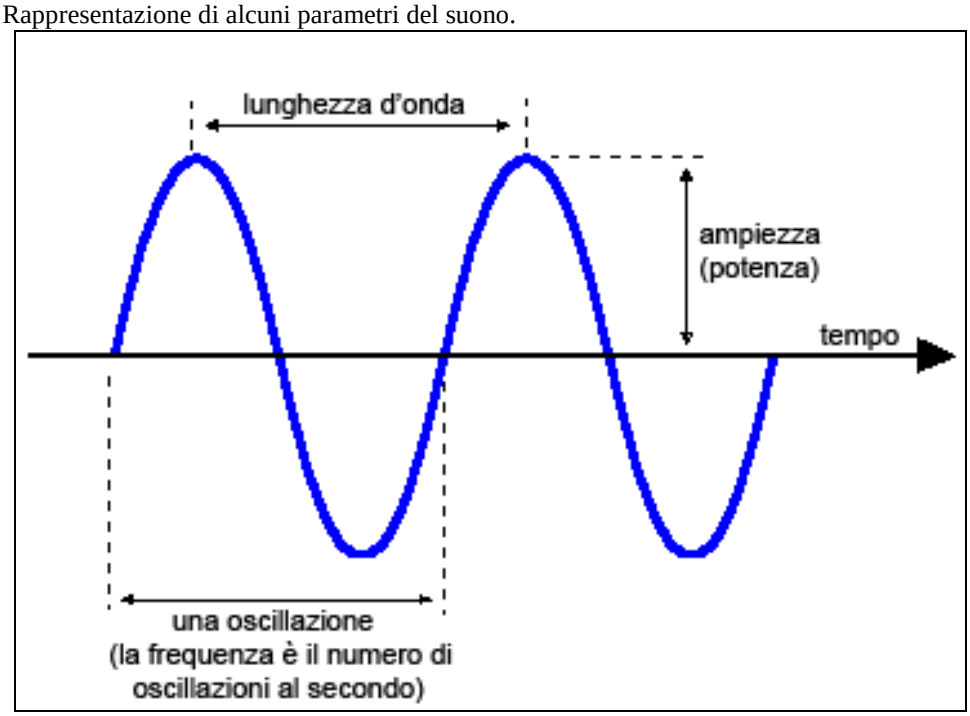
Figura 20. Variazioni periodiche generate da un diapason nella pressione statica dell'aria che ha un valore nominale di $1 \cdot 10^5$ *Pa*.



Il presupposto fondamentale per la formazione, la trasmissione del suono e la sensazione uditiva è rappresentato dalle variazioni di pressione del mezzo elastico. Il numero di tali variazioni nel tempo rappresenta la grandezza fondamentale per caratterizzare qualitativamente un suono: la frequenza (*f*). Essa è l'inverso del periodo (*T*), intendendo con quest'ultimo la durata di un ciclo, ossia l'intervallo di tempo impiegato dall'onda sonora per ripresentarsi allo stesso stato. La lunghezza d'onda (λ) espressa in metri indica la distanza tra due creste d'onda successive. Anche in questo caso quindi frequenza e lunghezza d'onda sono inversamente proporzionali. La "quantità" del suono è infine espressa dall'ampiezza (*D*) delle variazioni di pressione (figura 21).

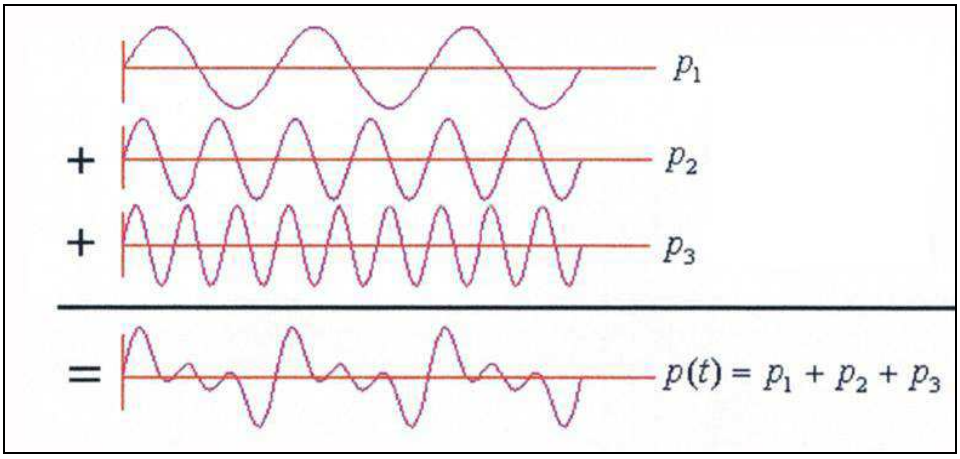
La frequenza viene talvolta comunemente indicata con il termine di tono o altezza. Si definisce come tono puro un suono caratterizzato da un'oscillazione sinusoidale avente un'unica frequenza (ad esempio quella prodotta dal diapason in figura 20).

Figura 21. Rappresentazione di alcuni parametri del suono.



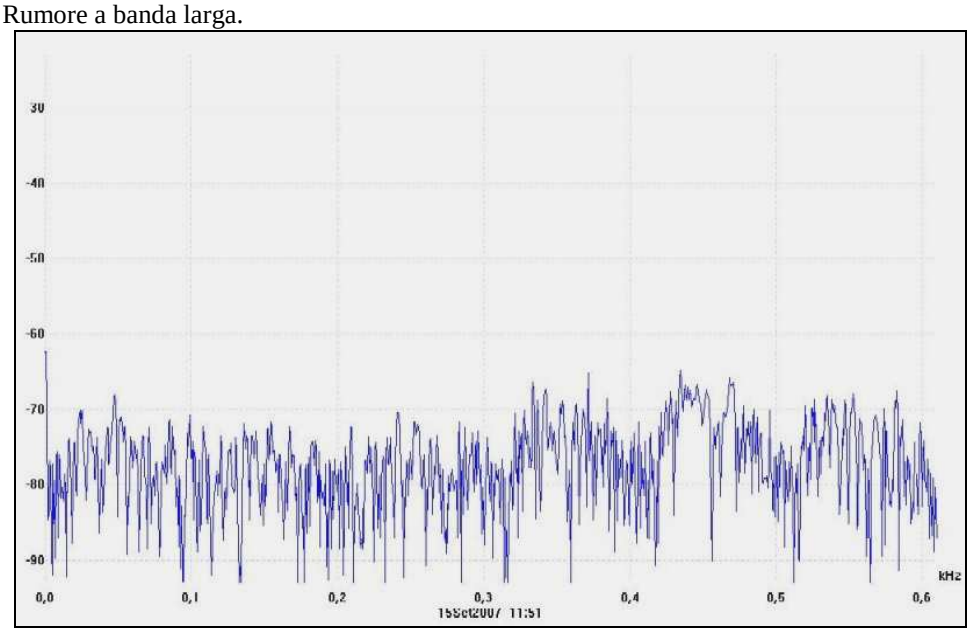
Il suono, nella sua accezione strettamente fisica, è invece composto da un tono puro di base e da toni armonici, i quali sono dei multipli interi della frequenza di base e determinano il timbro. La forma d'onda di un suono armonico è composta pertanto dalla sovrapposizione (cioè dalla somma algebrica) delle forme d'onda dell'armonica fondamentale e di quelle di altri toni puri correlati ad esso armonicamente (figura 22).

Figura 22. Scomposizione del suono nelle sue componenti di base.



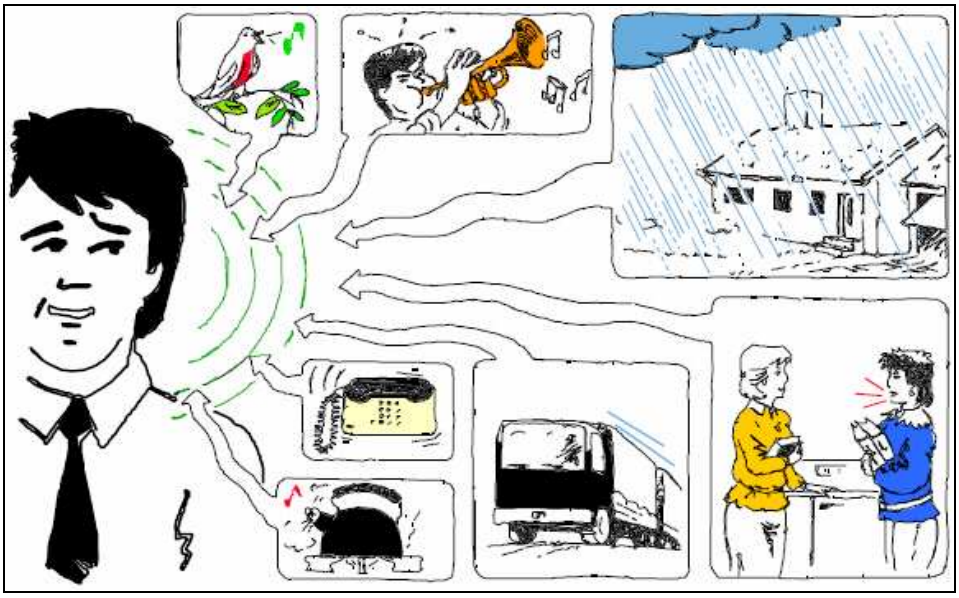
La maggior parte di ciò che noi udiamo invece è il risultato di suoni non periodici nel tempo e composti da più frequenze disarmoniche, le quali non si trovano tra loro in rapporto intero (cascata d'acqua, martello pneumatico), in tal caso si parla di rumore a banda larga; è tipicamente il rumore prodotto da macchine ed attrezzature industriali (figura 23).

Figura 23. Rumore a banda larga.



Naturalmente nella vita quotidiana l'uomo è sottoposto a numerose tipologie di suono, che può essere fonte di piacere o di segnalazione (musica, comunicazione verbale, avvisi acustici) (figura 24), ma che può anche generare un fastidio. In questo caso il suono, che risulta indesiderato, viene comunemente chiamato "rumore".

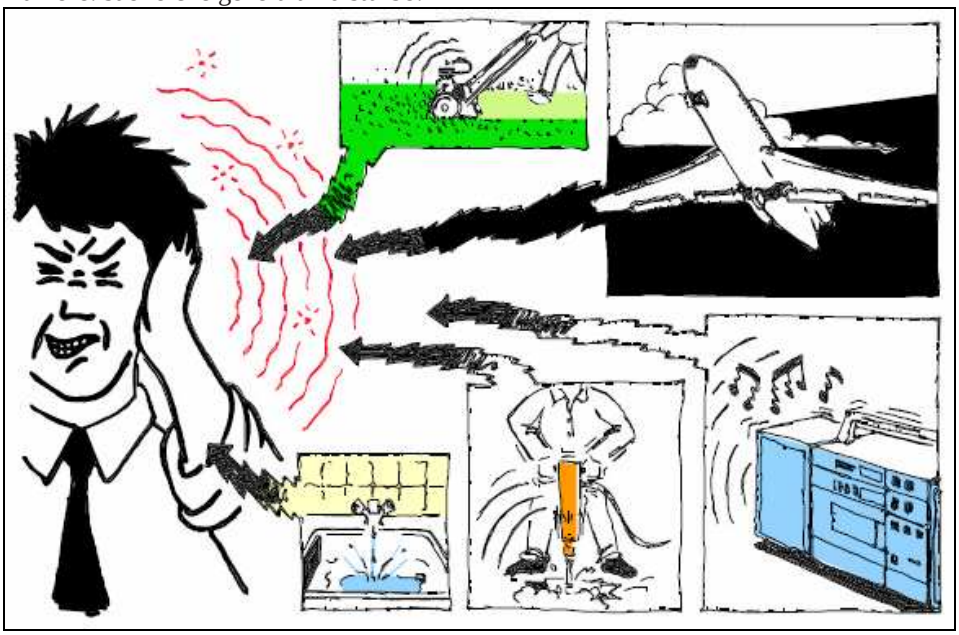
Figura 24. il suono nella vita di tutti i giorni.



È facile comprendere come il disturbo provocato dal rumore sia in molti casi legato al giudizio soggettivo di chi lo subisce ed allo stesso tempo influenzato dall'ambiente e dalla situazione in cui esso venga udito. Per questo motivo molto spesso anche suoni non elevati sono fastidiosi (graffio di un disco, pavimento che scricchiola, gocce che cadono). Lo stesso

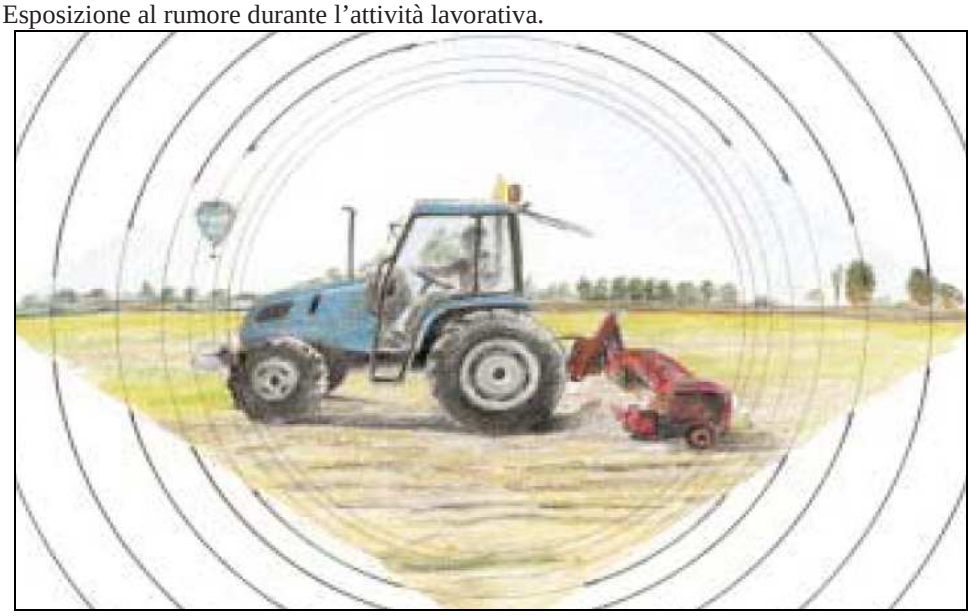
vale anche per il cosiddetto rumore ambientale, prodotto ad esempio dalle automobili e dagli elettrodomestici, con cui l'uomo ha a che fare tutti i giorni e che pur non provocando danni all'apparato uditivo, deve essere comunque tenuto sotto controllo poichè determina una riduzione della qualità della nostra vita (basti pensare alla difficoltà con cui ci si riesce a concentrare in presenza di un rumore costante) (figura 25).

Figura 25. il rumore: suono che genera un disturbo.



Al rumore ambientale sopra citato va poi aggiunto anche quello cui l'uomo è inevitabilmente esposto durante lo svolgimento di determinate attività lavorative che richiedono l'impiego di macchine o attrezzi in grado di generare elevati livelli di rumore. In questo caso l'esposizione prolungata del lavoratore può, come già detto precedentemente, determinare la graduale perdita dell'udito ed il rumore quindi non è più considerato fastidioso, ma dannoso (figura 26).

Figura 26. Esposizione al rumore durante l'attività lavorativa.



In alcuni casi infine il suono può anche essere distruttivo, ossia provocare un danno immediato ed irreparabile a persone o cose: un'esplosione ad esempio genera un'onda sonora di tale intensità da poter rompere i vetri di una finestra o danneggiare irreparabilmente il timpano all'interno dell'orecchio.

Lo studio di tutti i campi che caratterizzano il suono, dalla sua generazione alla propagazione e ricezione, riferiti all'uomo, ai macchinari ed agli strumenti di misura, prende il nome di acustica.

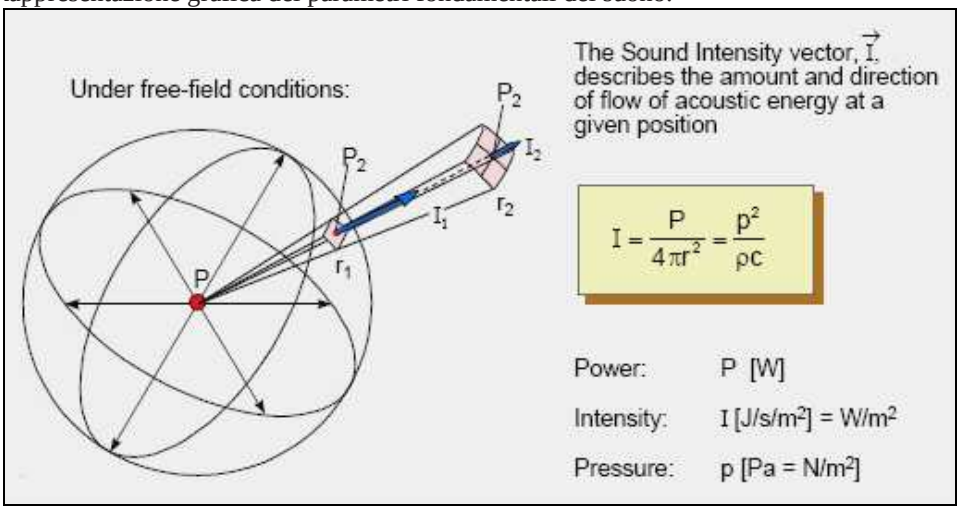
7.4.2. I parametri fondamentali del suono

Per misurare e definire il suono o il rumore vengono generalmente utilizzati tre parametri fondamentali:

- La pressione sonora (p): è prodotta dalle sorgenti sonore presenti in un determinato ambiente e di conseguenza è influenzata dalle caratteristiche acustiche dell'ambiente stesso. Viene comunemente misurata in *Pascal* (1 Pa = 1 N/m^2). La pressione sonora costituisce il parametro più semplice da misurare e poichè l'orecchio umano reagisce ad essa, la sua misura può essere impiegata per determinare gli effetti prodotti dal rumore sull'uomo. A causa tuttavia delle variazioni che si riscontrano tra i valori di pressione sonora di una sorgente di rumore, in rapporto alla distanza tra il punto di misura e la sorgente stessa ed alle caratteristiche acustiche dell'ambiente in cui ci si trova, questo descrittore non risulta molto significativo a meno che non vengano specificate di volta in volta le condizioni in cui sono state eseguite le misure;

- La potenza sonora (*P*): descrive la capacità di emissione sonora di una sorgente ed è definita come l'energia sonora totale irradiata per unità di tempo. La sua unità di misura è il *Watt* (*W*) e non può essere misurata direttamente, ma richiede una metodologia particolare per essere determinata. Al contrario della pressione sonora, questo parametro è la grandezza che meglio descrive la capacità di produrre rumore di una qualunque sorgente, indipendentemente dalle caratteristiche ambientali;
- L'intensità sonora (*I*): è definita come la quantità di energia sonora che attraversa ad ogni secondo una superficie unitaria disposta perpendicolarmente alla direzione di propagazione delle onde sonore. Permette di descrivere il flusso di energia acustica per unità di superficie in un dato punto e viene misurata in *Watt/m*^{2}. L'intensità sonora fornisce anche l'indicazione della direzione di propagazione, visto che il flusso si propaga in determinate direzioni e non in altre. Di conseguenza l'intensità sonora è una grandezza vettoriale dotata sia di ampiezza (magnitudine) che di direzione, al contrario della pressione sonora, che avendo come unica dimensione l'ampiezza è considerata una grandezza scalare. Esiste una relazione che lega l'intensità con la pressione sonora efficace e con le caratteristiche di massa volumica del mezzo (ρ) e velocità del suono (*c*) nel mezzo stesso. (figura 27).

Figura 27. Rappresentazione grafica dei parametri fondamentali del suono.



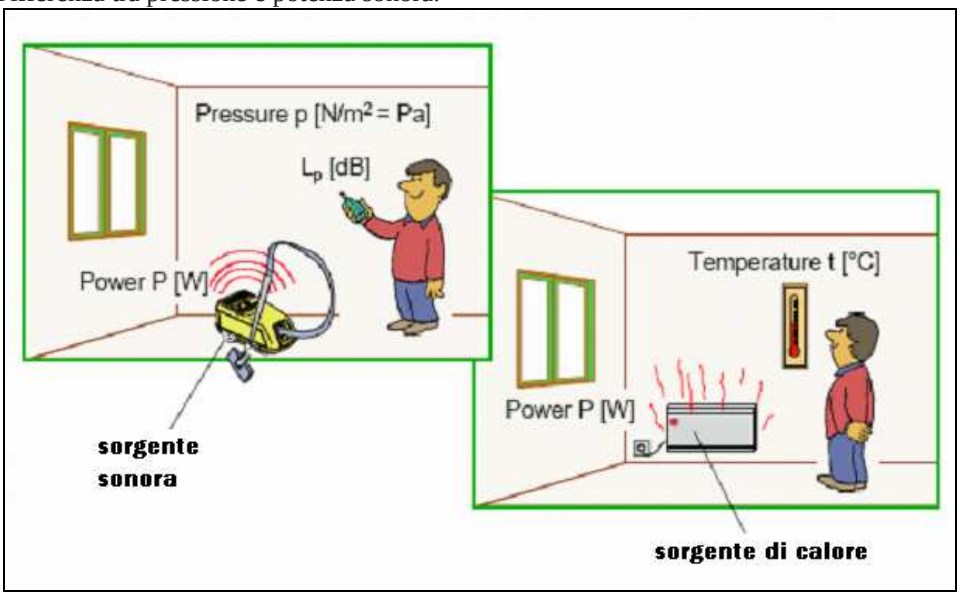
Per poter facilmente comprendere la differenza esistente tra pressione e potenza sonora è possibile fare un esempio in cui una qualsiasi sorgente sonora viene paragonata ad una sorgente di calore (riscaldatore).

Ponendo infatti un riscaldatore in una stanza, la quantità di calore prodotta è svincolata dall'ambiente; esso cioè produrrà la stessa quantità di energia termica indipendentemente

dalla posizione in cui venga collocato nella stanza. Di contro, la temperatura misurata nella stanza risulterà invece differente da un punto all'altro e dipenderà strettamente sia dalle caratteristiche ambientali, sia dal punto in cui è posizionato il riscaldatore.

Allo stesso modo una sorgente sonora emetterà sempre lo stesso numero di *Watt* (potenza) in qualsiasi ambiente sia situata, ma la pressione sonora rilevata nei vari punti della stanza dipenderà, come accennato in precedenza, dalle caratteristiche acustiche di quest'ultima e dalla posizione della sorgente nella stanza (figura 28).

Figura 28. Differenza tra pressione e potenza sonora.



In conclusione è possibile identificare quattro motivi fondamentali per i quali risulta molto importante misurare la potenza sonora:

1. vista la sua indipendenza dall'ambiente, essa permette il confronto oggettivo dell'energia sonora emessa da sorgenti di rumore di tipo diverso;
2. conoscendo le caratteristiche acustiche di un determinato ambiente, i valori di potenza sonora di una sorgente consentono di predire i livelli di pressione sonora quando la sorgente di rumore è in funzione;
3. le norme internazionali e le direttive europee, nel caso di macchine dotate di elevata rumorosità, richiedono la dichiarazione del livello di potenza sonora emessa;
4. la potenza sonora viene utilizzata per determinare le sorgenti di rumore di una macchina complessa.

7.4.3. Espressione della quantità dei parametri acustici

I parametri acustici sopra descritti: pressione (*p*), potenza (*W*) ed intensità sonora (*I*), vengono generalmente quantificati come "livelli" (L_p, L_w, L_i), il che sta ad indicare che le quantità hanno un certo livello al di sopra dei rispettivi livelli di riferimento.

Tali livelli vengono espressi in *Bel* o nella sua decima parte il *decibel* (*dB*), per cui si ha che 1 *Bel* = 10 *dB*.

Il *Bel* e di conseguenza il *dB*, non costituiscono una unità di misura assoluta, ma il logaritmo in base 10 del rapporto tra la quantità misurata ed il livello di riferimento stabilito, che per la potenza corrisponde ad 10^{-12} *W*, per l'intensità ad 10^{-12} W/m^2 e per la pressione sonora a 20 μPa.

Da quanto detto si deduce che:

i livelli di potenza ed intensità sonora espressi in *Bel* e *dB* corrisponderanno rispettivamente a:

$$L_w(bel) = \log_{10}(\frac{W_1}{W_0}) \quad ; \quad L_w(dB) = 10 \cdot \log_{10}(\frac{W_1}{W_0})$$

$$L_I(bel) = \log_{10}(\frac{I_1}{I_0}) \quad ; \quad L_I(dB) = 10 \cdot \log_{10}(\frac{I_1}{I_0})$$

Mentre i livelli di pressione sonora espressi in *dB* corrisponderanno a:

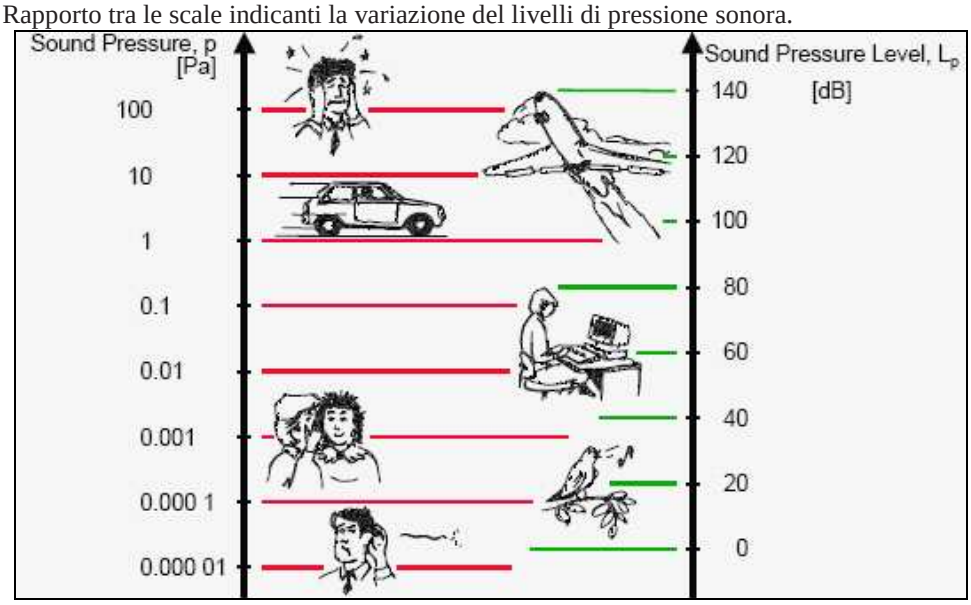
$$L_p(dB) = 10 \cdot \log_{10}(\frac{p_1}{p_0})^2 = 20 \cdot \log_{10}(\frac{p_1}{p_0})$$

Questo diverso modo di esprimere il rapporto tra le due pressioni sonore deriva dal fatto che la potenza sonora è proporzionale al quadrato della pressione.

Il ricorso al logaritmo è dovuto sia al fatto che le sensazioni uditive soggettive non corrispondono linearmente all'ampiezza di un suono, ma sono più vicine al logaritmo della variazione relativa tra due livelli, sia al fatto che la scala logaritmica permette di esprimere con un campo numerico contenuto delle quantità il cui valore assoluto varia in modo estremamente ampio.

Per comprendere facilmente quanto appena detto basta mettere in relazione le due scale indicanti il campo di variazione dei valori assoluti della pressione sonora ed i corrispondenti livelli in *decibel* (figura 29).

Figura 29. Rapporto tra le scale indicanti la variazione del livelli di pressione sonora.



Come si può notare dalla precedente immagine a 0 *dB*, che costituisce la soglia di udibilità, corrispondono 0,00002 *Pa*, mentre a 140 *dB*, che rappresenta la soglia del dolore corrispondono 200 *Pa*.

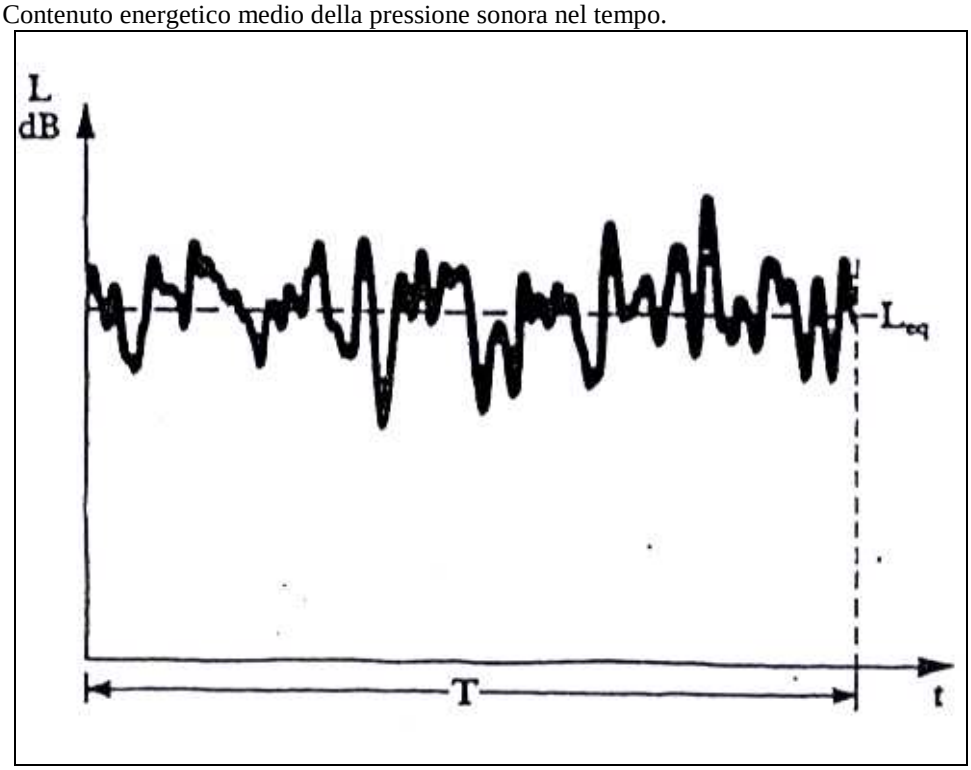
I suoni ed i rumori inoltre possono essere suddivisi in base al loro andamento nel tempo in:

- rumori costanti: generalmente avente una durata maggiore di 1 *s* (caratterizzato da una differenza fra il massimo ed il minimo di L_{AS} minore di 3 dB(A);
- rumori fluttuanti: caratterizzati da una durata superiore ad 1 *s* e da una differenza fra il massimo ed il minimo di L_{AS} maggiore di 3 dB(A);
- rumori impulsivi: caratterizzati da una rapida crescita e da un rapido decadimento del livello sonoro (esplosione);
- rumori ciclici: i quali si ripetono sempre con le stesse caratteristiche ad intervalli di tempo uguali e maggiori al secondo.

Molto importante a questo punto è la comprensione del concetto del livello sonoro continuo equivalente indicato con $L_{eq,T}$.

La maggior parte dei suoni e dei rumori presenti nel mondo reale presentano caratteristiche di fluttuazione più o meno rapide. Per questo motivo al fine di ottenere un valore rappresentativo del contenuto energetico “medio” della pressione sonora, quest’ultima viene comunemente indicata attraverso la media energetica del rumore durante l’intero periodo di osservazione (figura 30).

Figura 30. Contenuto energetico medio della pressione sonora nel tempo.



Tale valore, che costituisce appunto il livello sonoro continuo equivalente ($L_{eq,\,T}$), non è altro che il livello di pressione acustica integrato nel tempo ed è calcolato con la seguente formula:

$$L_{eq,T}(dB) = 10 \cdot \log_{10}\left[\frac{1}{T}\int_0^T \frac{p^2 t}{p_0^2}\,dt\right]$$

in cui:

T = tempo di campionamento del rumore (s);

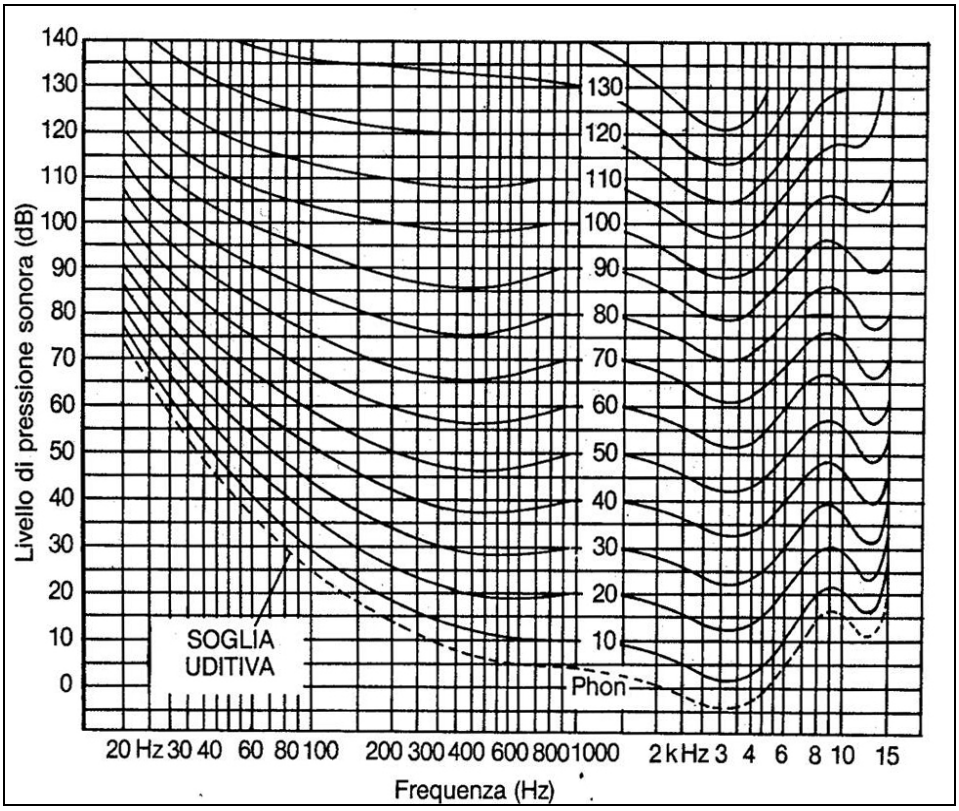
$p(t)$ = pressione acustica istantanea (Pa);

p_0 = pressione di riferimento (20 μPa).

Va ricordato che al fine di valutare da un punto di vista bio – fisico un determinato rumore, anche in funzione dei danni che può provocare all'apparato uditivo, la pressione viene "ponderata", cioè "filtrata" in funzione della propria frequenza.

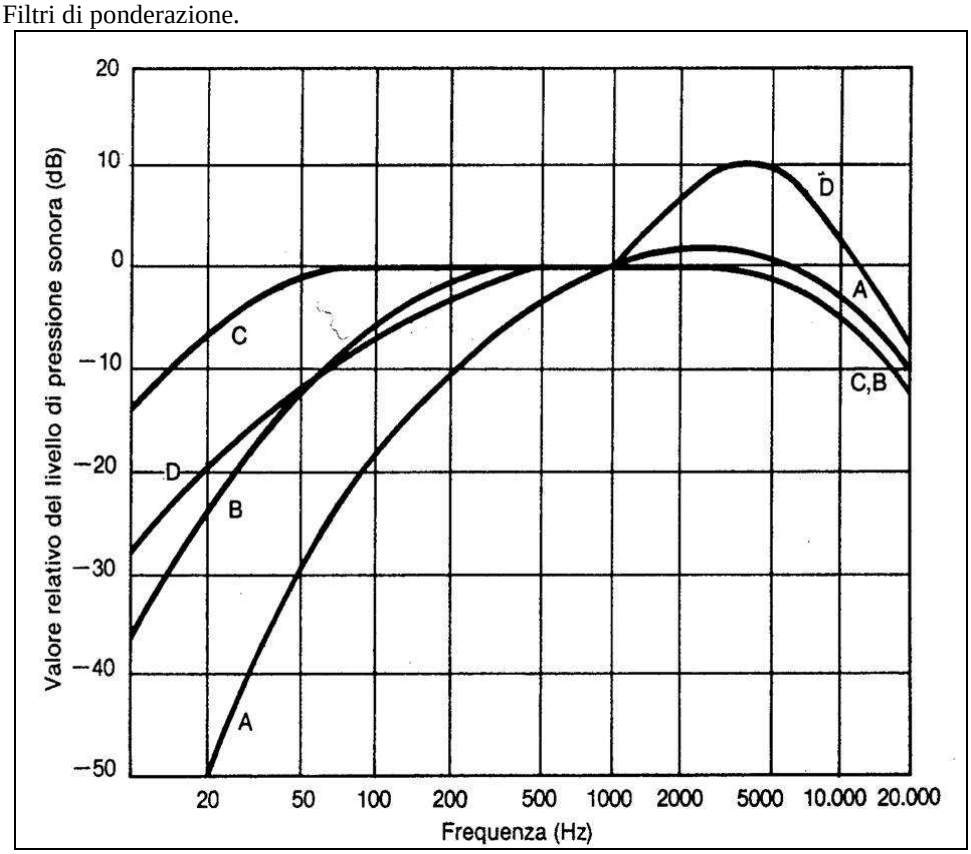
L'orecchio umano presenta infatti una differente sensibilità in funzione delle frequenze che caratterizzano il rumore. Un suono di un certo livello con frequenza di 1.000 *Hz* ad esempio, non produce lo stesso effetto di un suono, del medesimo livello, ma con frequenza di 50 *Hz*. A tale riguardo sono state realizzate delle curve di isosonia (egual sensazione sonora), le quali consentono di determinare il livello di pressione acustica che, al variare della frequenza, dà luogo alla stessa sensazione soggettiva (figura 31).

Figura 31. Curve di isosonia.



Sulla base delle suddette curve di isosonia, sono stati introdotti quindi dei filtri di ponderazione standardizzati. Trattando (attenuazione o amplificazione) le singole pressioni che caratterizzano un rumore in banda larga secondo un certo filtro ed infine sommandole tra loro, viene così fornito un valore globale del livello di rumore. Uno dei filtri più comunemente adottati nelle misure di rumore all'orecchio dell'esposto è quello "A", il quale è in grado di riprodurre assai fedelmente la trasmissione acustica dell'orecchio umano per bassi livelli, ma filtri di ponderazione specifici possono essere impiegati per medi ed elevati livelli ("B" e "C"), sebbene questi ultimi non siano correlati in maniera soddisfacente con le prove di sensazione soggettiva. Altri filtri vengono usati per rumori specifici (rumore prodotto dagli aerei) (figura 32).

Figura 32. Filtri di ponderazione.



Adottando pertanto la curva di ponderazione "A" il livello sonoro continuo equivalente ($L_{eq,T}$) prende il nome di livello sonoro continuo equivalente ponderato A ($L_{Aeq,T}$).

Nell'ambito di una giornata lavorativa la durata dell'esposizione al rumore varia naturalmente da lavoratore a lavoratore. Al fine di classificare l'esposizione individuale e pertanto il rischio conseguente secondo un criterio standardizzato, a livello comunitario il $L_{Aeq,T}$ è stato riferito a 8 ore di esposizione quotidiana, venendo così a definire l'esposizione quotidiana personale di un lavoratore al rumore ($L_{EX,8h}$):

$$L_{EX,8h}\,dB(A) = L_{Aeq,Te} + 10\log_{10}\frac{Te}{To}$$

in cui:

Te = tempo effettivo di esposizione giornaliera al rumore (*h*);

To = durata standard della giornata lavorativa (8 *h*);

$L_{Aeq,Te}$ = livello sonoro continuo equivalente ponderato A relativo alla durata giornaliera dell'esposizione *Te*.

Il livello sonoro individuato da tale espressione risulta molto importante ai fini pratici della tutela dei lavoratori. Il capo II all'interno del Titolo VIII del D. Lgs. 81/08 infatti riporta i valori limite di esposizione al rumore dei lavoratori ed i valori di azione sui quali basare i

successivi interventi di informazione e formazione del personale, monitoraggio e prevenzione (tabella 28).

Tabella 28. Valori limite e valori di azione secondo il D. Lgs. 81/08.

Classi	Livello di esposizione quotidiana [dB(A)]	Pressione acustica di picco [dB(C)]	Misure da adottare
1	> 80 e ≤ 85	≥135 e <137	Informazione del personale sui rischi per l'udito e sulle misure di protezione.
2	> 85 e < 87	≥137 e <140	Obbligo del datore di lavoro di interventi informativi e formativi. Agli addetti devono essere forniti i mezzi individuali di protezione acustica. È obbligatorio effettuare controlli clinici ed audiometrici del personale, con una visita medica preventiva ed una periodica almeno ogni anno.
3	≥ 87	≥140	Istruire il personale addetto. Obbligo di utilizzo dei D.P.I. Installazione segnaletica adeguata. Delimitazione e limitazione dell'accesso alle zone interessate. Controllo sanitario con visita medica preventiva ed una di controllo almeno ogni anno. Iscrizione in un registro dei livelli di esposizione degli operatori e comunicazione all'organo di vigilanza delle misure tecniche ed organizzative applicate.

Qualora il livello di esposizione risultasse variabile da un giorno all'altro è prevista la possibilità di "mediare" tale livello, ad esempio per una settimana lavorativa di riferimento pari a 5 giorni. In tal caso si ottiene l'esposizione settimanale professionale al rumore di un lavoratore ($L_{EX,W}$):

$$L_{EX,W}dB(A) = 10\log_{10}\left[\frac{1}{5}\cdot\sum_{k=1}^{m}10^{0,1(L_{EX,8h})^k}\right]$$

in cui:

m = numero delle giornate lavorative della settimana;

k = indice rappresentativo della giornata lavorativa;

$(L_{EX,8h})^k$ = valore di $L_{EX,8h}$ relativo alla k-esima giornata lavorativa *dB(*A*)*.

Infine altro importante parametro assunto come indicatore del rischio di danno uditivo è il valore massimo (picco) della pressione acustica istantanea ponderata C raggiunto nel corso dell'esposizione. Il picco di pressione, pur avendo carattere transitorio, può infatti determinare eventi traumatici a carico del timpano, fino alla sua rottura.

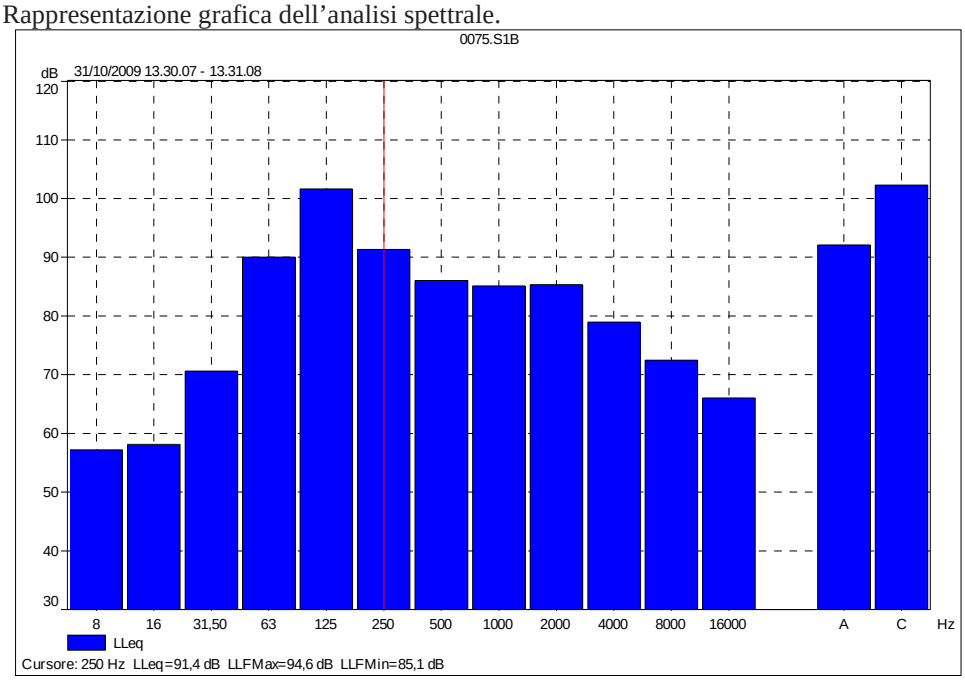
7.4.4. Analisi spettrale

Quando si vuole conoscere con dettaglio il livello della pressione acustica di un rumore in funzione della frequenza si ricorre all'analisi in frequenza, suddividendo la gamma da esaminare (ad es. tra 20 e 20 kHz) in una successione di "bande", caratterizzati da un estremo inferiore ed un estremo superiore di frequenza, all'interno dei quali ricade ogni pressione sonora avente una frequenza compresa fra detti estremi.

Le bande normalizzate a livello internazionale sono le bande d'ottava, le cui frequenze centrali (mediane) sono definite a partire dalla frequenza di riferimento di 1.000 Hz moltiplicandola o dividendola per due. Al fine di ottenere analisi più precise, ciascuna banda a ottave può essere suddivisa in 3 bande a terzi d'ottava.

Le analisi spettrali sono generalmente rappresentate sotto forma di diagramma a colonne, in cui: l'asse orizzontale esprime le frequenze centrali delle bande di frequenza e l'asse verticale il livello sonoro nella corrispondente banda di frequenza (figura 33).

Figura 33. Rappresentazione grafica dell'analisi spettrale.



7.4.5. I campi sonori

I parametri di base del suono sopra descritti non sono indipendenti gli uni dagli altri, ma al contrario sono in stretta relazione. L'entità di tale relazione dipende dai diversi modi in cui le onde sonore si propagano e ciò dipende a sua volta dalle caratteristiche acustiche dell'ambiente o "campo" in cui avviene la generazione e la propagazione del suono.

Nella generalità dei casi si distinguono due condizioni limite di propagazione per le quali la relazione tra i tre parametri risulta ben definita: il campo sonoro libero ed il campo sonoro diffuso. A questi due casi limite, che si verificano solo in condizioni teoriche attraverso la creazione di particolari ambienti acustici, si affianca un terzo tipo di propagazione sonora, che avviene in condizioni intermedie tra i due tipi sopra descritti e che è poi quella che si verifica nell'ambiente reale.

7.4.6. Il campo sonoro libero

In questa condizione, che ricordiamo è solo teorica, le onde sonore si propagano dalla sorgente in uno spazio libero da interferenze e riflessioni. Tale situazione si può verificare naturalmente solo all'aperto, oppure in speciali camere dette anecoiche, che sono dotate di superfici completamente fonoassorbenti. Il campo sonoro libero che si verifica in questo caso viene chiamato attivo. In queste condizioni da una sorgente sonora ad esempio puntiforme[15] e caratterizzata da una emissione uniforme in tutte le direzioni (omnidirezionale), si otterrà una propagazione del suono di tipo sferico in cui la relazione tra pressione, potenza ed intensità è:

$$I = W/4\pi r^2 = p^2/\rho c$$

in cui:

r = distanza dalla sorgente;

ρ = densità dell'aria;

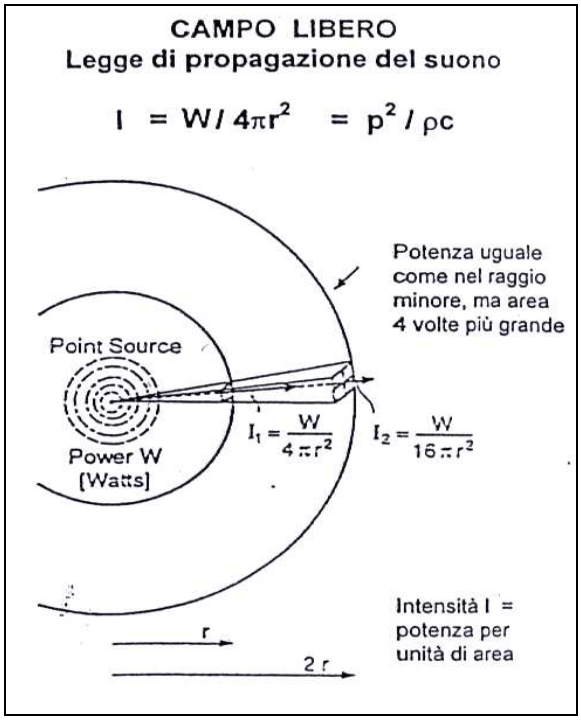
c = velocità del suono;

ed in cui il livello della pressione acustica subisce una diminuzione di 6 *dB* ad ogni raddoppio della distanza dalla sorgente. Se la sorgente è lineare[16] il livello della pressione acustica diminuisce invece di 3 *dB* ad ogni raddoppio della distanza di misurazione (figura 34).

[15] Si tratta di una sorgente di piccole dimensioni. Per definizione è una sorgente la cui dimensione massima è almeno tre volte inferiore alla distanza di misurazione.

[16] Una sorgente è considerata lineare se una delle sue dimensioni è tre volte più grande della distanza di misurazione.

Figura 34. Propagazione del suono in campo libero.



Dalla formula si evince che l'intensità sonora è legata all'area totale su cui agisce la potenza sonora e che essa è anche direttamente proporzionale al quadrato della pressione sonora. Come per i tre parametri si stabilisce la relazione sopra esposta, in condizioni di campo libero anche tra i relativi livelli di questi parametri si stabiliscono relazioni precise:

$$L_i = L_p - 0{,}16\ dB$$

(- 0,16 *dB* è una costante determinata dall'impedenza dell'aria *ρc* e dall'elevazione al quadrato di *p*);

$$L_w = L_p + 10\ log_{10}\ (\frac{S_1}{S_0});$$

$$L_p = L_w + 10\ log_{10}\ (\frac{S_1}{S_0}) = L_w - 10\ log_{10}\ (\frac{r_1}{r_0})^2 - 11dB \qquad \text{con } r_0 = 1\ m^2$$

la relazione tra il livello di potenza e pressione sonora in un determinato punto è determinata dal rapporto tra la distanza r_1 del punto della sorgente e la distanza di riferimento r_0. Il fattore di correzione 11 *dB* introduce l'area totale della sfera. Se la propagazione avviene sì in campo libero, ma su un piano riflettente e quindi semisferico (superficie semianecoica), la superficie della sfera è dimezzata e di conseguenza il fattore di correzione diventa 8 *dB*:

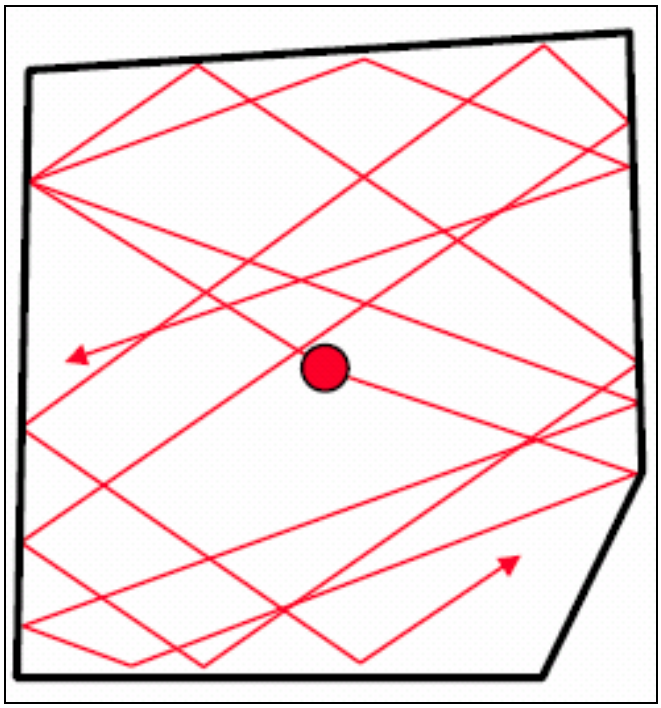
$$Lp = Lw - 10\ log_{10}\ (\frac{r_1}{r_0})^2 - 8dB$$

7.4.7. Il campo sonoro diffuso

Quando la sorgente sonora si trova all'interno di una camera in cui le superfici sono costituite da materiale rigido e riflettente (camera riverberante), si genera il cosiddetto campo diffuso, un campo cioè in cui le onde sonore vengono riflesse in tutte le direzioni da tutte le superfici della camera, creando di conseguenza la stessa densità di energia in tutto l'ambiente. Le riflessioni multiple danno luogo al fenomeno della riverberazione, la quale si estingue in maniera progressiva al cessare dell'emissione dell'onda da parte della sorgente. Con tempo di riverberazione si intende il tempo necessario a provocare una diminuzione di 60 *dB* a partire dall'istante di esclusione della sorgente sonora.

Per ottenere la massima uniformità del campo sonoro ed in modo da evitare la generazione di onde sonore stazionarie[17] che influenzerebbero negativamente le misure, le camere riverberanti vengono generalmente costruite con le pareti sghembe, in cui pertanto non vi sono superfici parallele (figura 35).

Figura 35. Schema di una camera riverberante.



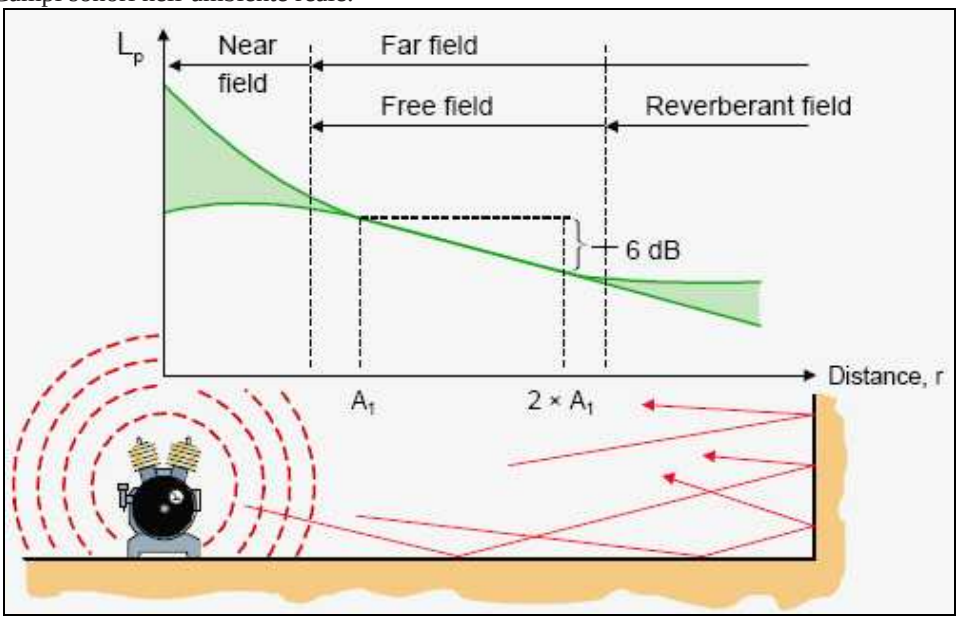
[17] Un'onda stazionaria si forma quando due onde con lunghezza d'onda e ampiezza uguali viaggiano alla stessa velocità nello stesso mezzo.

7.4.8. Ambiente reale

Nelle situazioni reali naturalmente la propagazione del suono avviene in condizioni intermedie a quelle precedentemente analizzate, in ambienti cioè che non risultano nè anecoici nè riverberanti.

In questa situazione si verificano due campi acustici di propagazione del suono: campo vicino (*near field*) e campo lontano (*far field*), il quale è a sua volta suddiviso in campo libero (*free field*) e campo riverberante (*reverberant field*) (figura 36).

Figura 36. Campi sonori nell'ambiente reale.



Il campo vicino è costituito dalla zona che si trova in prossimità della sorgente sonora. Qui la pressione sonora può variare notevolmente anche con piccoli spostamenti del punto di misura a causa di fenomeni complessi di propagazione.

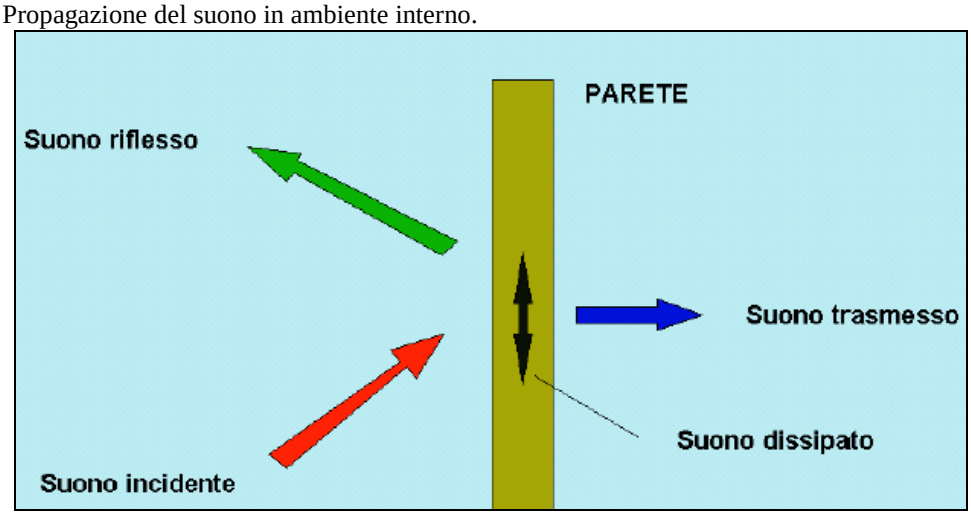
La zona identificata come campo vicino si estende fino ad una distanza che risulta minore della lunghezza d'onda della frequenza più bassa emessa dalla macchina e/o minore del doppio della dimensione più grande della sorgente. Per i sopra citati motivi in questa zona vanno evitate le misure di pressione sonora. Il campo lontano, che è adiacente al campo vicino, è la zona in cui si verificano le condizioni di propagazione più simili a quelle del campo libero e di conseguenza con una attenuazione dei livelli prossima a 6 *dB* per ogni raddoppio della distanza dalla sorgente. Questa costituisce la zona più idonea all'esecuzione delle misure acustiche.

Mano a mano che ci si allontana dalla sorgente, le riflessioni delle onde sonore provocate dalle pareti vanno ad interferire sempre di più con le onde sonore incidenti, facendo così verificare le condizioni di propagazione in campo riverberante.

7.4.9. Assorbimento acustico

Il suono, durante il percorso tra sorgente e ricevitore, può incontrare diversi ostacoli che ne influenzano la propagazione. Ad esempio, quando l'onda sonora incontra una parete, parte dell'energia incidente viene assorbita, parte viene invece riflessa. Inoltre una porzione dell'energia assorbita può attraversare la parete e propagarsi quindi nell'ambiente adiacente (figura 37).

Figura 37. Propagazione del suono in ambiente interno.



La quantità di energia riflessa, così come anche la quantità di energia trasmessa ed assorbita, dipende essenzialmente dalle caratteristiche dell'onda incidente: le onde corte (frequenze alte) possono essere assorbite già con materiali di spessore ridotto, mentre le onde lunghe (frequenze basse) tendono invece ad attraversare o aggirare un ostacolo, oppure ne vengono riflesse dalle caratteristiche acustiche del materiale sui cui l'onda acustica incide.

L'assorbimento superficiale che si produce quando un'onda colpisce una superficie è espresso attraverso il rapporto fra la parte di energia sonora che viene assorbita e l'energia totale incidente. Tale parametro, viene chiamato coefficiente di assorbimento α; ha sempre valore inferiore ad 1 ed è tanto più piccolo quanto più riflettente è la superficie.

I principi attraverso cui un sistema assorbe energia sonora sono diversi e vengono generalmente suddivisi in tre classi:

- assorbimento per porosità (lana di roccia): l'energia sonora incidente viene trasformata in calore per attrito, all'interno delle microcavità tra fibra e fibra;

- assorbimento per risonanza di cavità (pannello forato): L'effetto del fonoassorbimento è in questo caso fondato sul principio di Helmholtz (la massa d'aria contenuta nei vari fori del pannello costituisce con il volume d'aria dell'intercapedine retrostante un sistema meccanico del tipo massa – molla – massa, dotato quindi di una propria frequenza di risonanza). Con questo sistema si può selezionare l'assorbimento acustico su una particolare frequenza;
- assorbimento per risonanza di pannello (membrana): è il caso tipico dell'utilizzo di un pannello semirigido posto ad una determinata distanza da una parete, il quale entra in risonanza quando è sollecitato da onde acustiche ed assorbe energia acustica in corrispondenza alla frequenza propria del sistema.

La scelta dei materiali da adottare per risolvere un problema di assorbimento acustico è legata principalmente alle buone caratteristiche di fonoassorbimento del materiale stesso, ma devono essere tenute in considerazione anche le seguenti caratteristiche:

- un buon materiale fonoassorbente non deve modificare le sue caratteristiche nel tempo;
- alcuni materiali risentono dell'invecchiamento dovuto all'umidità, ai fumi ed alle polveri;
- un materiale fonoassorbente, deve essere incombustibile o autoestinguente;
- tutti i materiali fonoassorbenti utilizzati a vista devono essere lavabili, e per un migliore risultato estetico dovrebbero avere la possibilità di essere colorati.

7.4.10. Strumenti di misura del rumore

Al fine di poter esprimere attraverso un valore ciò che comunemente è sperimentato attraverso una sensazione (percezione uditiva) è necessario avvalersi di un misuratore di livello sonoro: il fonometro. Tale strumento è dedicato alla rilevazione della pressione sonora ed all'elaborazione del segnale al fine di ottenere i descrittori tipici delle misure del rumore sopra descritti: livello di pressione sonora (L_p), livello equivalente di pressione sonora ($L_{eq,\ T}$). È evidente tuttavia che una sensazione sonora che comporta fenomeni fisiologici complessi non può essere tradotta in numeri in modo semplice. Per questo motivo come già accennato il fonometro considera l'andamento della sensibilità dell'orecchio umano in funzione delle diverse frequenze, introducendo nei circuiti elettrici delle curve di ponderazione che approssimano le curve di eguale sensazione dell'audiogramma.

Il fonometro è quindi uno strumento per valutare l'ampiezza dei suoni e fornire dati obiettivi e riproducibili.

Pur esistendo in commercio diversi sistemi per la misura del suono, ciascuno di essi può essere schematicamente ricondotto a:

- un microfono;
- un'unità di trattamento dei dati;
- un'unità di lettura dei dati.

Il microfono converte una grandezza acustica, corrispondente alla pressione sonora che agisce sulla membrana microfonica, in un segnale elettrico equivalente (figura 38).

Figura 38. Struttura interna di un microfono.





Tale segnale, prima di essere analizzato, viene amplificato da un pre – amplificatore. Il segnale così amplificato può passare attraverso un circuito di pesatura, il quale simula le curve di uguale sensazione di un orecchio umano (curve di ponderazione), oppure passare attraverso dei filtri elettronici che dividono un suono complesso, nella gamma di frequenza da 20 *Hz* a 20 *kHz*, in bande di ottava o 1/3 di ottava.

Una banda di frequenza di un'ottava è compresa fra due frequenze delle quali la frequenza più alta è due volte la frequenza più bassa. Ad esempio: un filtro di un'ottava, con frequenza centrale di 1.000 *Hz* permette la misura di suoni compresi fra 707 e 1.414 *Hz*. Analogamente la larghezza di banda di un 1/3 di ottava copre una gamma dove la frequenza più alta è 1,26 volte maggiore della frequenza più bassa.

Questo processo, nel quale il segnale viene analizzato in molte bande di frequenza, prende il nome di analisi in frequenza e viene normalmente rappresentato su un grafico chiamato spettrogramma.

Dopo che il segnale è stato ponderato e/o diviso nelle bande di frequenza viene determinato il valore efficace (RMS) attraverso un rettificatore. Tale valore riveste un'estrema importanza

nelle misure del rumore, poiché esprime la quantità di energia contenuta nel segnale sonoro. Infatti la maggior parte dei suoni richiede la misura di un livello fluttuante. Se tale livello varia troppo velocemente, il *display* fornirà un'indicazione talmente rapida del dato da non consentire una lettura corretta. Per questa ragione, la normativa internazionale ha indicato tre risposte caratteristiche del rilevatore, conosciute come costanti di tempo veloce "*fast*", corrispondente ad un tempo di 125 *ms*, impulso "*impulse*" (35 *ms*) e lenta "*slow*" (1 *s*).

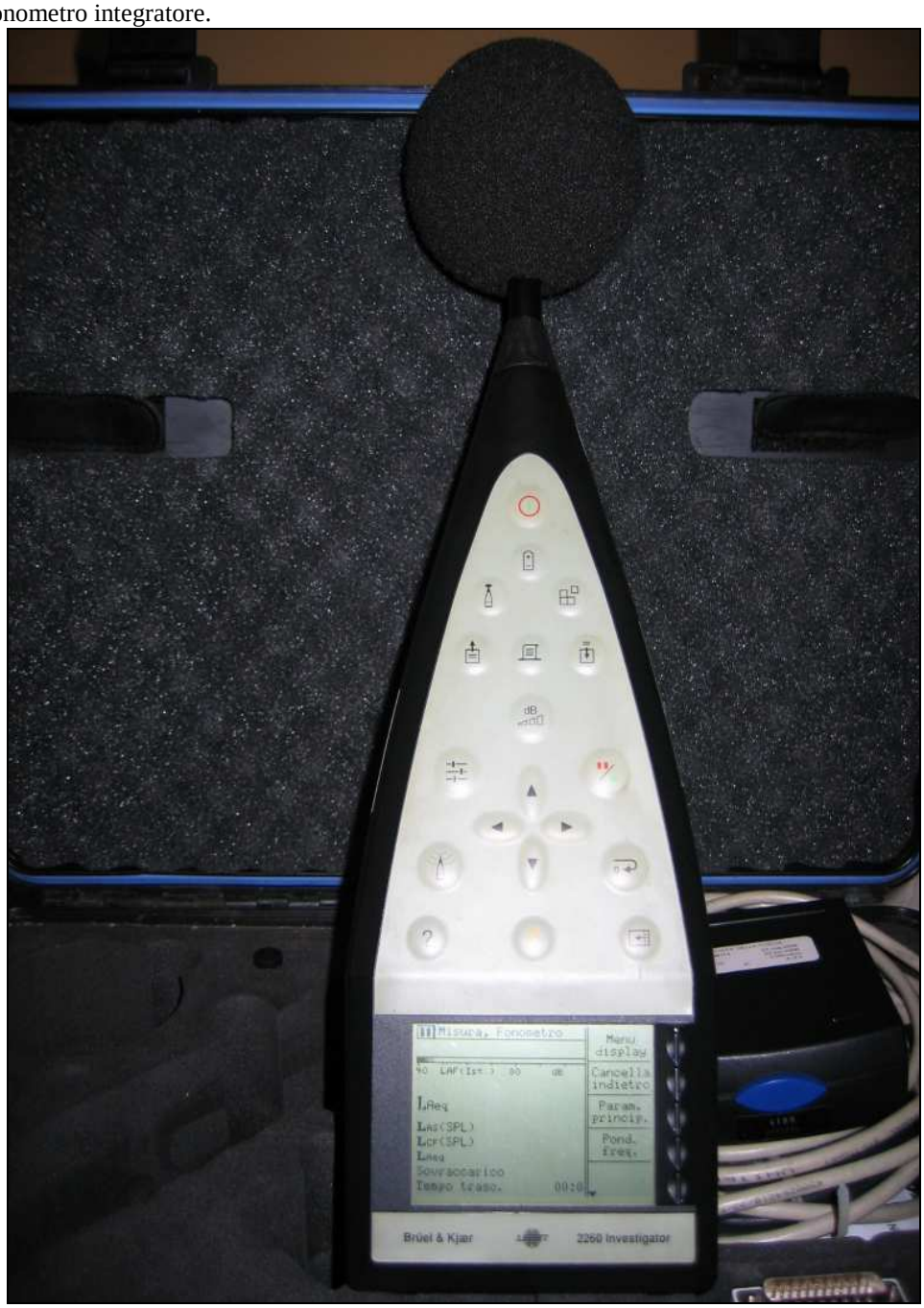
La *fast* è una costante di tempo che permette di ottenere una risposta rapida del segnale per seguire e misurare i livelli sonori che non oscillano troppo rapidamente, mentre la *slow* è una costante di tempo che dà quindi una risposta lenta per smorzare le fluttuazioni rapide e rendere così possibile una lettura precisa dei livelli di rumorosità.

Il livello sonoro così elaborato passa all'unità di lettura dei deciBel (*dB*) tramite un *display*, da cui l'operatore prende visione del valore misurato.

Per la misura del rumore ai fini della valutazione degli effetti, sia in campo ambientale (per valutare il disturbo) sia negli ambienti di lavoro (per valutare l'eventuale danno uditivo), è necessario considerare oltre al livello, anche la sua durata, in modo da poter determinare l'energia ricevuta.

L'indice che descrive questa energia è il livello sonoro continuo equivalente precedentemente descritto, misurato in un dato intervallo di tempo. Il calcolo del $L_{eq,T}$ avviene direttamente dallo strumento di misura attraverso un circuito mediatore e lo strumento dotato di tale opzione prende il nome di fonometro integratore (foto 51).

Foto 51. Fonometro integratore.



I fonometri possono appartenere alla classe 0, 1, 2 e 3 in funzione della loro precisione (classe 0, più precisi, classe 3, meno precisi) e le loro caratteristiche devono soddisfare le prescrizioni delle norme internazionali I.E.C. (*International Eletrotechnical Commission*) 60.651 e 60.804.

Va ricordato tuttavia che la quasi totalità degli strumenti appartiene a due sole classi:

- classe 1: strumento per laboratorio e misure di precisione sul campo, con tolleranza sulla linearità in frequenza di ± 1 *dB* per frequenze attorno a 1 *kHz* e dinamica di 60 *dB*, con linearità di ampiezza di ± 0,7 *dB*;

- classe 2: strumento per misure sul campo di uso generale, con tolleranza dell'ordine di ± 1,5 *dB* sulla risposta in frequenza nella gamma centrale e dinamica di 60 *dB*, con linearità di ampiezza di ± 1 *dB*.

La norma internazionale ISO 1999:1990 (rivisitazione della ISO 1999:1975) cui si fa riferimento nell'articolo 188 del Titolo VIII, che permette di effettuare la valutazione previsionale del rischio di danno uditivo descritto precedentemente, è stata armonizzata, pubblicata e diffusa nel nostro Paese dall'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) sottoforma della norma UNI 9432.

Tale norma originariamente entrata in vigore nel 1989 ed aggiornata nel 2002, in occasione delle novità introdotte dal Testo Unico ha subito un ulteriore rinnovamento nel 2008.

Per poter eseguire rilievi sul rumore attraverso la misurazione dei livelli di pressione sonora continui equivalenti e per il calcolo del livello di esposizione giornaliera o settimanale al rumore e la quantificazione delle relative incertezze, l'intera catena di misurazione deve essere conforme ai requisiti previsti dalla norma UNI 9432:2008 "Acustica – Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro".

Secondo tale norma tecnica il fonometro integratore, compreso il microfono ed i cavi associati deve soddisfare i requisiti della classe 1.

7.5. Materiali e metodi

Prima di iniziare i rilievi del rumore sono state acquisite tutte le informazioni necessarie per fornire un quadro completo ed obiettivo delle attività svolte dai lavoratori. In particolare si sono valutate:

- le caratteristiche del rumore (costante, fluttuante, impulsivo, ciclico);
- le postazioni di lavoro occupate ed i tempi di permanenza nelle stesse: vista la significativa variabilità caratterizzante i tempi di esposizione al rumore dei lavoratori nelle diverse aziende esaminate, dovuta principalmente a fattori legati alle differenti tipologie di impianto ed a diverse condizioni organizzative ed operative, seguendo una metodologia adottata da diversi autori [Paschino, 1995] è stato eseguito, con il supporto di materiale audio visivo registrato, uno studio dettagliato sulla permanenza media degli operatori nelle varie aree di lavorazione dei diversi frantoi;
- gli eventuali periodi di riposo;
- i principali parametri microclimatici: temperatura, umidità, pressione atmosferica, velocità dell'aria, al fine di valutare eventuali influenze nel corretto funzionamento degli strumenti utilizzati.

I rilievi sono stati effettuati in accordo alla norma UNI 9432:2008. Al riguardo è stato utilizzato un fonometro integratore *Brüel & Kjaer* 2260 *Investigator* munito di indicatore di sovraccarico; strumento che insieme al microfono prepolarizzato a campo libero ed ai cavi associati, soddisfa i requisiti della classe 1 in conformità alla direttiva CEI EN 61672-1 (foto 52) [CEI EN 61672-1, 2003]

Foto 52. Fonometro integratore utilizzato per le analisi acustiche.



Il fonometro all'inizio ed alla fine di ciascun ciclo di misura era sottoposto a regolare calibrazione, mediante un calibratore (pistonofono) di classe 1 [CEI EN 60942, 2004], al fine di verificare che lo scostamento dal valore di taratura del calibratore non superasse gli 0,5 dB. Tutti gli strumenti indicati sono inoltre soggetti a verifica periodica (taratura), presso i laboratori facenti parte del SIT (Servizio di Taratura Italiana).

La determinazione dei punti in cui eseguire le misurazioni con il fonometro è stata effettuata in seguito allo studio del *layout* di ciascun frantoio ed alla postazione occupata dagli operatori durante la lavorazione. Lo strumento è stato posizionato ad un'altezza di 1,60 m da terra e con un orientamento del microfono nella direzione della sorgente di rumore prevalente. Inoltre dati i continui spostamenti degli operatori, da un punto all'altro dell'edificio, sono state eseguite misurazioni addizionali in appositi punti, scelti sulla base delle principali linee di camminamento percorse dai lavoratori.

Il livello sonoro continuo equivalente è stato rilevato in costante di tempo veloce (*fast*), filtrando il segnale con la curva di ponderazione A e C, mentre il livello di picco è stato pesato con la curva di ponderazione C. L'analisi in frequenza è stata effettuata per banda di ottava.

Negli ambienti esaminati il rumore era di tipo stazionario, in questo caso la norma richiede per ciascun punto di misura l'esecuzione di un solo campionamento. In realtà sono state effettuate 3 acquisizioni delle emissioni sonore per ciascun punto di misura, della durata necessaria affinchè il valore del livello sonoro continuo equivalente si stabilizzasse entro ± 0,3 dB. Successivamente mediante l'ausilio di un apposito foglio di calcolo è stato ottenuto un valore medio del livello equivalente. Comunque la durata di acquisizione non è mai stata inferiore ai 60 s. I rilievi sono stati eseguiti durante il periodo di lavoro e quindi con tutte le macchine in funzione. In questo modo, al fine di garantire la riproducibilità delle misure, è stato possibile associare ai livelli continui equivalenti ponderati A e di esposizione giornaliera al rumore calcolati in seguito, una stima delle incertezze associate ai valori misurati. I contributi più significativi dell'incertezza collegata al calcolo del livello di esposizione giornaliera al rumore dei lavoratori sono:

- l'incertezza da campionamento o incertezza ambientale (u_a): per la cui determinazione è necessario disporre del valore medio relativo ad una serie di *n* misure del livello sonoro continuo equivalente ponderato A, eseguite in un singolo punto di campionamento ($L_{Aeq,Tp}$). Nello studio effettuato l'incertezza da campionamento è stata determinata attraverso l'impiego di un apposito foglio elettronico di calcolo;
- incertezza da posizionamento dello strumento (u_L): la presenza di questo valore è giustificata dal fatto che generalmente il livello sonoro mostra delle fluttuazioni spaziali nelle immediate vicinanze del soggetto esposto, tali da causare alcune indeterminazioni dei risultati anche se sono rispettate le raccomandazioni riguardanti il posizionamento del microfono. Generalmente il valore attribuito a tale incertezza viene posto pari a 1 dB;
- incertezza strumentale (u_s): risulta legata alle caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzate per l'esecuzione dei rilevamenti sonori. Generalmente per una catena di misura nella quale sia il calibratore, sia il fonometro soddisfano i requisiti della classe 1, l'incertezza strumentale complessiva viene assunta pari a 0,5 dB.

Combinando i valori sopra descritti è possibile procedere al calcolo dell'incertezza sul livello sonoro continuo equivalente medio calcolato in precedenza [$u(L_{Aeq,Tp})$] con la formula:

$$u(L_{Aeq,T_p}) = \left[u_a^2\left(L_{Aeq,T_p}\right) + u_L^2 + u_S^2\right]^{1/2}$$

e successivamente dell'incertezza sul livello di esposizione giornaliera al rumore [$u_a(L_{EX,8h})$] combinando opportunamente i livelli sonori continui equivalenti, le relative incertezze e la grandezza (u_p) che tiene conto dei contributi apportati da (u_a) e (u_L) [UNI 9432, 2008]:

$$u(L_{EX,8h}) = \left[u_a^2(L_{EX,8h}) + u_s^2\right]^{1/2}$$

Oltre alla determinazione dei livelli sonori e dell'esposizione giornaliera dei lavoratori al rumore, ove possibile si è valutata l'efficacia dei D.P.I. forniti dai datori di lavoro. La norma UNI EN 458:2005, sulla base dei dati di attenuazione sonora riportati sulle note informative predisposte dai fabbricanti dei dispositivi di protezione, consente l'utilizzo di quattro metodi di calcolo per valutare l'attenuazione ottimale fornita dai protettori auricolari [UNI EN 458, 2005]:

- il metodo per banda di ottava (OBM), che consente un calcolo della riduzione del rumore sulla base dei livelli di rumore per banda di ottava rilevati sul luogo di lavoro;
- il metodo HML, che sulla base di tre valori specifici di attenuazione (H, M, L) calcolati dai dati di attenuazione per banda di ottava di un protettore dell'udito, consente di determinare l'indice PNR (riduzione prevista del livello di rumore), dal quale successivamente calcolare l'effettivo livello di pressione sonora a livello dell'orecchio quando si indossa il protettore dell'udito;
- il metodo di controllo HML, che rappresenta un'abbreviazione del precedente metodo HML descritto in quanto necessita di un minor numero di informazioni per essere applicato;
- il metodo SNR, che tramite un singolo valore di attenuazione: la riduzione semplificata del livello di rumore (SNR) e disponendo dei livelli di pressione sonora misurati con la curva di ponderazione C nel luogo di lavoro, permette di calcolare il livello effettivo di pressione sonora ponderata A a livello dell'orecchio quando si indossa il protettore dell'udito.

Per il calcolo dei livelli di attenuazione forniti dai D.P.I. nel caso del frantoio in questione è stato utilizzato il metodo SNR.

Secondo tale metodo il livello di pressione sonora ponderato A risultante dall'impiego del protettore dell'udito (L'_A) può essere calcolato dalla formula:

$$L'_A\,(dB) = L_C - SNR$$

in cui:

L_C (dB) = livello di pressione sonora in curva di ponderazione C;

SNR (dB) = valore si attenuazione tipico del dispositivo di protezione auricolare.

Il valore ottenuto tuttavia risulta fortemente sovrastimato rispetto all'attenuazione ottenibile in ambienti di lavoro reali; ciò risulta principalmente dovuto ad elementi correlati con:

- la taglia dei dispositivi, talvolta inadeguata alle caratteristiche fisiche dei lavoratori;

- il deterioramento dei materiali che costituiscono il D.P.I.;
- la presenza di capelli, barba, occhiali che rendono difficoltosa la tenuta acustica delle cuffie;
- il posizionamento o l'inserimento approssimativo del D.P.I.;
- lo spostamento del dispositivo di protezione auricolare dalla sede originaria (inserti che si spostano verso l'esterno del condotto uditivo a causa di movimenti mandibolari);
- le modifiche realizzate dal lavoratore sul D.P.I. allo scopo di renderlo più confortevole;
- l'uso congiunto di altri D.P.I. non uditivi (occhiali, elmetti).

Per tener conto quindi della perdita di attenuazione dovuta agli elementi indicati, i valori di attenuazione ottenuti vanno moltiplicati per un coefficiente "β" indicato dal NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*) che varia in base al tipo di dispositivo di protezione preso in considerazione e che permette di disporre del valore di attenuazione reale offerto dai dispositivi di protezione auricolare (tabella 29).

Tabella 29. Coefficiente di moltiplicazione per la valutazione del valore di attenuazione fornito dai D.P.I. [UNI EN 458, 2005].

Dispositivi di protezione auricolare	β
Cuffie	0,75
Inserti espandibili	0,5
Inserti preformati	0,3

La stima del livello di protezione fornito dal dispositivo di protezione auricolare può a questo punto essere eseguita attraverso il confronto dei livello sonoro continuo equivalente a dispositivo indossato ($L'_{Aeq,Te}$), con i valori riportati nella normativa tecnica di riferimento (tabella 30).

Tabella 30 Stima del livello di protezione fornito dal D.P.I. [UNI EN 458, 2005].

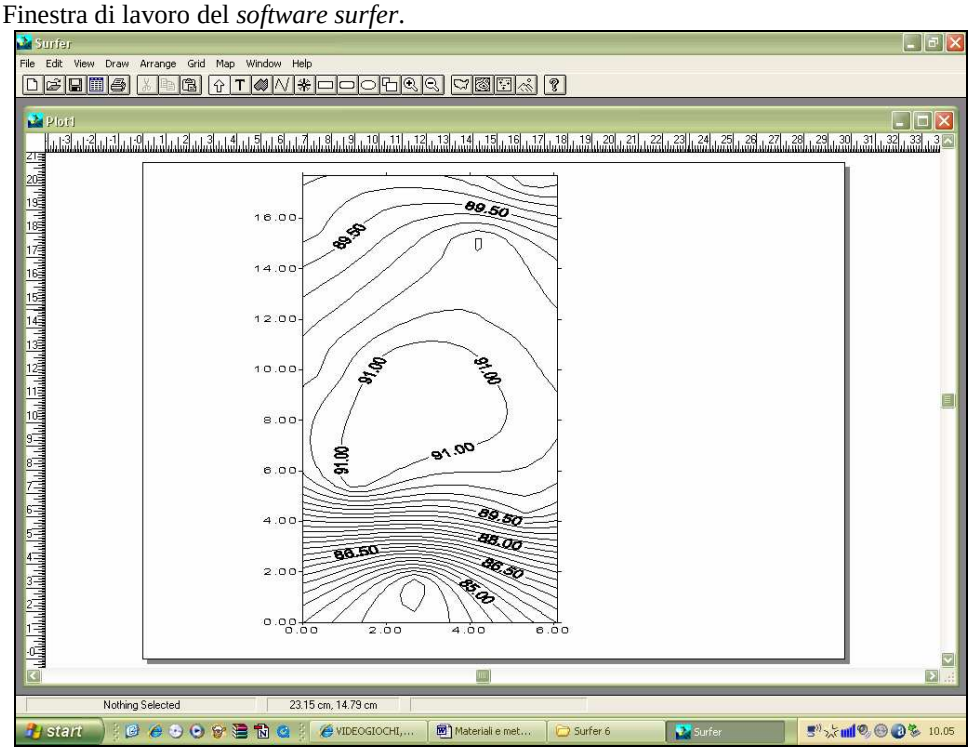
Livello sonoro continuo equivalente calcolato tenendo conto del dispositivo di protezione auricolare [$L'_{Aeq,Te}$ (dB)]	Livello di protezione
> 80	Insufficiente
Da 75 a 80	Accettabile
Da 70 a 75	Buona
Da 65 a 70	Accettabile
Minore di 65	Troppo alta

La normativa tecnica giudica adeguato un dispositivo di protezione auricolare che permette di ottenere un livello di protezione “buono” o “accettabile”.

I valori di pressione acustica immagazzinati nel fonometro sono stati importati nel *software* di gestione *Evaluator* 7820, che ha consentito di effettuare le analisi acustiche [Brüel & Kjaer].

I valori di pressione acustica riferiti ai singoli punti di acquisizione sono stati elaborati con il *software* di geostatica *Surfer* 6 della *Golden Software* basato sull’algoritmo di Kriging. Il *software* è in grado di stimare le grandezze distribuite nello spazio a partire da valori misurati in punti posti lungo una linea o su una griglia di riferimento [Golden Software, 1995]. In tal modo è stato possibile tracciare le curve di livello di uguale pressione acustica. Tali curve, sovrapposte alle planimetrie dei frantoi e grazie ad una scala cromatica indicante i diversi livelli di rumorosità espressi in dB(A), hanno permesso di avere un quadro completo della distribuzione delle onde sonore all’interno dei locali esaminati (figura 39). È stato così possibile identificare i frantoi con maggior grado di rischio per i lavoratori.

Figura 39. Finestra di lavoro del *software surfer*.



Un’ulteriore fase del lavoro svolto è consistita nella simulazione dell’efficacia nell’abbattimento del rumore, derivante da interventi strutturali che si è ipotizzato di eseguire all’interno di uno dei frantoi analizzati. Per fare ciò si è utilizzato il *software* previsionale RAMSETE.

7.5.1. Descrizione del *software* Ramsete

Ramsete è un pacchetto *software* avanzato per la simulazione dei fenomeni acustici, che considera le proprietà acustiche dei materiali e la presenza di sorgenti sonore e ricevitori. Esso è utilizzato sia all'interno (auditorium, teatri e locali industriali), che all'esterno, su aree con raggio di 100 m [Farina, 2000].

Il modello previsionale valuta, tramite una serie di algoritmi, la distribuzione nell'ambiente del rumore dovuto alle varie sorgenti presenti (identificate da posizione, potenza sonora e direzionalità), tenendo conto dei fenomeni che influenzano la propagazione del suono, quali ad esempio la divergenza geometrica, la riflessione, la diffrazione. La rappresentazione dei risultati ottenuti può essere sia relativa al valore globale in dB oppure in dB(A), sia su ogni singola banda di frequenze considerata.

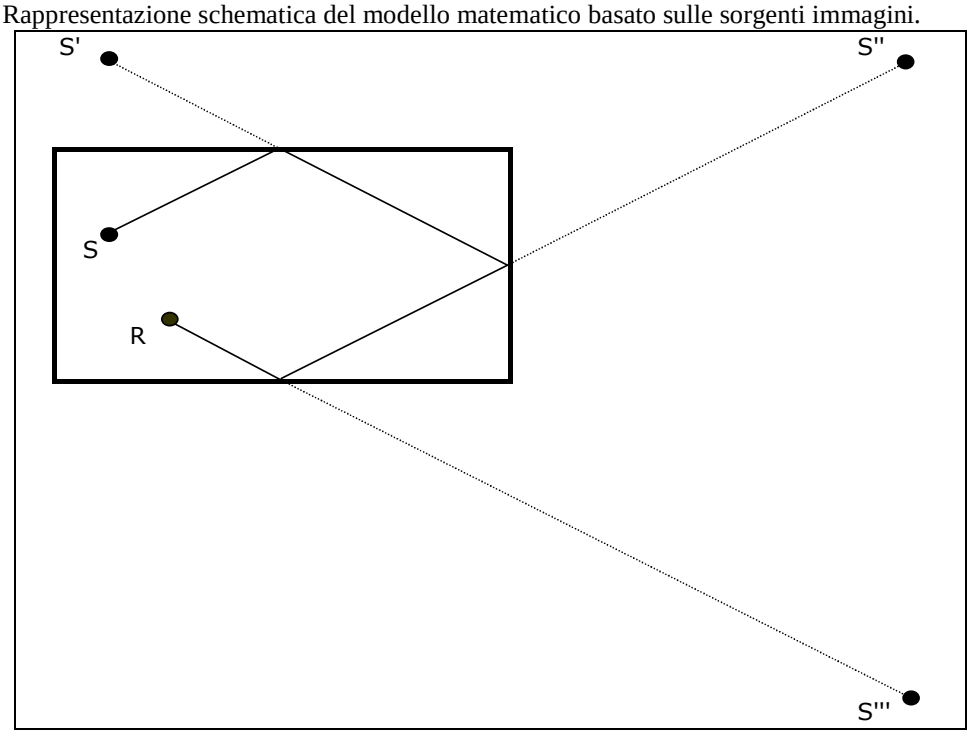
Esistono diversi modelli matematici che consentono di ottenere questo risultato, i più utilizzati sono [Galaverna, 2002]:

- il metodo delle sorgenti immagini;
- il *Ray Tracing*;
- il *Pyramid Tracing*.

Il primo ad essere utilizzato fu il metodo delle sorgenti immagine, nome che deriva dal fatto di ipotizzare riflessioni speculari sulle pareti di una stanza da analizzare. Esso è particolarmente efficace in ambienti parallelepipedi, ma può essere usato anche in ambienti a geometria diversa. In particolare data una sorgente la si ribalta simmetricamente rispetto alle superfici, quindi si vengono a creare sorgenti del primo ordine che, specularizzate a loro volta, producono sorgenti del secondo ordine e così via. Un determinato ricevitore riceve il suono dalla sorgente reale e il suono riflesso delle altre sorgenti immagine (figura 40).

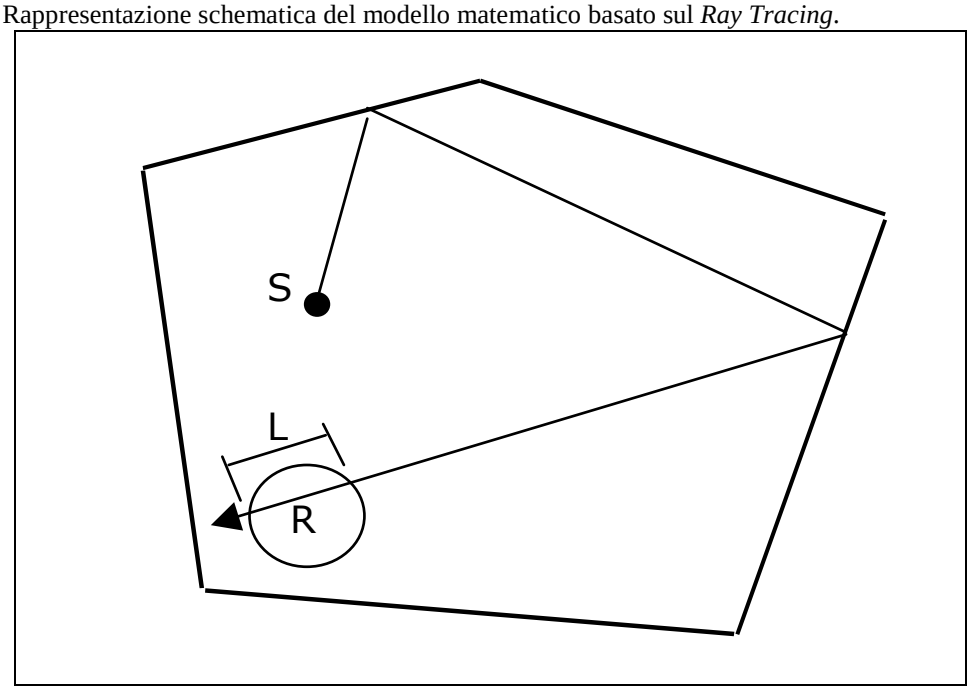
L'estrema semplicità di questo metodo negli ambienti aventi una geometria parallelepipeda, come ad esempio nel campo industriale, fa si che questa tecnica funzioni egregiamente e consenta di prevedere la risposta all'impulso fino ad ordini di riflessione molto elevati. Sussistono invece dei problemi quando dobbiamo considerare sorgenti immagini d'ordine elevato in presenza di geometrie complicate. Infatti, questo metodo, per geometrie generiche, richiede che, per ogni sorgente immagine e per ogni ricevitore considerato, sia fatto un controllo di visibilità tra la sorgente e il ricevitore e questo rende il calcolo molto lento. Inoltre, poichè il numero delle sorgenti immagine cresce esponenzialmente con l'ordine delle stesse, nel caso di geometrie complicate si può arrivare al massimo alla determinazione dei raggi del quinto ordine e quindi si trascura, nella previsione, la restante coda sonora.

Figura 40. Rappresentazione schematica del modello matematico basato sulle sorgenti immagini.



Altro metodo è il *Ray Tracing*, nel quale s'inizia a considerare la presenza di una sorgente puntiforme, dalla quale si emettono a caso raggi lineari, in cui l'energia sonora è immagazzinata. Tale procedimento è significativo solo se dalla sorgente si emettono molti raggi (decine di migliaia o anche milioni); inoltre è necessario avere un ricevitore di dimensione finita, perchè la probabilità che un raggio colpisca un ricevitore puntiforme è quasi nulla: per questo solitamente si usa un ricevitore sferico (figura 41).

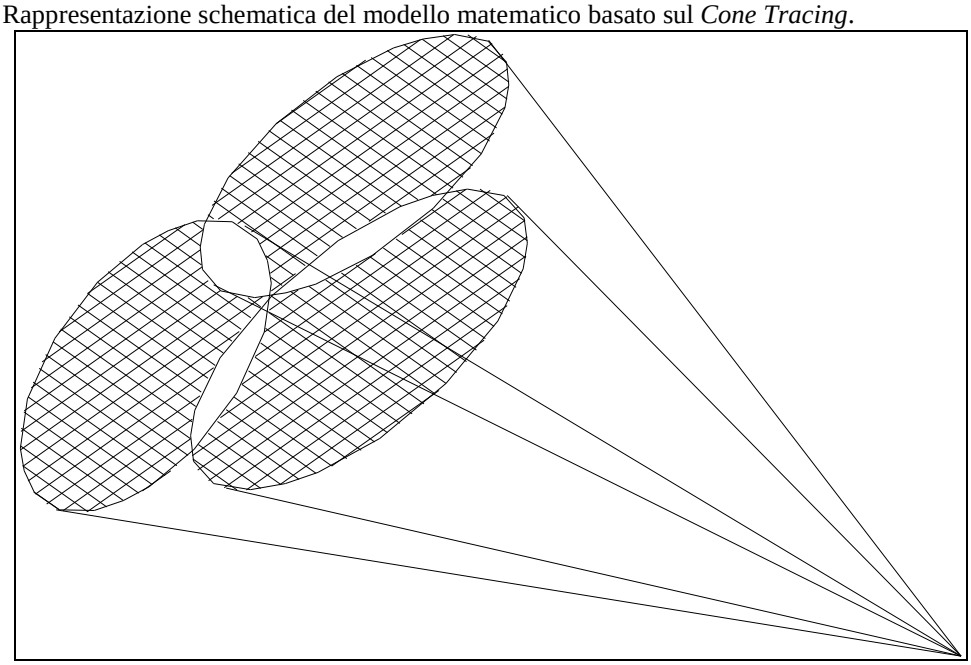
Figura 41. Rappresentazione schematica del modello matematico basato sul *Ray Tracing*.



Il terzo metodo è quello del tracciamento dei fasci divergenti di cui fanno parte due diverse metodologie: il *Cone Tracing* (subito abbandonato a favore di una sua diversa implementazione) ed il *Pyramid Tracing*.

Nel primo, il ricevitore è puntiforme e quando lo stesso è dentro al cono generato dalla sorgente, questo gli comunica una certa intensità di energia sonora; il primo problema che si pone con questo metodo è il fatto che i coni non coprono completamente una superficie sferica: se sono adiacenti restano delle parti non coperte, se sono sovrapposti, vi sono parti coperte per due volte (figura 42).

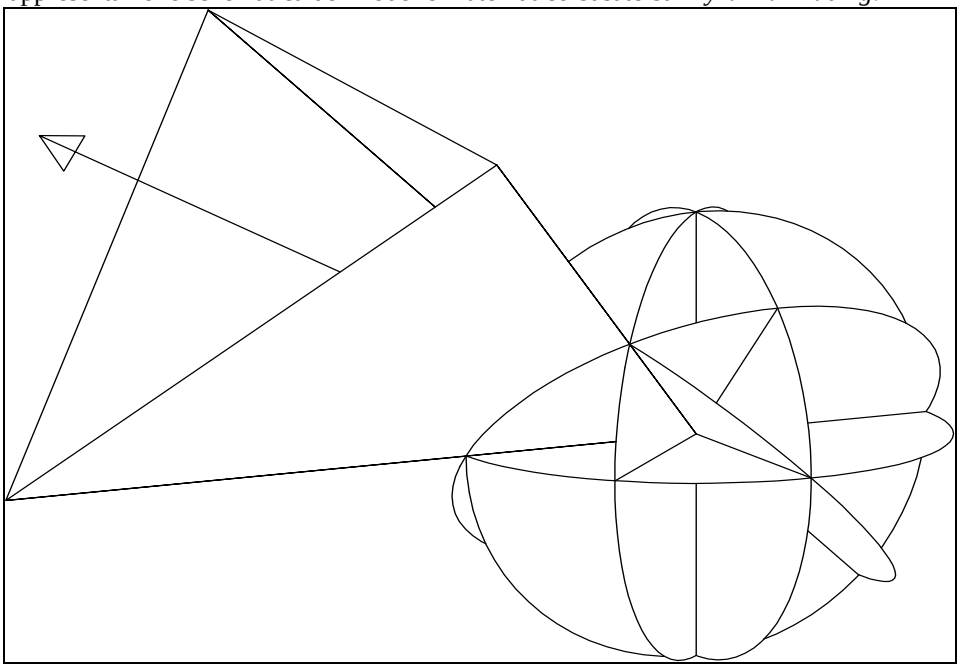
Figura 42. Rappresentazione schematica del modello matematico basato sul *Cone Tracing*.



Per questo motivo il *Cone Tracing* è stato trascurato o comunque se lo si utilizza è necessario sovrapporre i coni e creare un apposito algoritmo per evitare le rilevazioni multiple.

Tale inconveniente non sussiste con il *Pyramid Tracing* utilizzato da Ramsete. Questo prevede l'emissione di fasci divergenti da una sorgente sonora sferica suddividendo la sua superficie inizialmente in otto triangoli che generano altrettante piramidi e successivamente, utilizzando una versione modificata dell'algoritmo di Tenebaum che permette una progressiva bisezione degli 8 spicchi di partenza, in un numero di piramidi che risulta sempre essere una potenza di 2 ($8x2^n$) [Tenebaum, 1992]. Inoltre tutte queste hanno la stessa area di base coprendo interamente senza sovrapposizioni la superficie sferica e generando così una sorgente sonora omnidirezionale (figura 43).

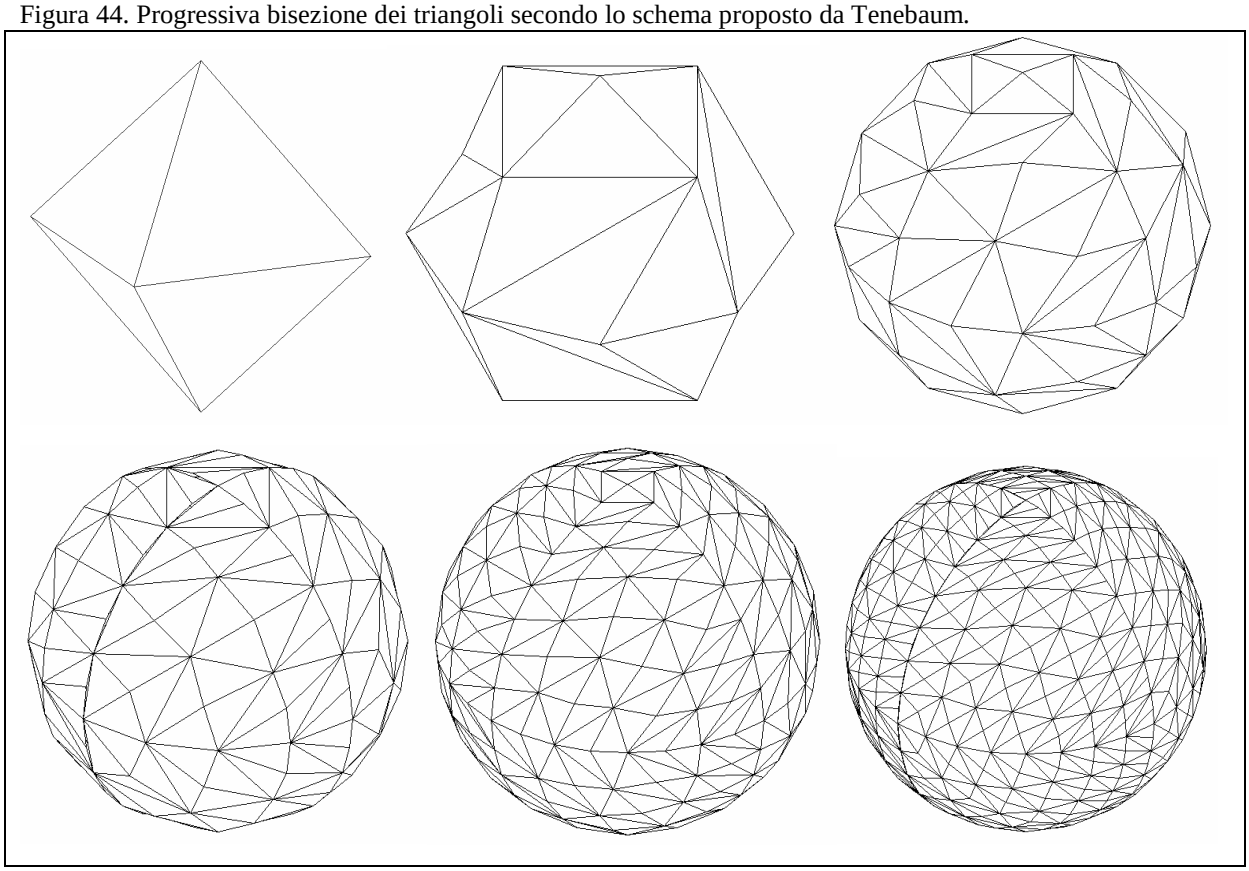
Figura 43. Rappresentazione schematica del modello matematico basato sul *Pyramid Tracing*.



I vantaggi di questa tecnica sono rappresentati principalmente dalla possibilità di identificare i ricevitori come elementi puntiformi, fattore che ne permette un preciso posizionamento nello spazio e dal numero contenuto di fasci da emettere, si ottengono simulazioni discrete già con 2.048 piramidi ($8x2^8$), il tutto a vantaggio della velocità di elaborazione dei dati da parte di un calcolatore. Chiaramente il tempo di calcolo è direttamente proporzionale al numero di piramidi tracciate (figura 44). Il tracciamento del raggio centrale di ciascuna piramide avviene seguendo le usuali ipotesi dell'acustica geometrica: riflessione speculare all'impatto con una superficie. Dopo ogni riflessione il modello provvede a costruire la posizione della sorgente immagine rispetto alla superficie impattata e prosegue il tracciamento del raggio a partire da tale nuova sorgente virtuale.

La verifica dell'impatto sui ricevitori avviene quando uno di essi si trova all'interno di una piramide che si sta tracciando. Questo fatto viene verificato tracciando indietro sulla superficie sferica della sorgente immagine la congiungente sorgente – ricevitore e verificando che tale punto sia interno al triangolo costituito dai tre spigoli della piramide. Se si verifica la condizione di arrivo di energia sul ricevitore, il contributo ricevuto viene memorizzato in una opportuna matrice. Il tracciamento delle piramidi viene proseguito fino ad ordini elevatissimi (anche se è possibile limitarlo ad un ordine prefissato), in modo da ricostruire l'intera coda riverberante per ciascun punto ricevitore.

Figura 44. Progressiva bisezione dei triangoli secondo lo schema proposto da Tenebaum.



Al crescere del percorso, la “base” della piramide si allarga progressivamente e finisce per diventare più grande dell’intero ambiente. In queste condizioni tutti i ricevitori si trovano sempre entro la piramide e di conseguenza vengono sempre colpiti dai raggi. Questo fatto è decisivo, perchè in tal modo la coda riverberante mantiene un sufficiente dettaglio.

L’applicazione del modello previsionale ora descritto costituisce tuttavia solo uno dei passaggi necessari al fine di poter realizzare la simulazione acustica, per la quale è necessaria una approfondita conoscenza delle varie componenti del programma e del modo in cui esse interagiscono tra loro.

7.5.2. Struttura del programma

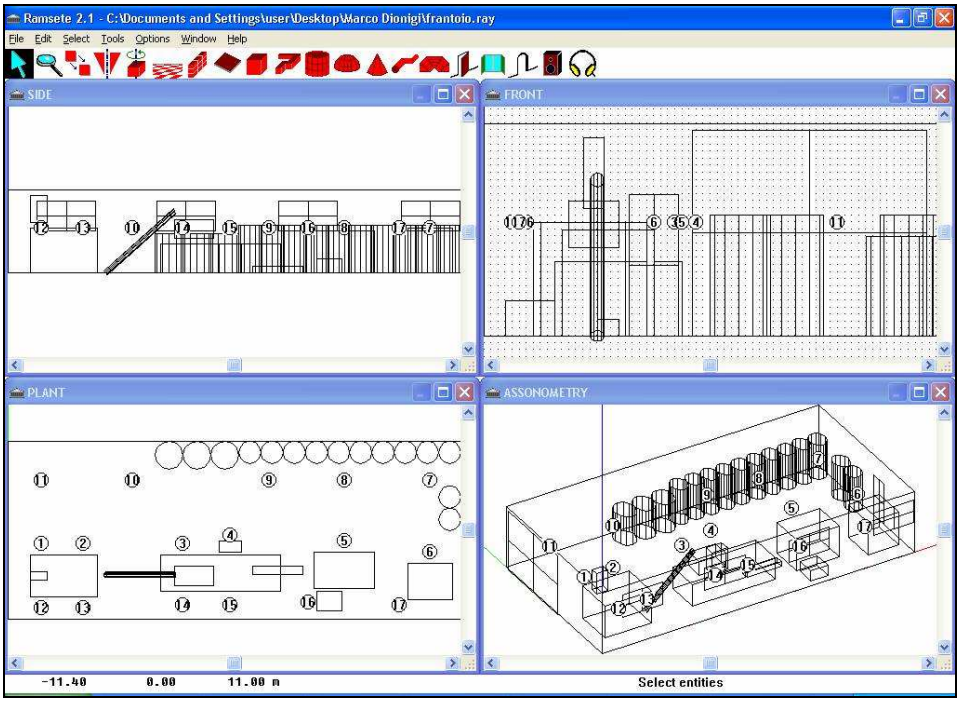
Ramsete è composto dai seguenti moduli complementari tra loro [Galaverna, 2002]:

- Ramsete Cad (RC): permette di creare geometrie tridimensionali dell’ambiente che si vuole studiare;
- *Material Manager* (MM): permette di creare alcune tipologie di materiali o di utilizzare quelli già presenti nella banca dati (caratteristiche di assorbimento ed isolamento acustico);
- *Source Manager* (SM): permette di creare alcune tipologie di sorgenti sonore o di utilizzare quelle già presenti nella banca dati;

- Ramsete *Trace* (RT): algoritmo vero e proprio di tracciamento delle piramidi;
- Ramsete *View* (RV): utilizzando come *input* i *file* creati da RT permette la visualizzazione numerica dei risultati ottenuti;
- Ramsete Audio *Converter*: converte *file* di diversa origine in *file* di altra estensione;
- Ramsete *Convolver*: sistema di convoluzione per l'auralizzazione.

Per poter realizzare una simulazione acustica il primo passo da effettuare è la costruzione del modello tridimensionale dell'ambiente oggetto di studio; ciò viene realizzato con Ramsete CAD con il quale viene costruita la geometria dell'ambiente da simulare (figura 45).

Figura 45. Finestra di lavoro del modulo Ramsete CAD.

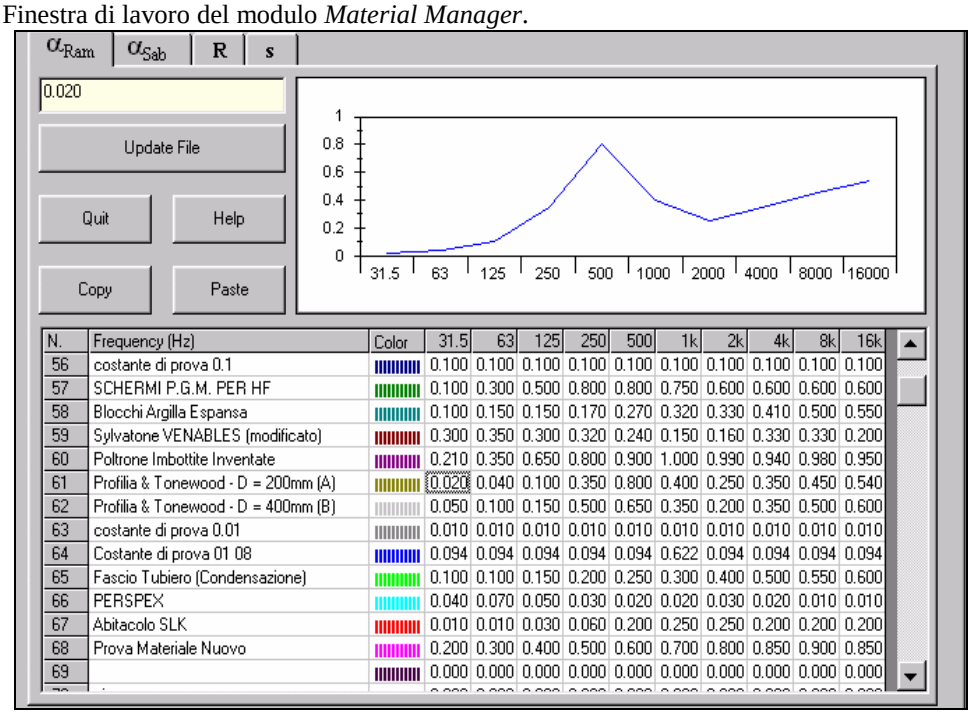


Ramsete CAD è un generatore di forme geometriche semplici (parallelepipedi, cubi, cilindri, coni). Infatti l'introduzione di figure complesse contribuirebbe ad appesantire il modello ed allungare i tempi di calcolo, non apportando significativa accuratezza nei risultati.

Al fine di poter prevedere il comportamento del suono che incontra un particolare ostacolo, il *software* tiene conto delle caratteristiche acustiche dei materiali che costituiscono l'ambiente; e quindi del loro coefficiente di assorbimento (α) e potere fonoisolante (R) al variare della frequenza. Il tutto grazie al modulo *Material Manager*.

Aprendo tale modulo ci si trova in un ambiente di tipo *Excel*, che contiene i dati di assorbimento (α) ed isolamento acustico (R) di una notevole quantità di materiali impiegati in edilizia; l'utente può inoltre creare nuovi materiali, editandone il nome e le corrispondenti caratteristiche acustiche (figura 46).

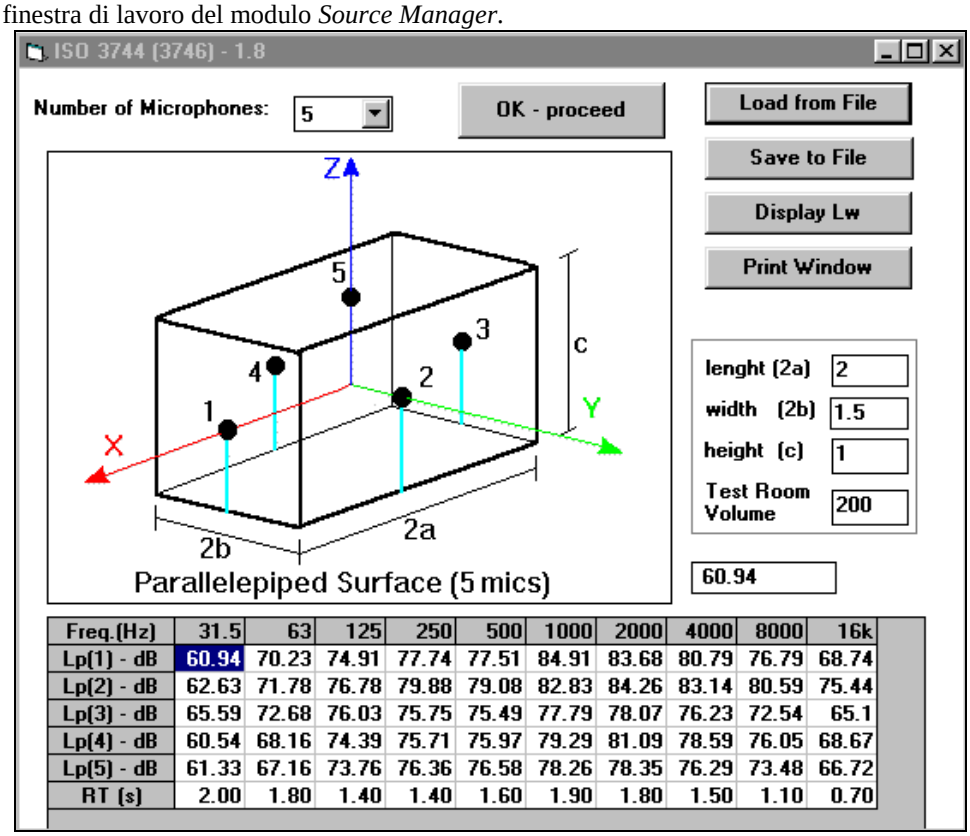
Figura 46. Finestra di lavoro del modulo *Material Manager*.



N.	Frequency (Hz)	Color	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
56	costante di prova 0.1		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
57	SCHERMI P.G.M. PER HF		0.100	0.300	0.500	0.800	0.800	0.750	0.600	0.600	0.600	0.600
58	Blocchi Argilla Espansa		0.100	0.150	0.150	0.170	0.270	0.320	0.330	0.410	0.500	0.550
59	Sylvatone VENABLES (modificato)		0.300	0.350	0.300	0.320	0.240	0.150	0.160	0.330	0.330	0.200
60	Poltrone Imbottite Inventate		0.210	0.350	0.650	0.800	0.900	1.000	0.990	0.940	0.980	0.950
61	Profilia & Tonewood - D = 200mm (A)		0.020	0.040	0.100	0.350	0.800	0.400	0.250	0.350	0.450	0.540
62	Profilia & Tonewood - D = 400mm (B)		0.050	0.100	0.150	0.500	0.650	0.350	0.200	0.350	0.500	0.600
63	costante di prova 0.01		0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
64	Costante di prova 01 08		0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.622	0.094	0.094	0.094	0.094
65	Fascio Tubiero (Condensazione)		0.100	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.400	0.500	0.550	0.600
66	PERSPEX		0.040	0.070	0.050	0.030	0.020	0.020	0.030	0.020	0.010	0.010
67	Abitacolo SLK		0.010	0.010	0.030	0.060	0.200	0.250	0.250	0.200	0.200	0.200
68	Prova Materiale Nuovo		0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.850	0.900	0.850
69			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Source Manager è il modulo necessario per introdurre le sorgenti sonore ed i ricevitori; generalmente i ricevitori possono essere collocati in corrispondenza delle posizioni in cui sono state effettuate le misure di livello di pressione acustica, mentre le sorgenti, le cui caratteristiche possono essere editate o scelte all'interno della banca dati fornita dal modulo *Source Manager*, sono collocate nella stessa posizione in cui si trovano nella situazione reale.
Oltre alla posizione delle sorgenti acustiche è necessario conoscere anche la loro potenza sonora irradiata alle varie frequenze e la loro direzionalità. Se questi dati non sono disponibili il modulo *Source Manager* consente di eseguire il calcolo della potenza sonora di una macchina, attraverso l'utilizzo diretto di dati di livello sonoro rilevati attorno ad una sorgente sonora. La norma prevede anche la possibilità di effettuare i rilievi in spazi chiusi, misurando in diversi punti la pressione acustica dovuta alla macchina, ed il tempo di riverbero dell'ambiente in cui viene eseguita la prova, apportando ai dati rilevati una opportuna correzione onde tenere conto della riverberazione dell'ambiente. Per sorgenti sonore di dimensioni medio – piccole, è prevista la possibilità di impiegare diverse superfici per invilupparla: ad esempio un parallelepipedo con 5 o 9 microfoni o una semisfera con 10 microfoni. I dati della sorgente possono poi essere editati in forma tabellare e grafica. La figura mostra una videata per il calcolo della potenza sonora secondo la norma ISO 3744 (figura 47).

Figura 47. finestra di lavoro del modulo *Source Manager*.



Freq.(Hz)	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16k
Lp(1) - dB	60.94	70.23	74.91	77.74	77.51	84.91	83.68	80.79	76.79	68.74
Lp(2) - dB	62.63	71.78	76.78	79.88	79.08	82.83	84.26	83.14	80.59	75.44
Lp(3) - dB	65.59	72.68	76.03	75.75	75.49	77.79	78.07	76.23	72.54	65.1
Lp(4) - dB	60.54	68.16	74.39	75.71	75.97	79.29	81.09	78.59	76.05	68.67
Lp(5) - dB	61.33	67.16	73.76	76.36	76.58	78.26	78.35	76.29	73.48	66.72
RT (s)	2.00	1.80	1.40	1.40	1.60	1.90	1.80	1.50	1.10	0.70

Come già detto, il programma previsionale necessita anche dell'informazione relativa al diagramma di direzionalità della sorgente. Quest'ultima informazione si rende necessaria perchè generalmente il rumore irradiato non è uguale per tutte le direzioni: di norma le frequenze più elevate sono dotate di maggiore direzionalità rispetto alle frequenze più basse.

Dopo la costruzione del modello si apre il modulo di calcolo vero e proprio (Ramsete *Trace*), che per ogni simulazione realizzata richiede l'immissione di alcuni parametri, tra i quali i fondamentali sono:

- *Subdivision Level*: indica quante piramidi tracciare da ogni sorgente: il numero di piramidi è uguale a $8x2^n$ dove n è il valore di *Level*. Tipicamente con n = 8 (2.048 piramidi) si ottengono buoni risultati;
- *Time* è il tempo di corsa dei raggi (*s*);
- *Time Resolution*: è l'ampiezza temporale (*s*) degli intervalli in cui viene suddivisa la risposta all'impulso. Si va da 1 *ms* (0,001) per calcoli ultraraffinati (ad esempio teatri), a 0,1 *s* per ambienti industriali. Tale parametro influenza grandemente l'occupazione di memoria e la dimensione dei *file* risultati prodotti;
- *History*: l'utente può decidere per quanto tempo il raggio debba essere seguito; è possibile studiare tempi brevi o lunghi. Se l'utente valuta i primi secondi di comportamento della risposta dovrà avere coscienza del fatto che il raggio non avrà

compiuto tutta la sua traiettoria. D'altro canto chi decide di considerare tempi lunghi rischierà di far proseguire inutilmente il tracciamento di un raggio ormai con energia nulla. Il parametro *history* indica pertanto il numero di riflessioni che debba subire ciascun raggio prima di venire abbandonato; qualora il valore sia 0 sarà valutato il contributo solo dell'onda diretta, con valore pari ad 1 si tiene conto anche della prima riflessione e con valori superiori all'unità si valuta il contributo sia dell'onda diretta che delle prime n riflessioni. Il valore -1 indica di seguire il raggio per tutta la sua storia; si sconsiglia di indicare valori troppo bassi (inferiori a 10), perchè la precisione del calcolo verrebbe eccessivamente danneggiata;

- *Temperature*: è la temperatura dell'aria in °C;
- *Humidity*: è la percentuale di umidità relativa dell'aria; essa influenza il calcolo dell'attenuazione dell'aria, che cresce in modo esponenziale con la frequenza;
- *Randominze after*: è un parametro che stabilisce il numero di rifrazioni dopo il quale il tracciamento dei raggi riflessi comincia a subire deviazioni casuali;
- *Save hits*: permette di salvare separatamente la storia e la traiettoria delle prime riflessioni, fino all'ordine specificato (tipicamente non più del 3° o 4° ordine). Da tali informazioni, *Ramsete View* può poi operare la visualizzazione delle traiettorie dei raggi riflessi;
- *Save escaped rays*: si usa per verificare se una geometria, idealmente chiusa, ha invece dei "buchi" da cui scappano i raggi e di conseguenza permette di effettuare le correzioni dovute al disegno dell'ambiente oggetto di studio.

Una volta completata l'elaborazione dei dati da parte di Ramsete *Trace* questi vengono infine resi disponibili con il modulo Ramsete *View*, che consente di effettuare rappresentazioni tridimensionali prospettiche della geometria disegnata con Ramsete CAD e di mappare a colori in pianta o in prospettiva i risultati elaborati, ma soprattutto di visualizzare sotto forma di tabelle numeriche tutti i dati prodotti relativi ai livelli di pressione sonora misurati per ciascun ricevitore, lo spettro in ottave in ciascun punto ricevente e complessivo dell'ambiente ed una serie di altre informazioni che risulteranno fondamentali per la successiva fase di taratura del modello.

Tale aspetto costituisce uno degli elementi di primaria importanza in un *software* di simulazione e previsione acustica. Per far si che la simulazione realizzata sia rappresentativa dell'ambiente reale risulta infatti necessario che il modello teorico fornisca gli stessi risultati acustici ottenuti sperimentalmente. Questo obiettivo viene raggiunto attraverso un paziente processo iterativo, tramite il quale si corregge di volta in volta il modello creato, mediante

variazioni ad esempio nell'assegnazione dei parametri di calcolo del modello stesso o dei coefficienti di assorbimento dei materiali, fino ad ottenere una buona corrispondenza tra il dato teorico e quello ottenuto sperimentalmente.

La verifica di questa condizione è fondamentale perchè permette successivamente di assumere che qualsiasi variazione introdotta nel modello teorico, descriva correttamente un'ipotetica situazione reale [CIRIAF, 2007].

Di facile comprensione è quindi l'importanza rivestita dal processo di taratura del modello, visto che la correttezza dei risultati sarà funzione dei dati di *input* e della capacità dell'utente di modellare l'ambiente.

7.6. Risultati delle analisi acustiche

I rilievi di rumorosità effettuati hanno consentito di ottenere i valori del L_{Aeq} e L_{Cpeak} in corrispondenza delle postazioni occupate dagli operatori durante lo svolgimento del ciclo di lavorazione (tabella 31, 32).

Nelle seguenti figure vengono riportate le planimetrie dei nove frantoi esaminati, con l'individuazione dei singoli punti di posizionamento dello strumento e dei relativi valori di L_{Aeq} rilevati (figura 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56).

Tabella 31. Livello sonoro continuo equivalente ponderato A rilevato nelle postazioni di lavoro occupate dagli operatori [dB].

Postazione	Frantoi a ciclo continuo				Frantoi a ciclo continuo (doppia separazione)			Frantoi a ciclo discontinuo	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Conferimento olive/pesatura	64, 8	70,0	65,9	60,7	62,4	66,0	56,0	57,7	51,3
Pesatura	80,4	83,1	70,0	83,5	81,5	-	65,5	-	77,1
Defogliatore esterno	-	74,9	84,8	81,3	83,8	-	-	-	-
Tramoggia inizio ciclo	80,4	83,3	89,6	85,0	-	85,5	85,2	84,6	85,8
Defogliatore/lavatrice	90,7	86,1	90,5	88,8	90.8	88,7	86,9	83,3	92,5
Frangitore/molazza	91,2	89,5	92,2	90,6	90,0	88,5	86,5	80,7	83,1
Gramole	90,2	88,3	84,5	88,6	90,0	88,5	84,2	82,1	83,1
SINOLEA	-	-	-	-	90,4	86,1	84,7	-	-
Impilatrice	-	-	-	-	-	-	-	83,9	83,1
Presse/decanter	92,1	88,5	90,9	91,5	91,5	89,1	86,2	81,8	81,7
Separatore	91,8	90,8	88,6	84,4	91,1	88,8/88,2	85,4	83,8	81,7
Stoccaggio olio	90,4	67,7	78,5	67,7	79,5	89,1	77,5	66,3	-
Ufficio/scrivania	88,2	70,0	70,0	83,5	78,1	86,7	65,1	66,3	81,6

I valori di incertezza sui livelli sonori continui equivalenti, calcolati secondo la procedura indicata dalla norma UNI 9432:2008, sono risultati compresi tra 1,1 e 1,5 dB.

Tabella 32. Livello di picco massimo ponderato C rilevato nelle postazioni di lavoro occupate dagli operatori [dB].

Postazione	Frantoi a ciclo continuo				Frantoi a ciclo continuo (doppia separazione)			Frantoi a ciclo discontinuo	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Conferimento olive/pesatura	95,0	101,4	111,1	97,8	87,5	106,2	96,6	92,5	94,6
Pesatura	100,2	103,1	97,9	105,9	95,2	-	98,7	-	97,7
Defogliatore esterno	-	107,5	106,9	107,7	123,0	-	-	-	-
Tramoggia inizio ciclo	100,2	114,5	114,0	102,9	-	114,2	103,7	107,7	104,6
Defogliatore/lavatrice	109,8	100,3	116,2	106,8	110,0	106,3	111,4	107,6	109,2
Frangitore/molazza	110,6	103,9	112,2	109,0	110,2	107,4	105,9	100,7	110,7
Gramole	110,6	102,2	106,8	106,5	110,6	107,4	101,7	109,2	110,7
SINOLEA	-	-	-	-	109,4	105,0	103,6	-	-
Impilatrice	-	-	-	-	-	-	-	110,5	110,7
Presse/decanter	113,1	103,1	111,4	109,3	113,7	110,3	110,7	106,9	115,4
Separatore	111,6	105,8	108,8	105,0	112,2	112,1	105,5	105,8	115,4
Stoccaggio olio	110,3	85,0	102,2	96,7	102,6	105,1	97,7	94,4	-
Ufficio/scrivania	108,3	85,7	97,9	105,9	99,2	111,4	97,2	94,4	114,5

Figura 48. Frantoio 1: punti di posizionamento dello strumento e dei relativi valori di $L_{Aeq.}$

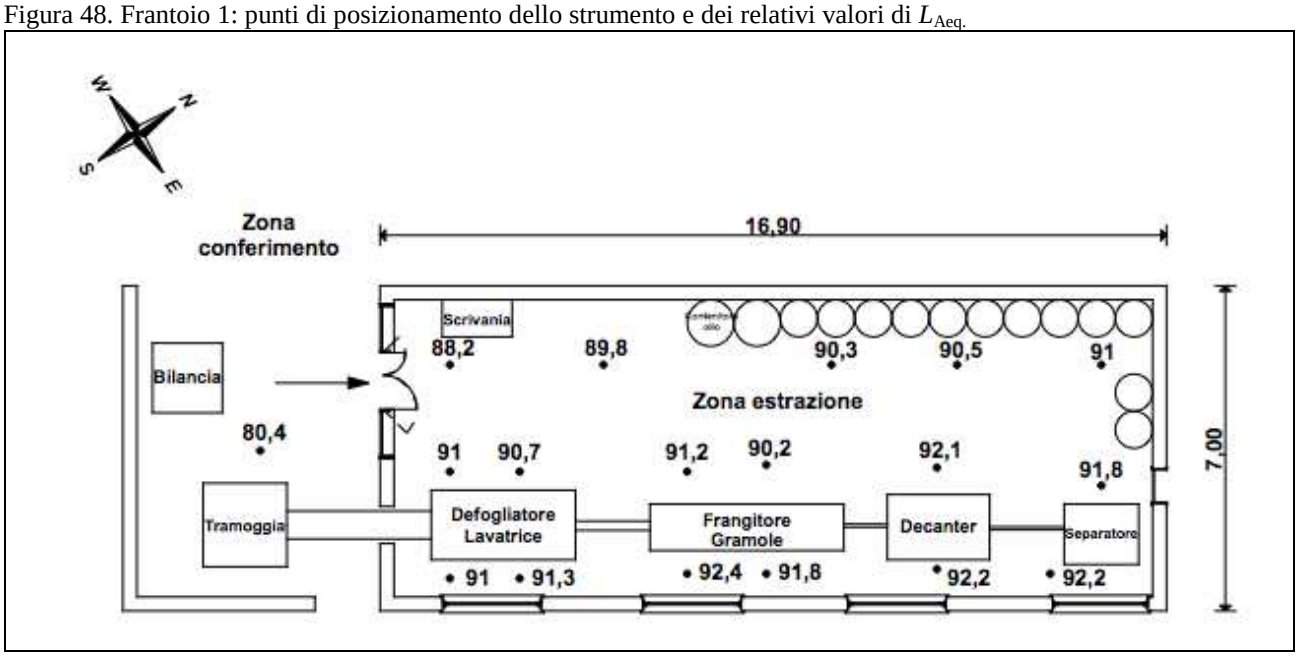


Figura 49. Frantoio 2: punti di posizionamento dello strumento e dei relativi valori di L_{Aeq}.

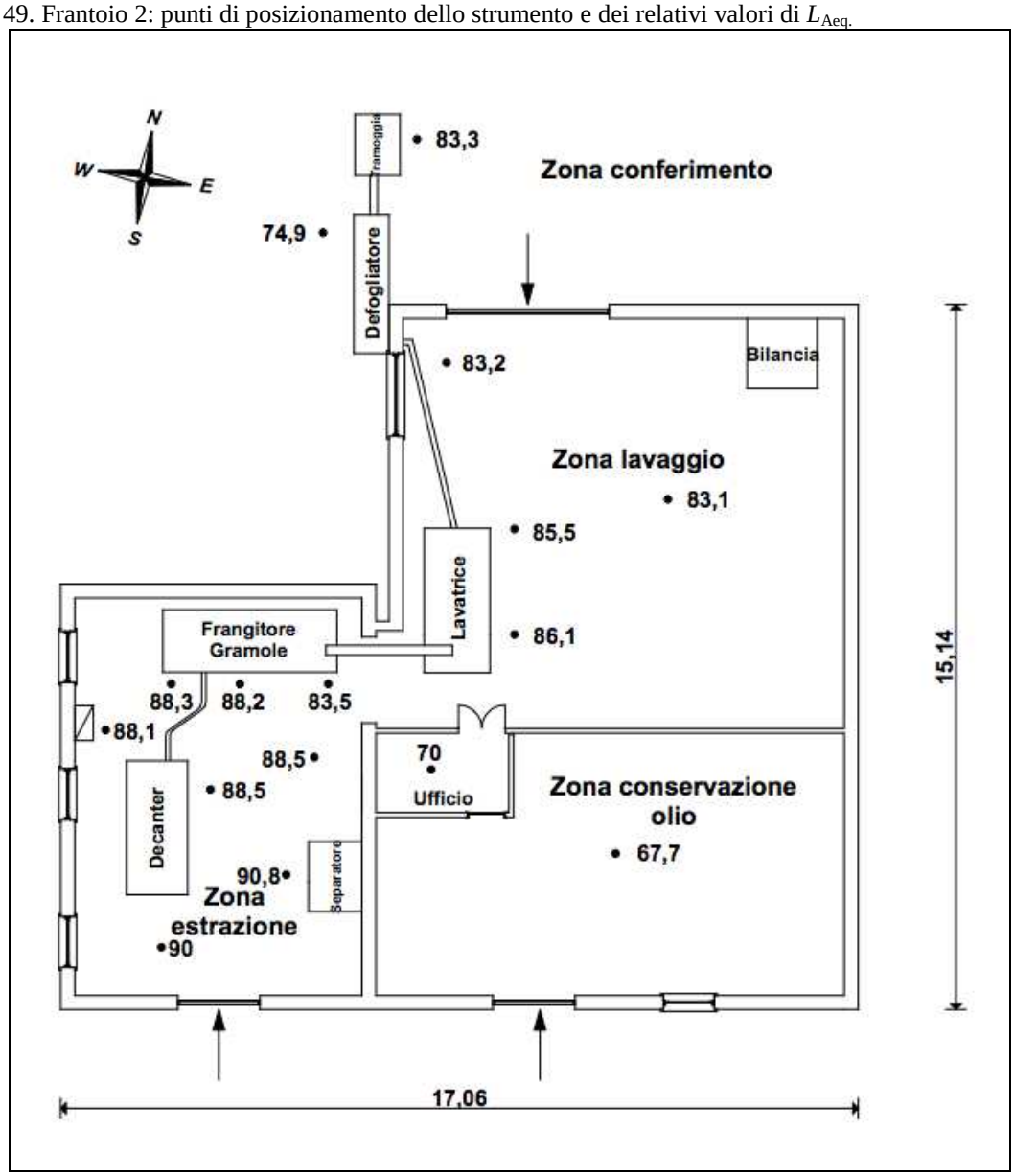


Figura 50. Frantoio 3: punti di posizionamento dello strumento e dei relativi valori di $L_{Aeq.}$

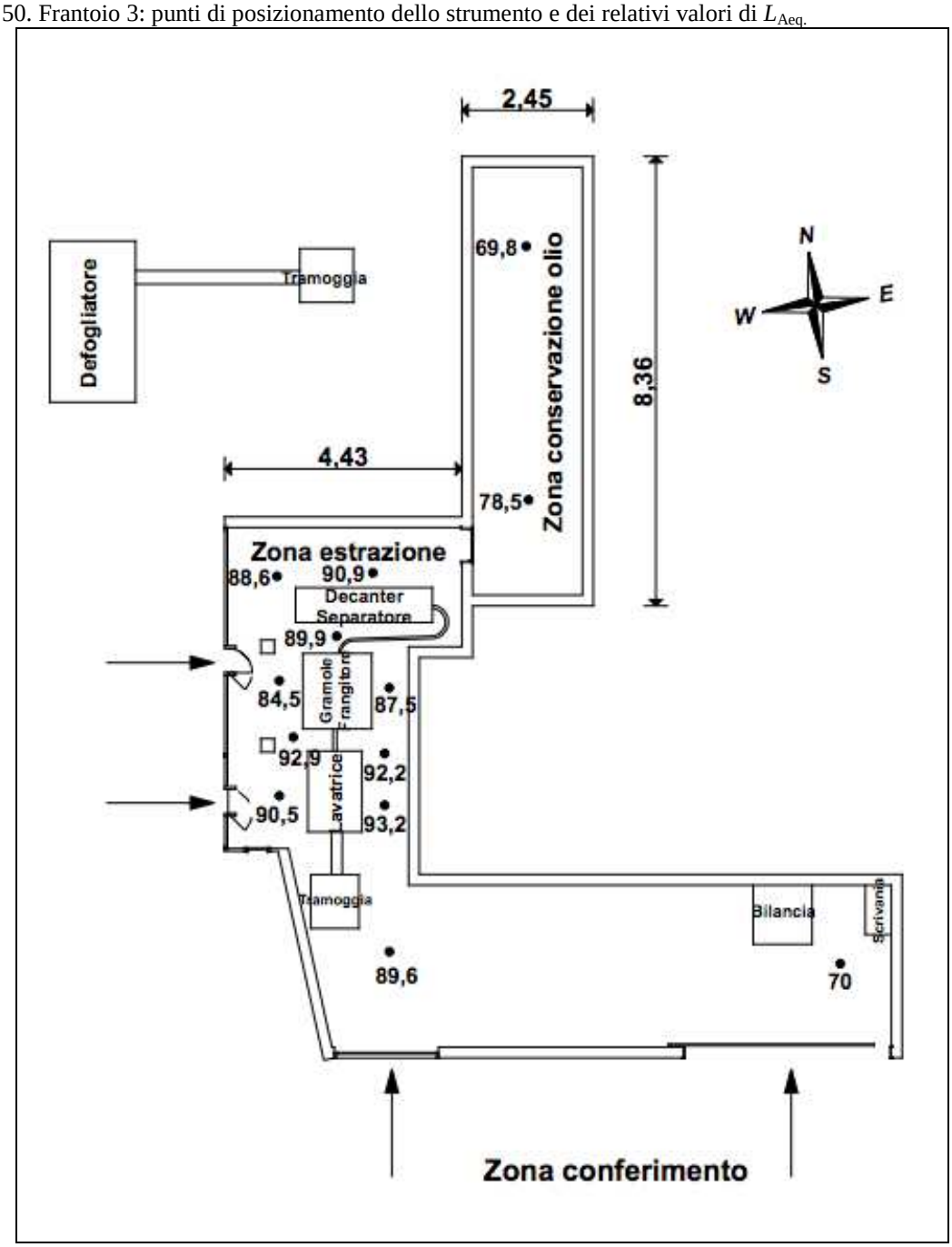


Figura 51. Frantoio 4: punti di posizionamento dello strumento e dei relativi valori di $L_{Aeq.}$

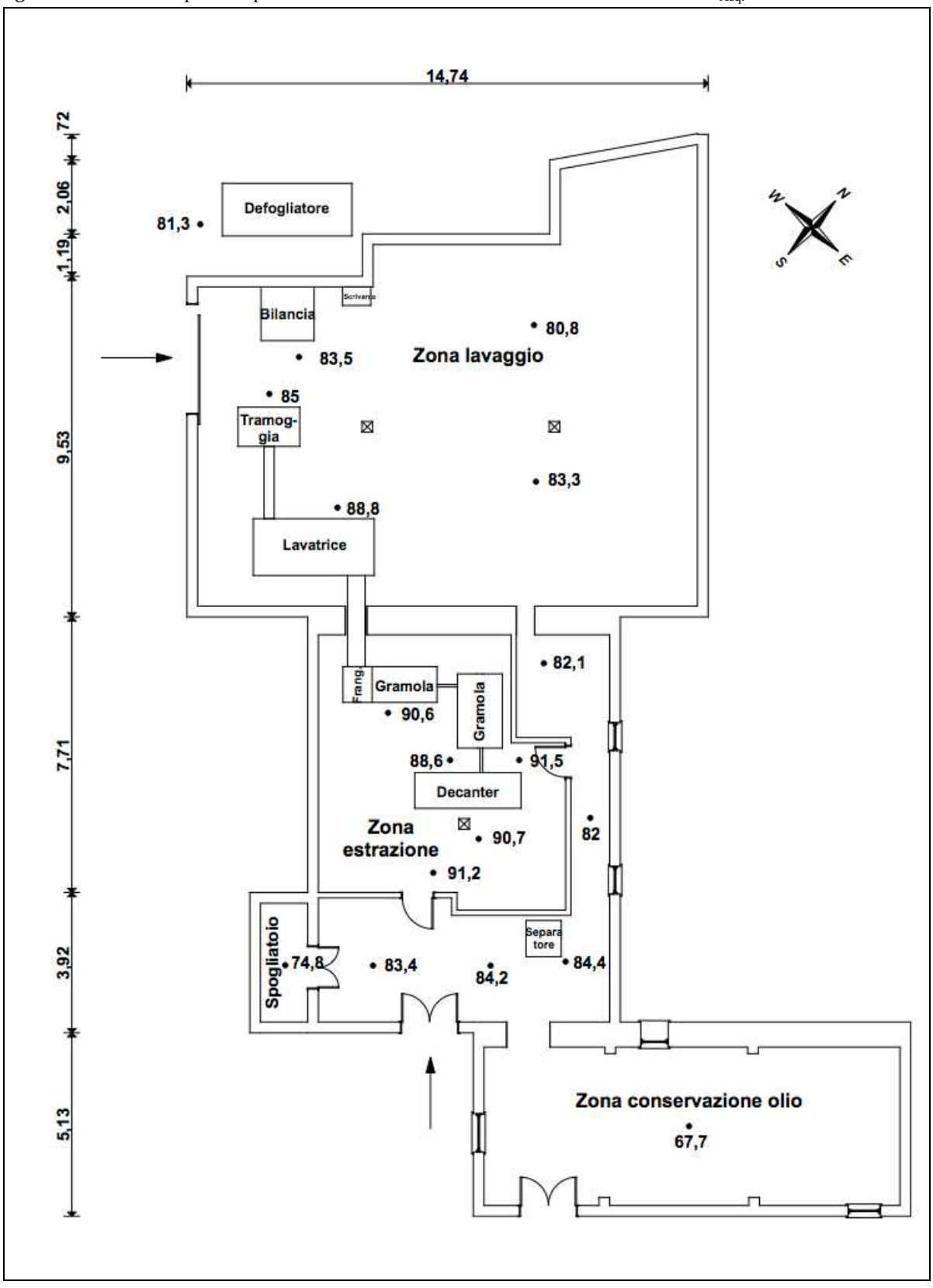


Figura 52. Frantoio 5: punti di posizionamento dello strumento e dei relativi valori di $L_{Aeq.}$

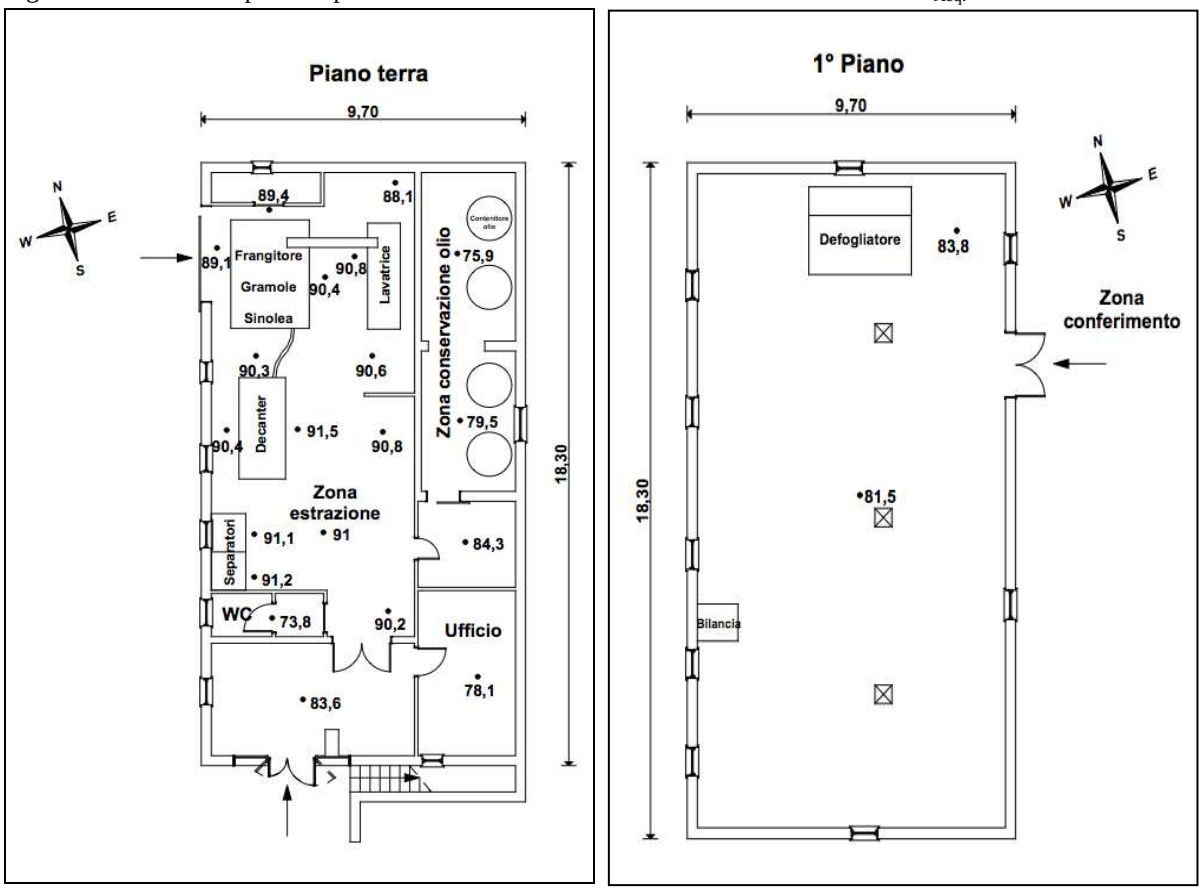


Figura 53. Frantoio 6: punti di posizionamento dello strumento e dei relativi valori di $L_{Aeq.}$

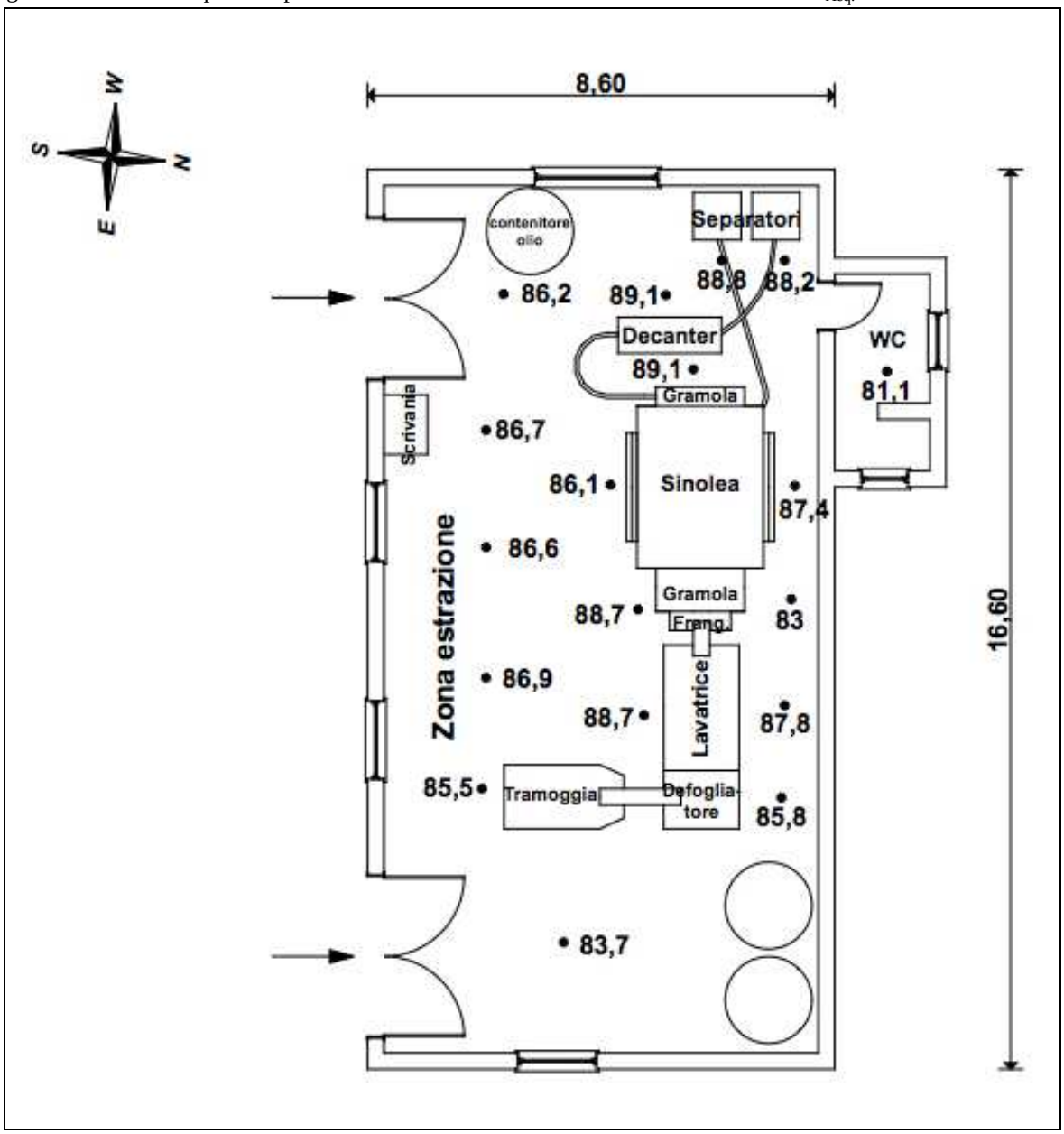


Figura 54. Frantoio 7: punti di posizionamento dello strumento e dei relativi valori di L_{Aeq}.

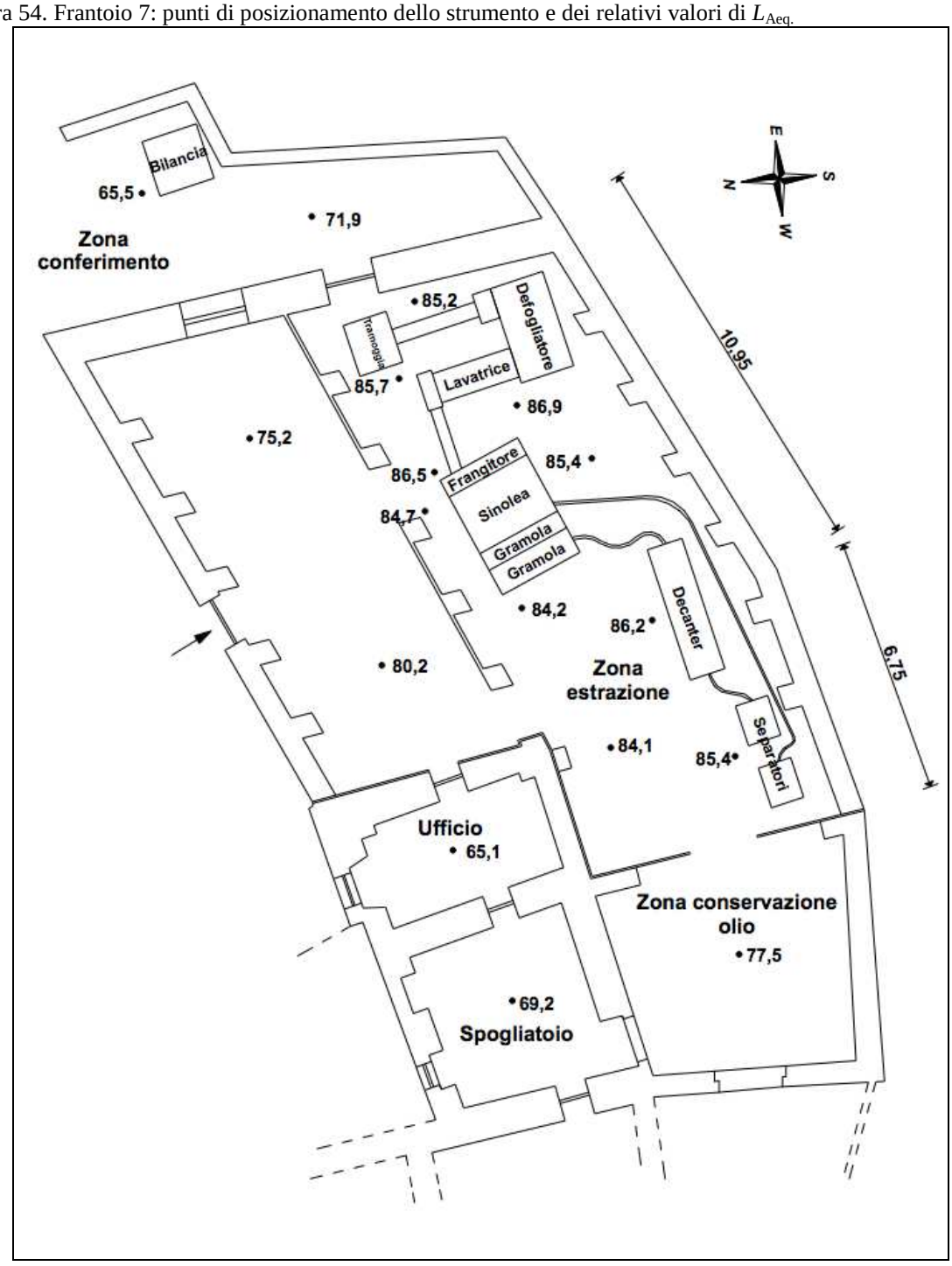


Figura 55. Frantoio 8: punti di posizionamento dello strumento e dei relativi valori di L_{Aeq}.

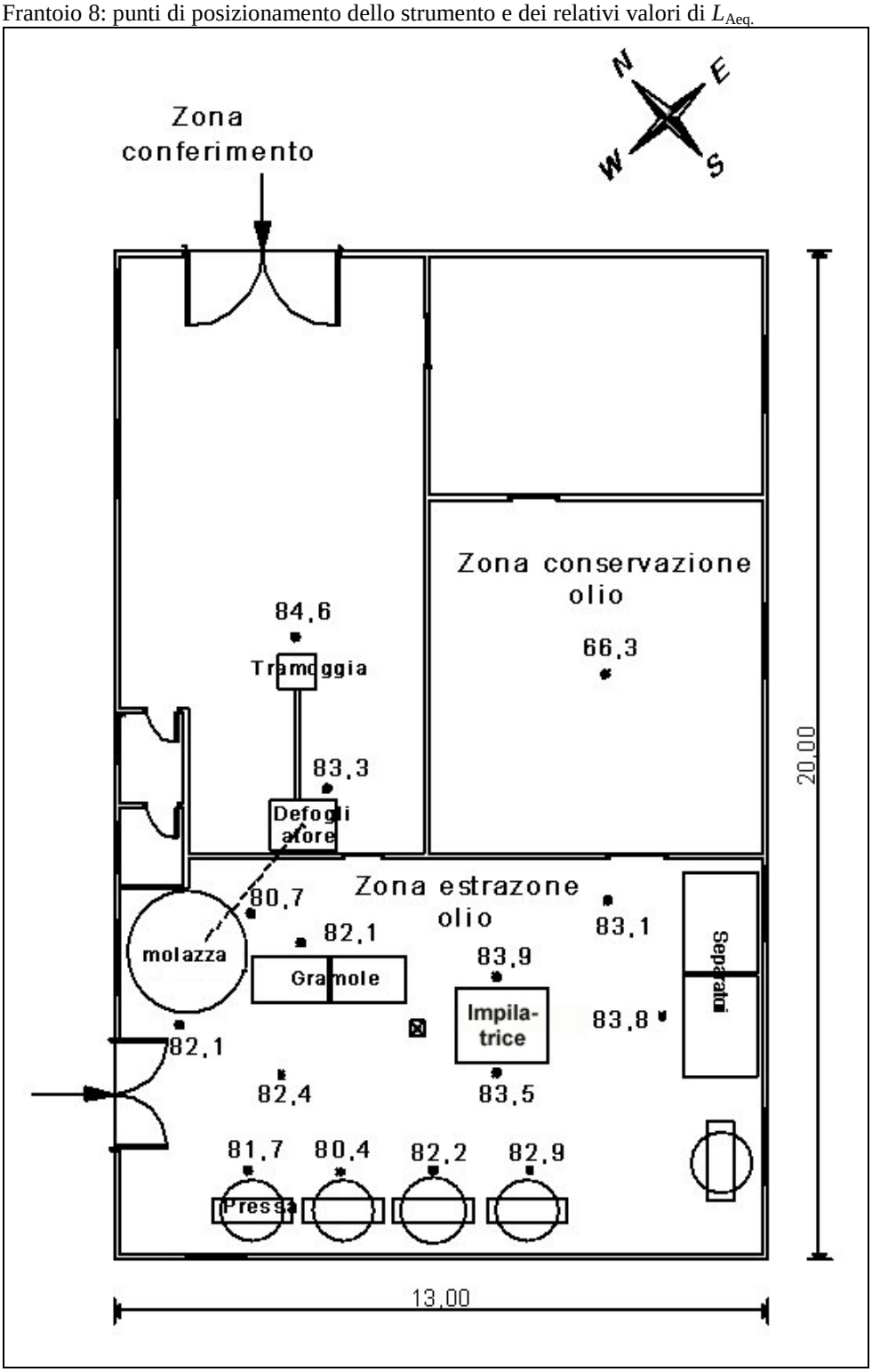
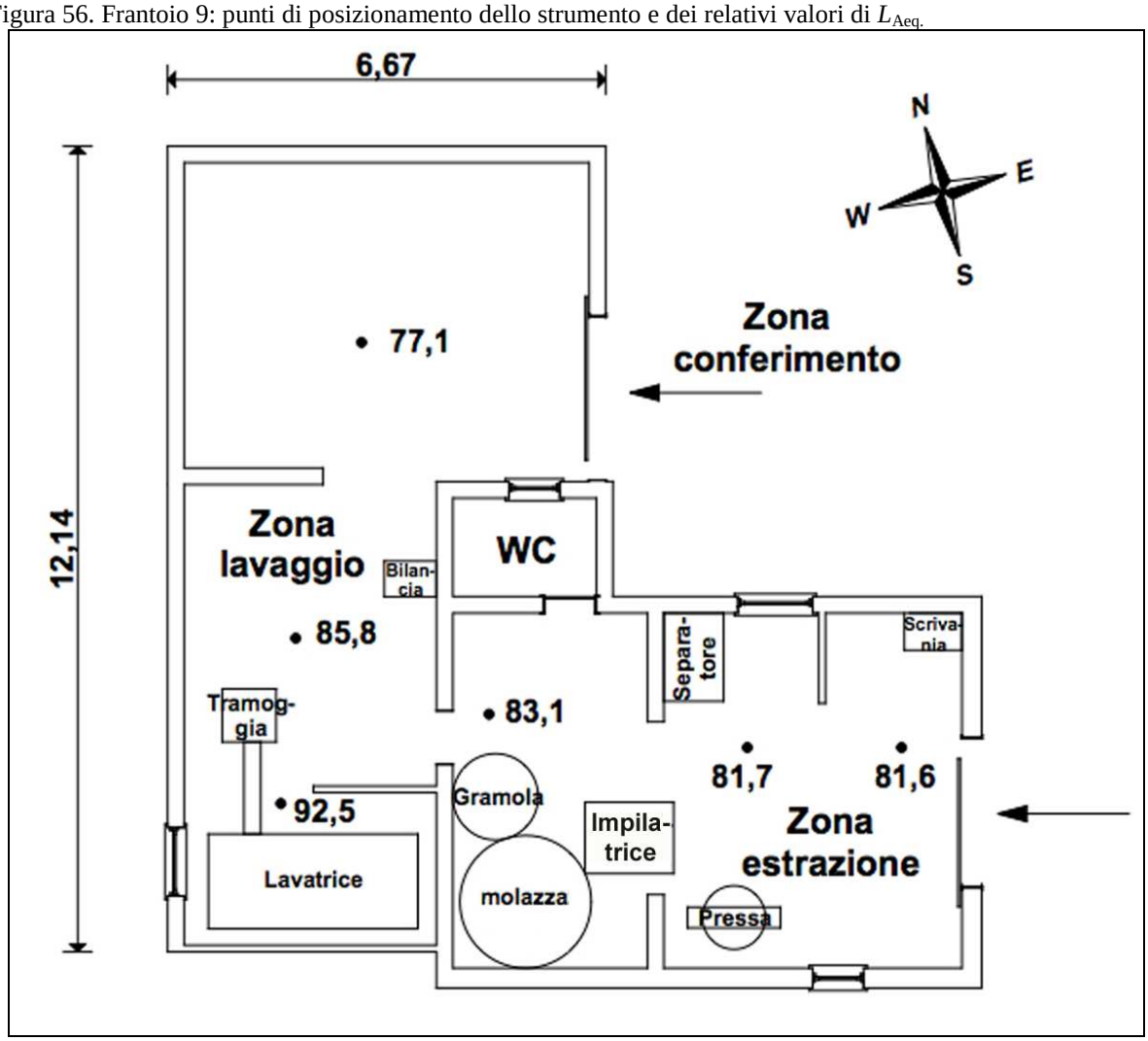


Figura 56. Frantoio 9: punti di posizionamento dello strumento e dei relativi valori di L_{Aeq}.



Il primo elemento che emerge è la maggiore rumorosità nei frantoi a ciclo continuo rispetto a quelli di tipo tradizionale.

In tutti i frantoi esaminati la zona di conferimento delle olive era localizzata all'esterno degli edifici, elemento questo che giustifica i bassi livelli sonori registrati.

Alti livelli sonori, indipendentemente dal tipo di impianto preso in considerazione, sono invece stati riscontrati nelle postazioni relative all'operazione di defogliatura/lavaggio delle olive.

In questi punti la maggiore componente di rumorosità è sembrata legata principalmente alla macchina lavatrice per la quale, oltre al rumore generato dal suo diretto funzionamento, è stata spesso verificata anche una forte componente rumore dovuta al cosiddetto "rumore d'urto" prodotto dal contatto delle masse in movimento con le superfici d'impatto. Tale effetto è stato spesso verificato in prossimità della tramoggia in cui cadevano le olive successivamente all'operazione di lavaggio. In questi punti il fonometro ha fatto registrare livelli di rumorosità superiori a 91 dB(A) (foto 53).

Foto 53. Elevato livello sonoro registrato in prossimità della tramoggia successiva al lavaggio.



Quanto appena detto trova un'ulteriore conferma nel valore rilevato per questa postazione nel frantoio 8, in cui la sola presenza della macchina defogliatrice ha fatto registrare un livello di pressione sonora nettamente inferiore ai casi precedenti, che inoltre è risultato essere perfettamente in linea con quello misurato per la stessa macchina nel frantoio 5.

Una considerazione aggiuntiva è necessaria per il valore rilevato nella zona destinata al lavaggio del frantoio 9. In esso infatti la carenza di spazio strutturale ha obbligato a confinare la macchina lavatrice in un'area circoscritta talmente ridotta da rendere difficoltosa anche la libera circolazione degli operatori. La così stretta vicinanza della macchina alle pareti ha senza dubbio contribuito ad aumentare l'effetto di riflessione delle onde sonore, che non avendo la possibilità di disperdersi all'esterno o in un ambiente di maggiori dimensioni, hanno contribuito alla generazione del campo sonoro anomalo che è stato registrato (foto 54).

Foto 54. Frantoio 9: critico posizionamento della macchina lavatrice.





Le maggiori differenze di rumorosità sono emerse nel caso delle macchine utilizzate per la frantumazione delle olive e la successiva estrazione dell'olio. In particolare i frangitori del tipo a martelli impiegati nei frantoi a ciclo continuo hanno fatto riscontrare un impatto acustico più elevato rispetto alle molazze, con livelli misurati quasi sempre superiori ai 90 dB(A) e con punte di 92,2 dB(A).

Lo stesso vale per i decanter che, per effetto dell'elevata velocità di rotazione posseduta, sono contraddistinti da livelli anche di 10 dB(A) superiori ai valori registrati in prossimità delle presse dei frantoi discontinui.

Differente discorso vale per la postazione relativa al separatore verticale. Pur essendo infatti questa macchina presente in tutte le aziende, le registrazioni effettuate hanno evidenziato negli impianti a ciclo continuo livelli sonori compresi tra 86,2 e 92,1 dB(A), contro gli 81,7 – 81,8 dB(A) delle relative postazioni dei frantoi tradizionali. Tale elemento, più che essere dovuto ad una reale differente rumorosità posseduta dalle macchine in questione, come confermato dai valori riportati nelle planimetrie degli edifici, va piuttosto attribuito al maggiore livello del rumore ambientale di fondo riscontrato nei frantoi continui, determinato principalmente dal funzionamento dei frangitori e dei decanter.

Una elevata variabilità nei livelli sonori è risultata infine nelle aree destinate allo stoccaggio del prodotto finale ed in quelle adibite ad ufficio.

Le discrepanze in questo caso risultano legate esclusivamente alle differenti strutture degli edifici in cui erano ospitati gli impianti, che in alcuni casi non hanno dato la possibilità ai titolari delle aziende di ricavare spazi idonei ad accogliere le aree in questione.

È questo il caso riscontrato nei frantoi 1 e 6, dove sia i contenitori in cui veniva stoccato l'olio prodotto, sia la scrivania utilizzata per l'espletamento dell'attività amministrativa erano situati all'interno dello stesso locale di estrazione, obbligando quindi gli operatori e gli stessi titolari delle aziende ad essere esposti ad elevati livelli di rumorosità anche quando non era necessaria la loro diretta presenza nelle postazioni di lavoro (foto 55).

Foto 55. Stoccaggio dell'olio nella stessa area in cui avviene la lavorazione.



Inoltre i contenitori di stoccaggio dell'olio in acciaio inossidabile posizionati in un ambiente in cui sono presenti delle sorgenti di rumore, apportano un contributo notevole all'incremento del rumore di fondo dell'ambiente in cui sono situati. Ciò risulta dovuto alle caratteristiche acustiche possedute dall'acciaio inossidabile che, essendo dotato di un coefficiente di assorbimento (α) delle onde sonore nullo, riflette le stesse nell'ambiente circostante.

Passando ad analizzare le differenze tra i livelli di rumorosità nei frantoi caratterizzati dal medesimo

impianto di estrazione, emerge subito come i frantoi a ciclo continuo con i macchinari disposti all'interno di un singolo ambiente (frantoio 1 e 3) presentino valori maggiori rispetto a quelli strutturati all'interno di due locali (frantoi 2 e 4).

Ciò è dovuto alla differenti interazioni acustiche che si vengono a creare tra le sorgenti posizionate a differenti distanze le une dalle altre ed alla presenza o assenza di barriere architettoniche, in grado di deviare o comunque attutire le onde sonore generate.

Questo aspetto può essere facilmente compreso visualizzando la distribuzione delle onde sonore all'interno dei differenti frantoi, generate con l'apposito *software* Surfer precedentemente descritto (figura 57, 58, 59, 60).

Figura 57. Frantoio 1: distribuzione delle onde sonore, generate con il *software* Surfer.

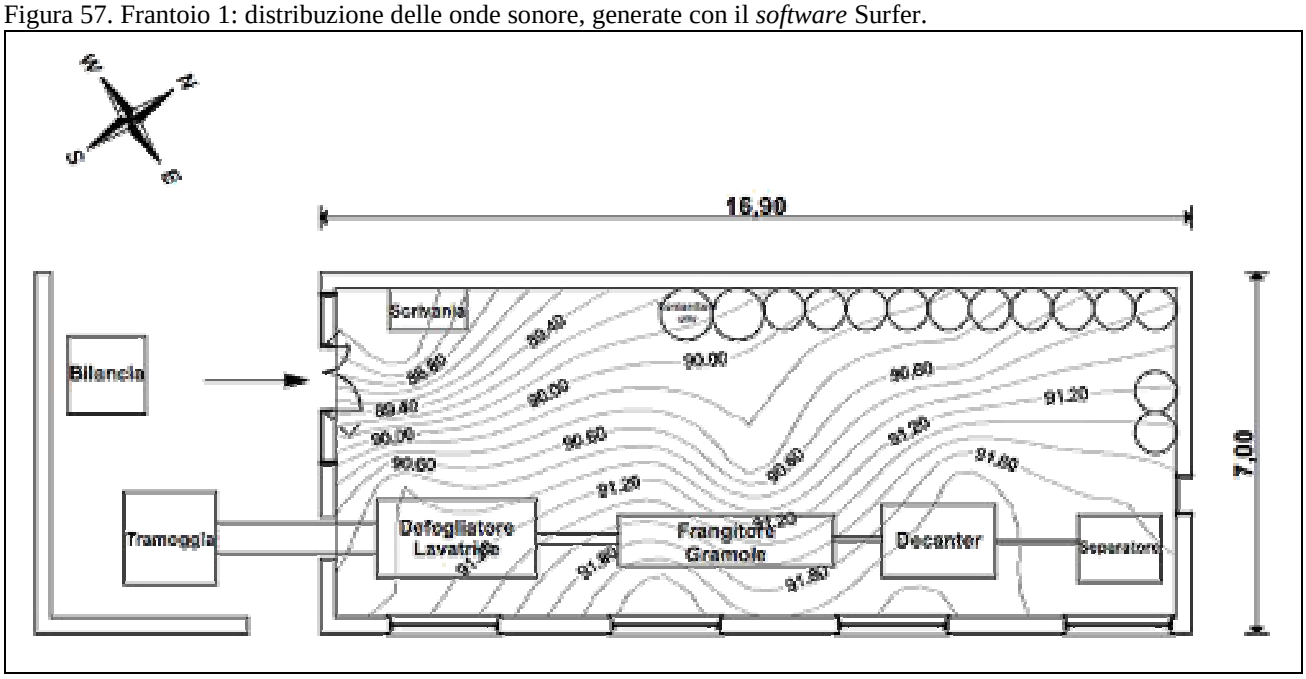


Figura 58. Frantoio 2: distribuzione delle onde sonore, generate con il *software* Surfer.

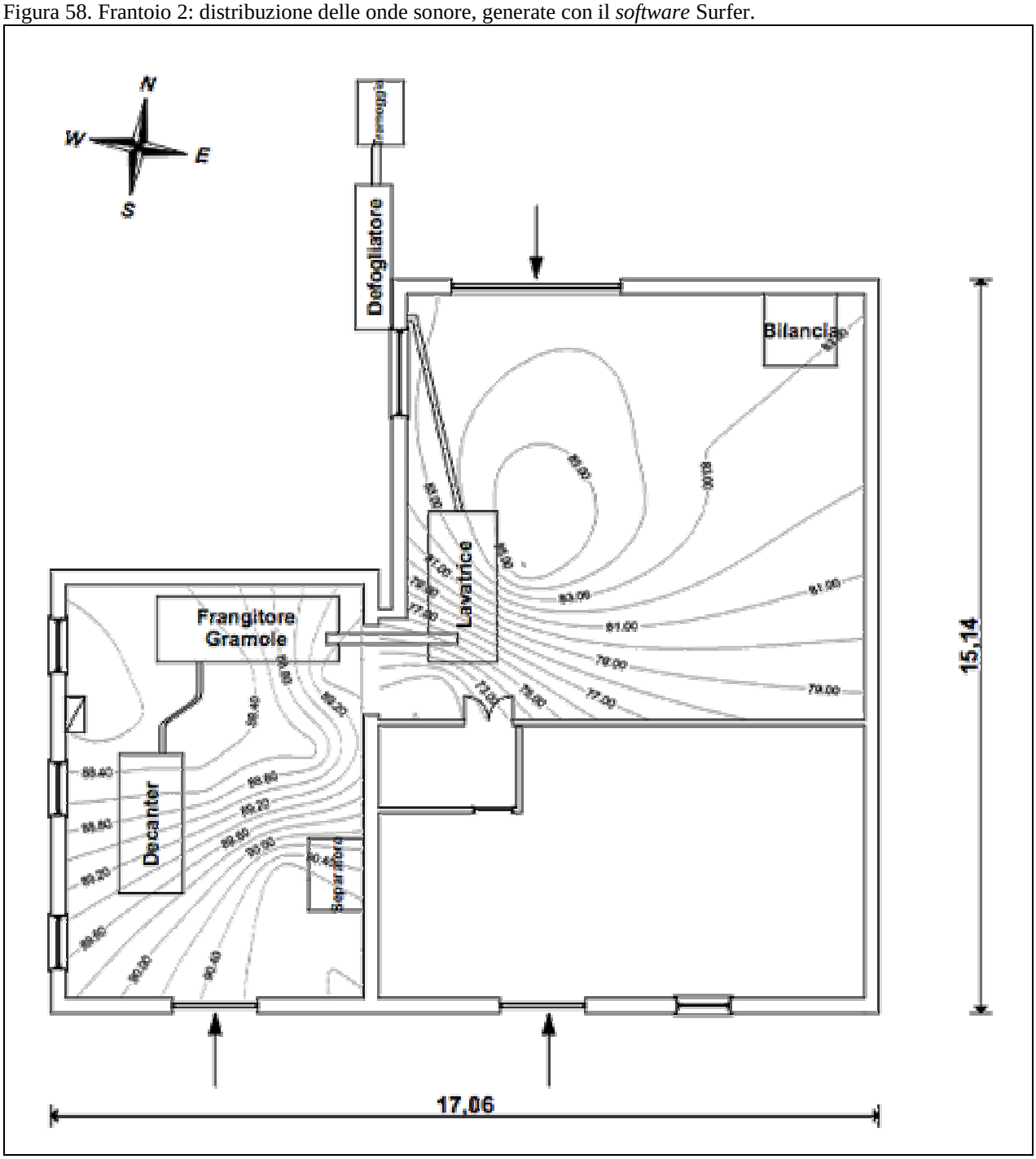


Figura 59. Frantoio 3: distribuzione delle onde sonore, generate con il *software* Surfer.

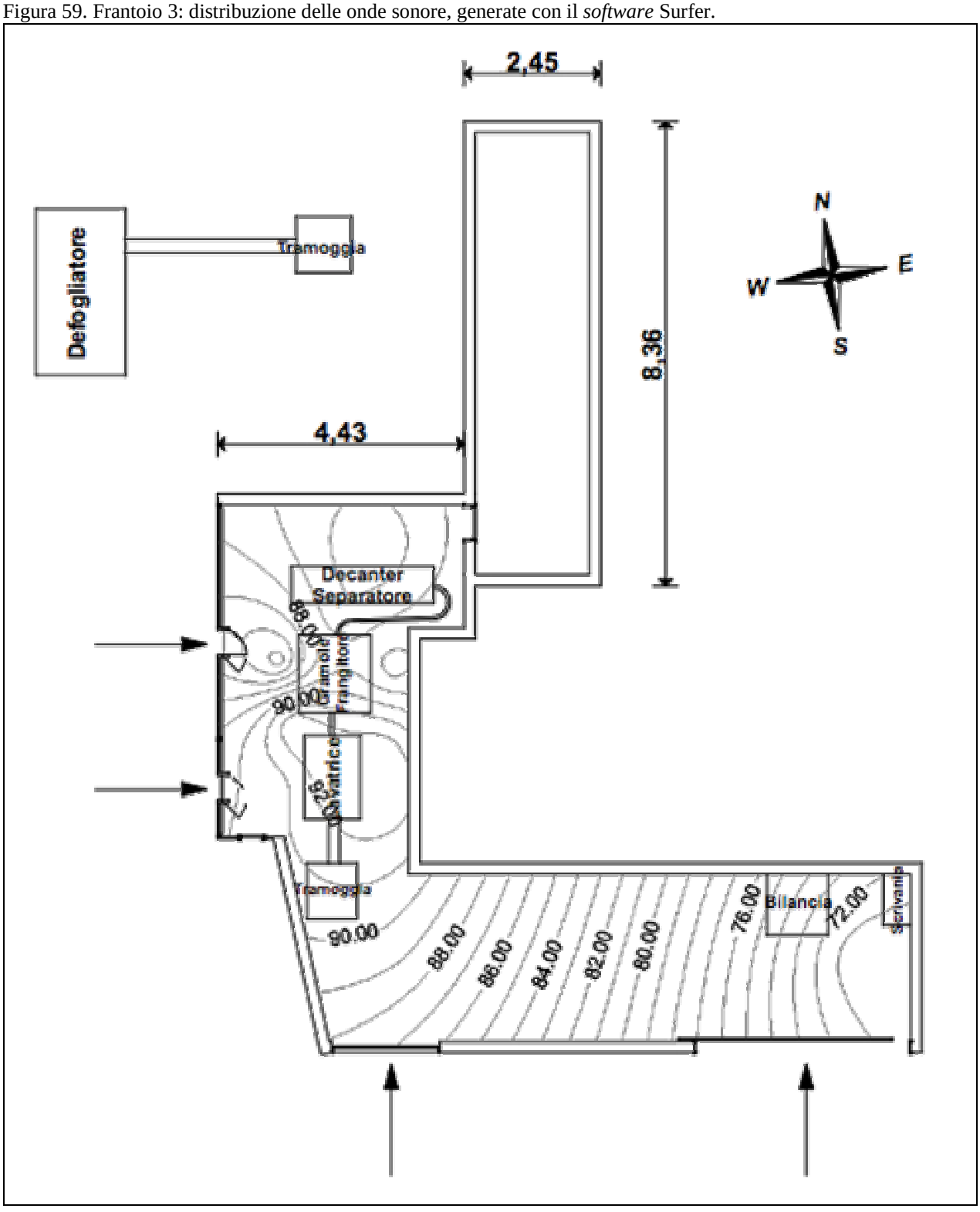
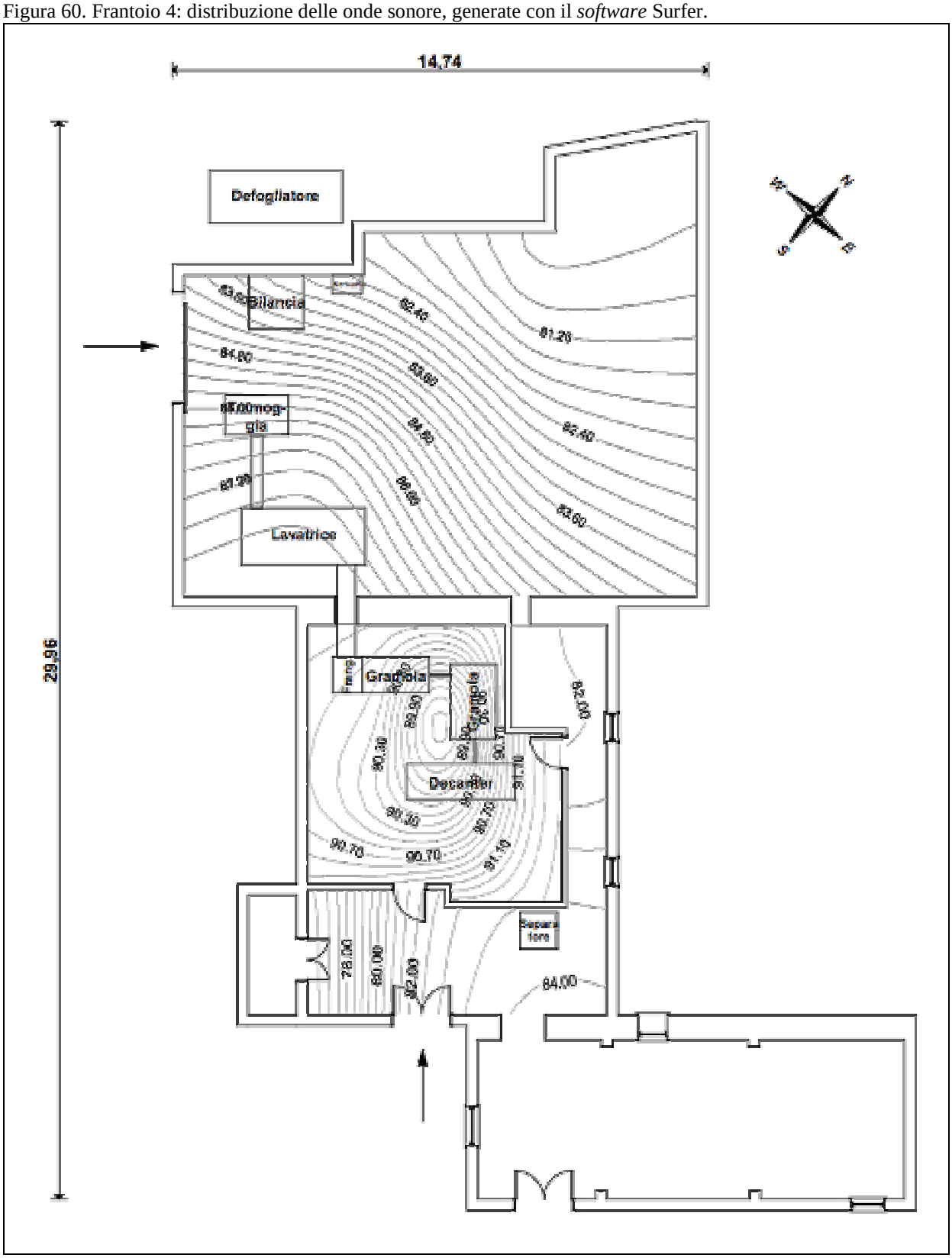


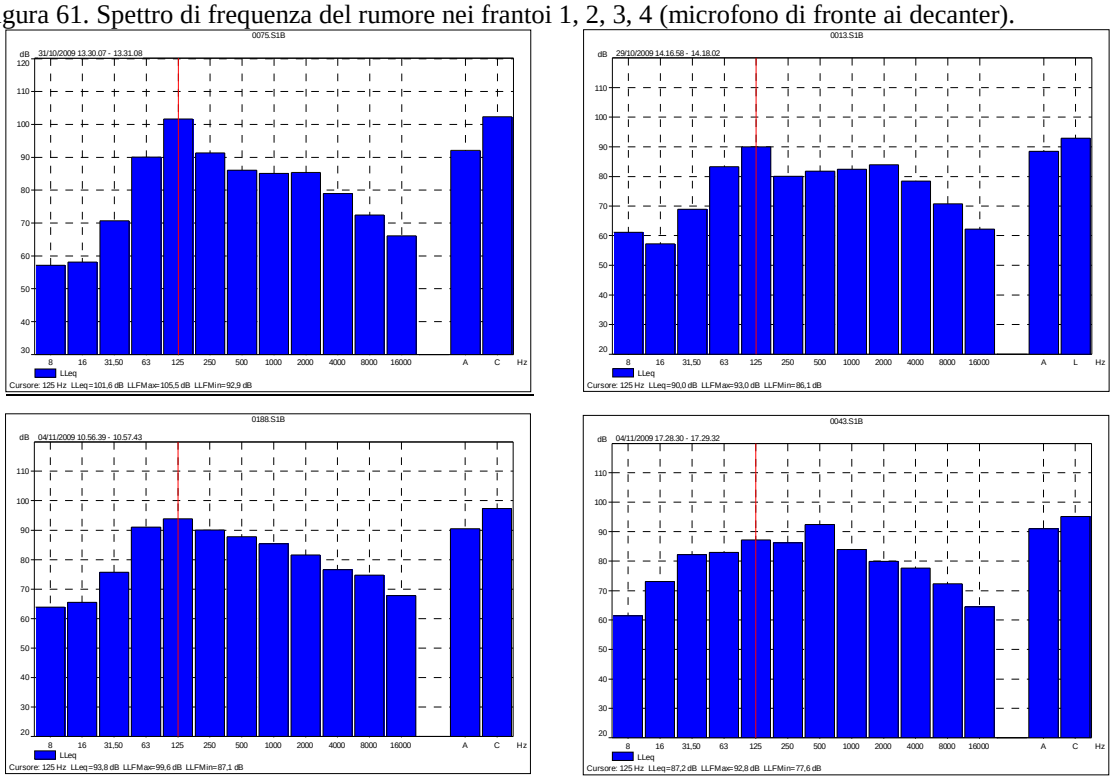
Figura 60. Frantoio 4: distribuzione delle onde sonore, generate con il *software* Surfer.



Dalle figure emerge come la disposizione delle linee di isolivello di pressione acustica denoti un contesto ambientale, dal punto di vista della rumorosità, più complesso nelle zone in cui le macchine sono più ravvicinate tra loro, determinando la presenza di aree più estese caratterizzate da elevati valori di rumorosità.

Un notevole contributo all'innalzamento generale dei livelli sonori è naturalmente anche dato dallo stato di manutenzione delle macchine utilizzate per l'estrazione. In riferimento a ciò è possibile visualizzare gli spettri di frequenza del rumore, rilevati in prossimità dei decanter, in ciascuno degli quattro frantoi (1, 2, 3, 4) a ciclo continuo finora descritti (figura 61).

Figura 61. Spettro di frequenza del rumore nei frantoi 1, 2, 3, 4 (microfono di fronte ai decanter).



Come è possibile notare, gli spettri pur presentando un andamento più o meno equamente distribuito alle varie frequenze dell'udibile, per il frantoio 1 e 3 si notano delle forti componenti tonali nelle frequenze comprese tra 63 e 250 Hz, con un picco, nel frantoio 1, superiore ai 100 dB in corrispondenza della banda 125 Hz. Tali anomalie sono probabilmente da imputare ad un cattivo funzionamento delle macchine dovuto probabilmente ad una scarsa manutenzione, che potrebbe giustificare l'innalzamento dei livelli di rumore in tutto l'ambiente circostante.

Una valutazione del tutto simile a quella fatta finora è valida anche per i frantoi 5, 6, 7, dotati come già detto di un impianto in cui veniva realizzata una doppia separazione dell'olio: la prima con la tecnica del percolamento attraverso la SINOLEA e la seconda, eseguita sulla

pasta di olive fuoriuscita dalla precedente macchina al fine di estrarne l'olio residuo, per centrifugazione tramite decanter.

Anche in questi frantoi gli elevati livelli sonori riscontrati nelle varie postazioni vanno attribuiti principalmente al rumore prodotto dal decanter e dal frangitore. Nel caso dei frantoi 5 e 7 infatti, le necessità impiantistiche hanno determinato una disposizione del frangitore e delle gramole sullo stesso asse, ma in posizione sopraelevata rispetto alla SINOLEA, elemento questo che ha determinato il rilevamento di livelli sonori pressochè identici nelle rispettive postazioni (foto 56, 57).

Foto 56. Frantoio 5: gruppo frangitore, SINOLEA, gramole.





Foto 57. Frantoio 7: gruppo frangitore, SINOLEA, gramole.





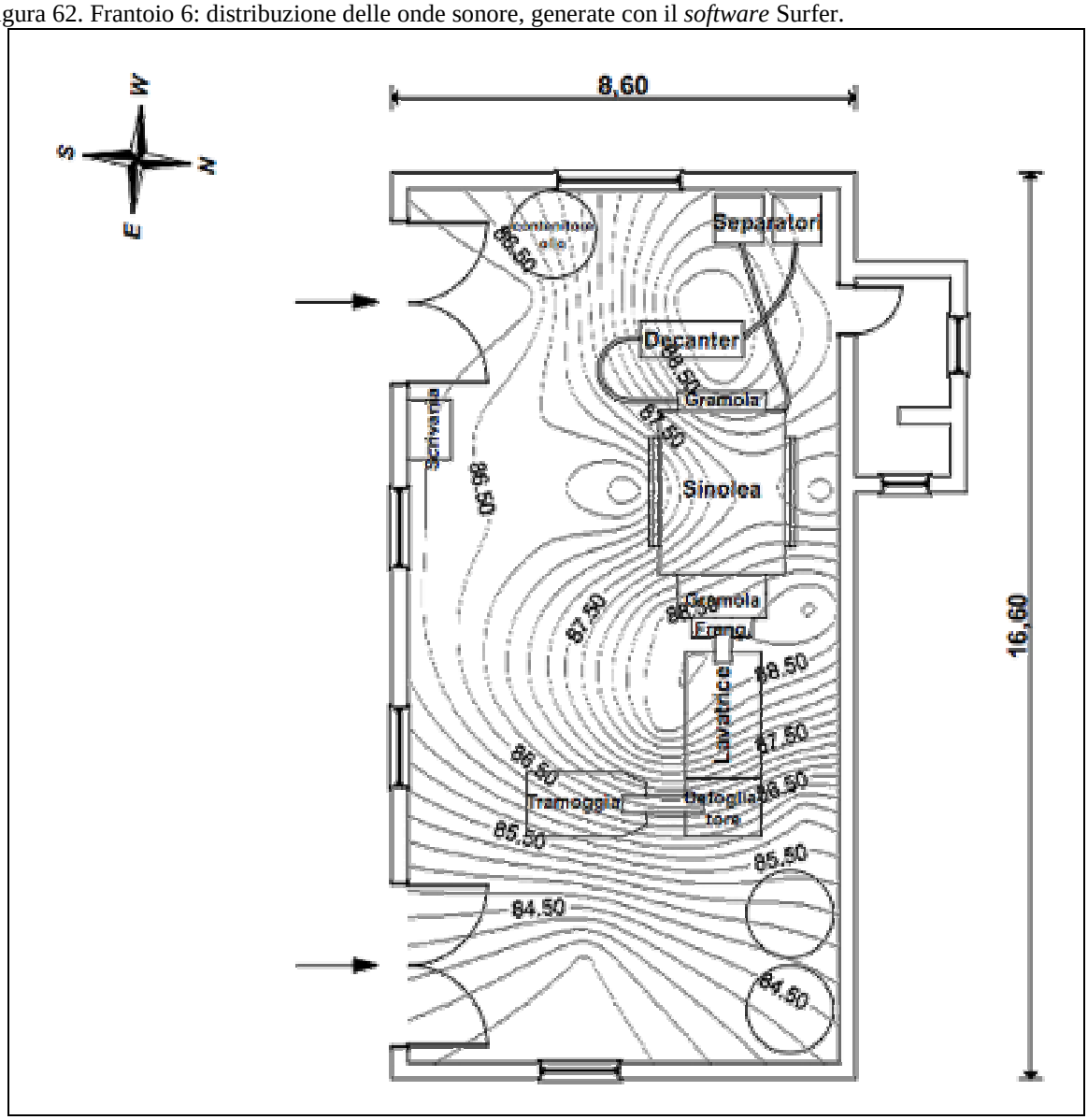
Nel caso del frantoio 6 la SINOLEA risultava invece collocata a distanza molto ravvicinata tra il frangitore ed il decanter, fattore che, come è possibile visualizzare dalla disposizione delle curve acustiche di isolivello, determinava nella sua posizione una concentrazione delle onde sonore di tipo bidirezionale (foto 58) (figura 62).

Foto 58. Frantoio 6: particolare collocazione della SINOLEA.





Figura 62. Frantoio 6: distribuzione delle onde sonore, generate con il *software* Surfer.



Particolarmente degni di nota sono i livelli acustici rilevati nel frantoio 7 che, come appare chiaramente, risultano per ogni postazione nettamente inferiori rispetto a quelli dei frantoi 5 e 6, permettendo pertanto di classificare il frantoio 7 come il meno rumoroso dei tre.

Tale caratteristica, più che da attribuire ad un differente posizionamento delle macchine all'interno dei locali di estrazione, o ad una diversa estensione superficiale del frantoio in questione, potrebbe piuttosto essere stata determinata da una serie di elementi architettonici, che rendevano unica la struttura ospitante il frantoio in questione.

Questa infatti, al contrario degli altri siti esaminati, presentava un ambiente costituito da una successione di navate, culminanti in una volta costituita da una serie di archi alternati da porzioni di soffitto realizzate con travi di legno. Un'architettura di questo tipo, unita al suo materiale costruttivo, caratterizzato da una elevata porosità, potrebbe aver determinato da un lato, l'assorbimento di una maggiore quantità di energia sonora da parte delle pareti e del

soffitto e dall'altro una più rilevante dispersione delle onde sonore nel locale adiacente ed in seguito all'esterno, attraverso il convogliamento delle onde sonore in direzione delle due aperture poste su uno dei lati del locale (foto 59) (figura 63).

Foto 59. Frantoio 7: architettura del locale di lavorazione.

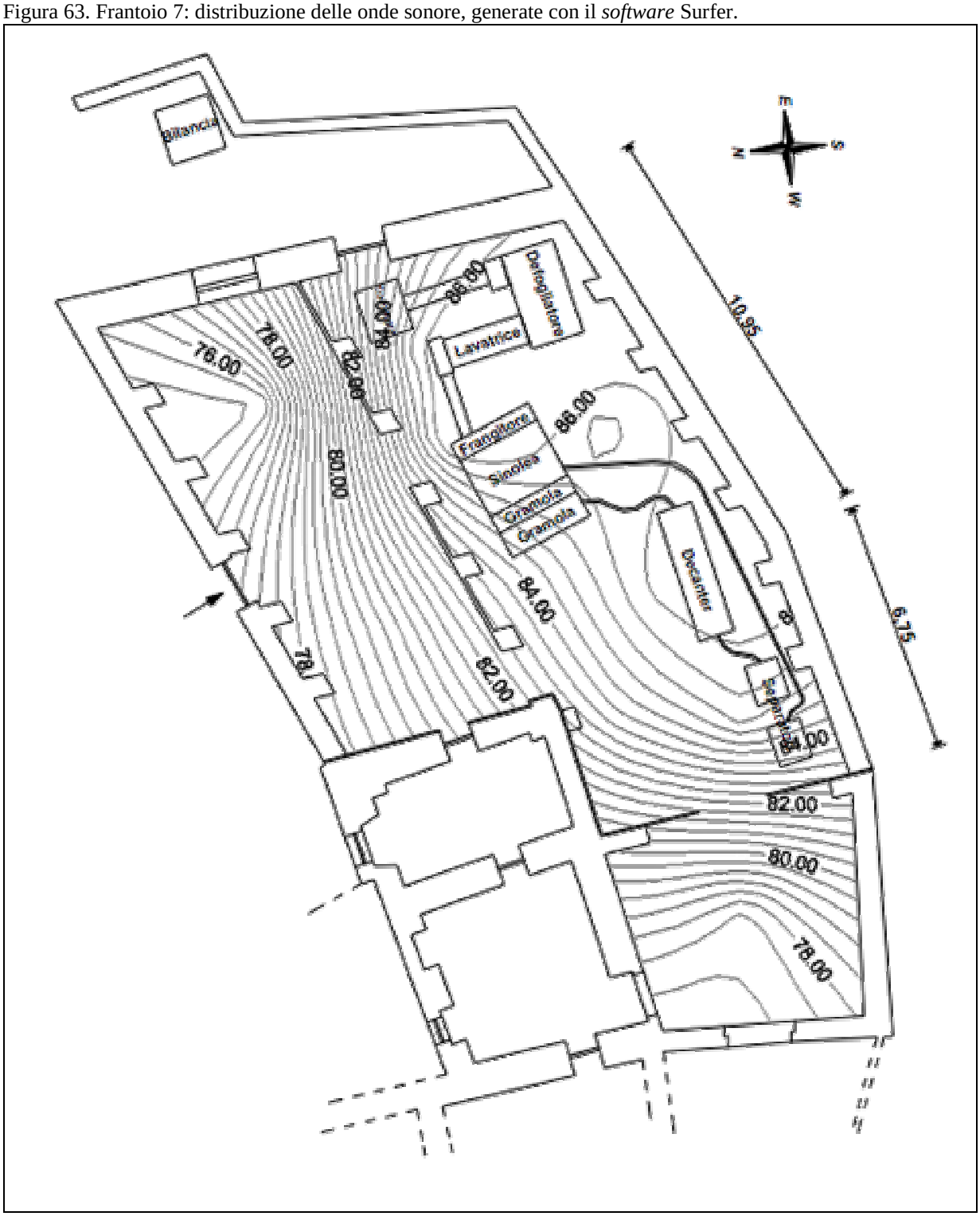








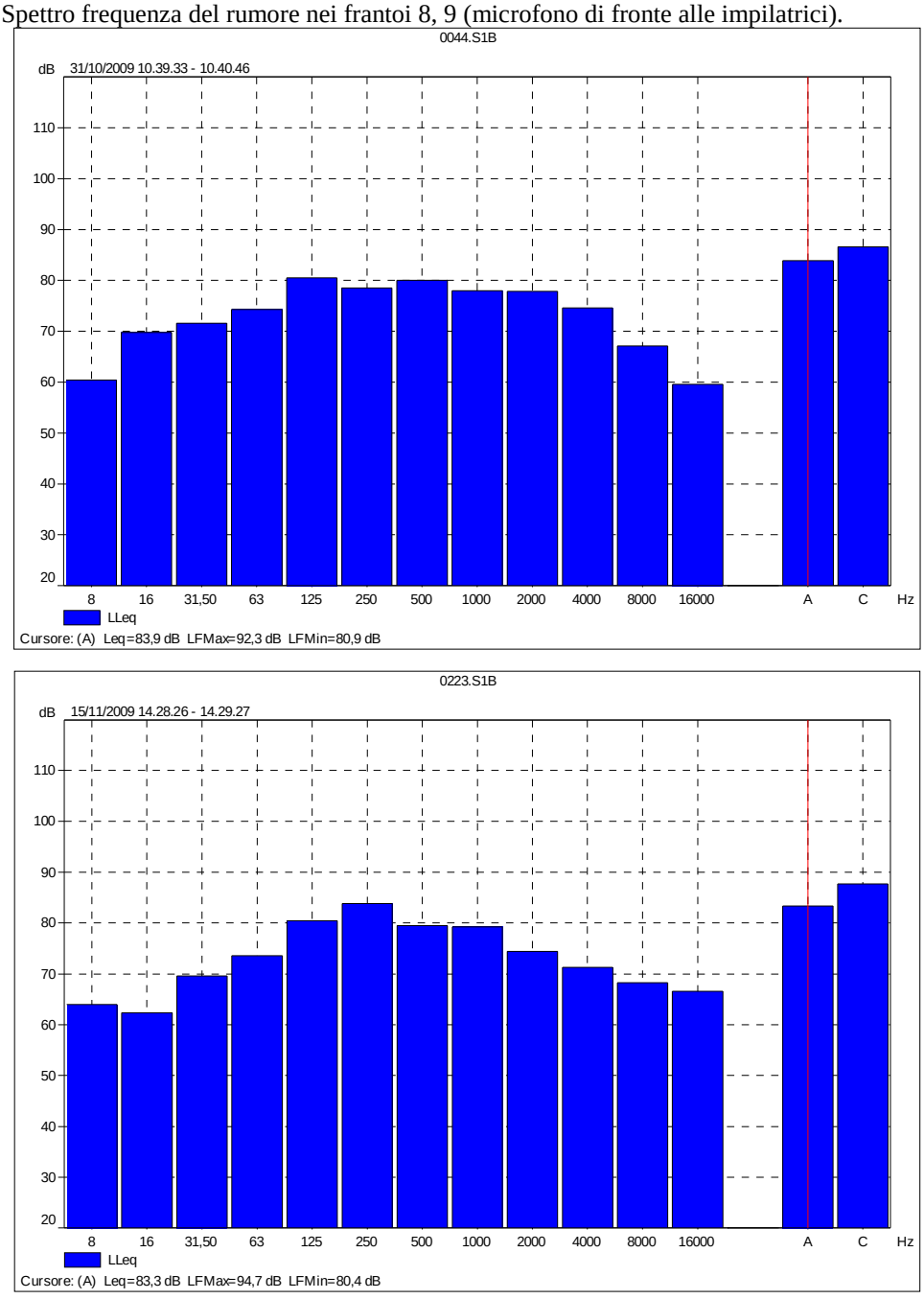
Figura 63. Frantoio 7: distribuzione delle onde sonore, generate con il *software* Surfer.



Prendendo infine in esame i frantoi tradizionali emerge subito come questi siano caratterizzati da livelli di rumorosità molto simili tra loro nelle varie postazioni e questo nonostante i due impianti siano caratterizzati da capacità operative molto differenti, determinate dalla presenza rispettivamente di quattro presse nel frantoio 8 ed una sola nel frantoio 9.

Quanto appena detto fa comprendere come il numero delle presse giochi un ruolo trascurabile nel rumore dell'ambiente e come invece questa sia strettamente dipendente dalle restanti macchine presenti nei frantoi. Tra esse, oltre al già citato valore anomalo riscontrato per la lavatrice del frantoio 9, i maggiori livelli sonori sono stati registrati in corrispondenza della macchina impilatrice. Di seguito è possibile visualizzare lo spettro di frequenza del rumore rilevato nei pressi di entrambe le macchine (figura 64).

Figura 64. Spettro frequenza del rumore nei frantoi 8, 9 (microfono di fronte alle impilatrici).



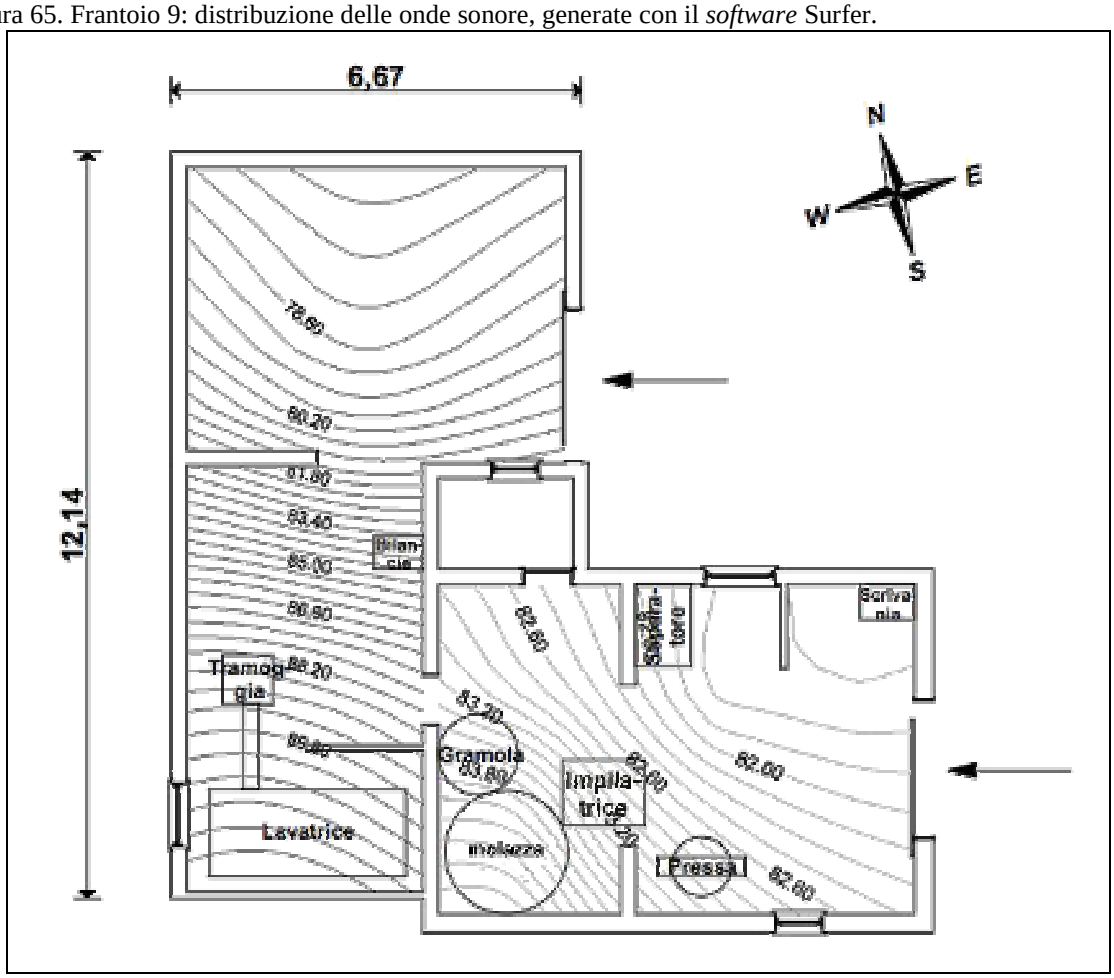
Le immagini mostrano una componente tonale in corrispondenza dei 250 Hz relativa alla macchina del frantoio 9, che potrebbe essere indice di un anomalo funzionamento di quest'ultima dovuto ad una carente manutenzione.

I maggiori valori rilevati nel frantoio 9 in prossimità della molazza e della gramola sono invece da imputare all'eccessiva vicinanza delle suddette macchine alle pareti, determinata dalle ridotte dimensioni del locale. Questi elementi hanno contribuito probabilmente a ridurre, rispetto a quanto verificato per il frantoio 8, la dispersione delle onde sonore generate dalle sorgenti rumorose (foto 60) (figura 65).

Foto 60. Frantoio 9: eccessivo ravvicinamento dei macchinari.



Figura 65. Frantoio 9: distribuzione delle onde sonore, generate con il *software* Surfer.



7.6.1. Esposizione giornaliera al rumore dei lavoratori

Sulla base dei rilievi fonometrici eseguiti nei frantoi esaminati, si è proceduto alla determinazione dei livelli di esposizione giornaliera al rumore degli operatori ($L_{EX,8h}$), così come stabilito dalla norma tecnica 9432:2008.

In questo modo è stato possibile eseguire un confronto diretto tra i livelli di esposizione al rumore rilevati nelle differenti unità produttive. Inoltre, attraverso il confronto dei valori ottenuti con i limiti imposti dalla legislazione vigente, è stato possibile disporre di un quadro sufficientemente rappresentativo della situazione.

Nelle seguenti tabelle sono riportati, per ognuno dei nove frantoi esaminati, i tempi di esposizione di ogni operaio per ciascuna postazione di lavoro ed il successivo valore di $L_{EX,8h}$ calcolato. In tutti i casi con la lettera "A" ci si è riferiti all'addetto assegnato alla fase di conferimento del prodotto ed alla sua successiva immissione nel ciclo di lavorazione. Con la lettera "B" è stato indicato il responsabile della gestione di tutta la fase di estrazione, nel caso dei frantoi a ciclo continuo, mentre per i frantoi tradizionali l'operaio incaricato di creare le pile di fiscoli da sottoporre a pressatura (tabella 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41).

Tabella 33. Frantoio 1: $L_{EX,8h}$ calcolato in funzione del tempo di permanenza di ciscun operatore nelle postazioni di lavoro.

Postazione	L_{Aeq} (dB)	Operatore	
		A	B
		Tempo di esposizione [minuti]	
Conferimento olive	64,8	100	-
Pesatura	80,4	100	-
Tramoggia inizio ciclo	80,4	120	-
Defogliatore/lavatrice	90,7	50	-
Frangitore	91,2	10	10
Gramole	90,2	-	80
Decanter	92,1	-	40
Separatore	91,8	-	240
Stoccaggio olio	90,4	-	80
Ufficio/scrivania	88,2	40	-
Pause	-	60	30
TOTALE		480	480
$L_{EX,8h}$ [dB(A)]		83,0	91,1
$u_a(L_{EX,8h})^*$		0,8	0,8

*: Incertezza totale associata al calcolo del livello di esposizione giornaliera.

Tabella 34. Frantoio 2: $L_{EX,8h}$ calcolato in funzione del tempo di permanenza di ciscun operatore nelle postazioni di lavoro.

Postazione	L_{Aeq} (dB)	Operatore	
		A	B
		Tempo di esposizione [minuti]	
Conferimento olive	70,0	160	10
Pesatura	83,1	140	-
Tramoggia inizio ciclo	83,3	100	-
Defogliatore esterno	74,9	10	-
Defogliatore/lavatrice	86,1	40	10
Frangitore	89,5	-	10
Gramole	88,3	-	60
Decanter	88,5	-	100
Separatore	90,8	-	200
Stoccaggio olio	67,7	-	30
Ufficio/scrivania	70,0	-	30
Pause	-	30	30
TOTALE		480	480
$L_{EX,8h}$ [dB(A)]		81,5	88,8
$u_a(L_{EX,8h})^*$		0,8	0,9

*: Incertezza totale associata al calcolo del livello di esposizione giornaliera.

Tabella 35. Frantoio 3: $L_{EX,8h}$ calcolato in funzione del tempo di permanenza di ciscun operatore nelle postazioni di lavoro.

Postazione	L_{Aeq} (dB)	Operatore	
		A	B
		Tempo di esposizione [minuti]	
Conferimento olive	65,9	130	-
Pesatura	70,0	140	-
Defogliatore esterno	84,8	100	-
Tramoggia inizio ciclo	89,6	60	-
Defogliatore/lavatrice	90,5	-	60
Frangitore	92,2	-	10
Gramole	84,5	-	80
Decanter	90,9	-	120
Separatore	88,6	-	180
Stoccaggio olio	78,5	-	20
Ufficio/scrivania	70,0	30	-
Pause		20	10
TOTALE		480	480
$L_{EX,8h}$ [dB(A)]		82,6	89,1
$u_a(L_{EX,8h})^*$		0,9	0,7

*: Incertezza totale associata al calcolo del livello di esposizione giornaliera.

Tabella 36. Frantoio 4: $L_{EX,8h}$ calcolato in funzione del tempo di permanenza di ciscun operatore nelle postazioni di lavoro.

Postazione	L_{Aeq} (dB)	Operatore	
		A	B
		Tempo di esposizione [minuti]	
Conferimento olive	60,7	110	-
Pesatura	83,5	90	20
Defogliatore esterno	81,3	40	-
Tramoggia inizio ciclo	85	120	20
Defogliatore/lavatrice	88,8	20	20
Frangitore	90,6	-	20
Gramole	88,6	-	50
Decanter	91,5	-	50
Separatore	84,4	-	220
Stoccaggio olio	67,7	-	70
Ufficio/scrivania	83,5	90	-
Pause		10	10
TOTALE		480	480
$L_{EX,8h}$ [dB(A)]		83,1	86,5
$u_a(L_{EX,8h})^*$		0,7	0,7

*: Incertezza totale associata al calcolo del livello di esposizione giornaliera.

Tabella 37. Frantoio 5: $L_{EX,8h}$ calcolato in funzione del tempo di permanenza di ciscun operatore nelle postazioni di lavoro.

Postazione	L_{Aeq} (dB)	Operatore	
		A	B
		Tempo di esposizione [minuti]	
Conferimento olive	62,4	110	-
Pesatura	81,5	150	-
Defogliatore esterno	83,8	200	-
Tramoggia inizio ciclo	-	-	-
Lavatrice	90,8	-	40
Frangitore	90,0	-	10
Gramole	90,0	-	70
SINOLEA	90,4	-	50
Decanter	91,5	-	80
Separatore	91,1	-	180
Stoccaggio olio	79,5	-	10
Ufficio/scrivania	78,1	-	40
Pause		20	-
TOTALE		480	480
$L_{EX,8h}$ [dB(A)]		81,6	90,4
$u_a(L_{EX,8h})^*$		0,9	0,7

*: Incertezza totale associata al calcolo del livello di esposizione giornaliera.

Tabella 38. Frantoio 6: $L_{EX,8h}$ calcolato in funzione del tempo di permanenza di ciscun operatore nelle postazioni di lavoro.

Postazione	L_{Aeq} (dB)	Operatore	
		A	B
		Tempo di esposizione [minuti]	
Conferimento olive/pesatura	66,0	90	-
Tramoggia inizio ciclo	85,5	300	-
Defogliatore/lavatrice	88,7	30	-
Frangitore	88,5	-	5
Gramole	88,5	-	65
SINOLEA	86,1	-	40
Decanter	89,1	-	90
Separatore	88,8/88,2	-	150
Stoccaggio olio	89,1	-	50
Ufficio/scrivania	86,7	-	60
Pause		60	20
TOTALE		480	480
$L_{EX,8h}$ [dB(A)]		84,3	88,2
$u_a(L_{EX,8h})^*$		1,0	0,6

*: Incertezza totale associata al calcolo del livello di esposizione giornaliera.

Tabella 39. Frantoio 7: $L_{EX,8h}$ calcolato in funzione del tempo di permanenza di ciscun operatore nelle postazioni di lavoro.

Postazione	L_{Aeq} (dB)	Operatore	
		A	B
		Tempo di esposizione [minuti]	
Conferimento olive	56,0	80	10
Pesatura	65,5	220	-
Tramoggia inizio ciclo	85,2	120	-
Defogliatore/lavatrice	86,9	-	60
Frangitore	86,5	-	10
Gramole	84,2	-	50
SINOLEA	84,7	-	50
Decanter	86,2	-	20
Separatore	85,4	-	150
Stoccaggio olio	77,5	-	20
Ufficio/scrivania	65,1	-	50
Pause		60	60
TOTALE		480	480
$L_{EX,8h}$ [dB(A)]		79,3	84,1
$u_a(L_{EX,8h})^*$		1,1	0,7

*: Incertezza totale associata al calcolo del livello di esposizione giornaliera.

Tabella 40. Frantoio 8: $L_{EX,8h}$ calcolato in funzione del tempo di permanenza di ciscun operatore nelle postazioni di lavoro.

Postazione	L_{Aeq} (dB)	Operatore	
		A	B
		Tempo di esposizione [minuti]	
Conferimento olive/pesatura	57,7	150	-
Tramoggia inizio ciclo	84,6	180	-
Defogliatore	83,3	30	-
Molazza	80,7	10	10
Gramole	82,1	-	20
Impilatrice	83,9	-	350
Presse	81,8	50	50
Separatore	83,8	-	20
Stoccaggio olio	66,3	-	-
Ufficio/scrivania	66,3	30	-
Pause		30	30
TOTALE		480	480
$L_{EX,8h}$ [dB(A)]		81,5	83,3
$u_a(L_{EX,8h})^*$		0,9	1,0

*: Incertezza totale associata al calcolo del livello di esposizione giornaliera.

Tabella 41. Frantoio 9: $L_{EX,8h}$ calcolato in funzione del tempo di permanenza di ciscun operatore nelle postazioni di lavoro.

Postazione	L_{Aeq} (dB)	Operatore	
		A	B
		Tempo di esposizione [minuti]	
Conferimento olive	51,3	100	-
Pesatura	77,1	120	-
Tramoggia inizio ciclo	85,8	180	-
Defogliatore/lavatrice	92,5	20	-
Molazza	83,1	-	15
Gramole	83,1	-	15
Impilatrice	83,1	-	320
Presse	81,7	-	40
Separatore	81,7	-	20
Stoccaggio olio	-	-	-
Ufficio/scrivania	81,6	-	10
Pause		60	60
TOTALE		480	480
$L_{EX,8h}$ [dB(A)]		83,6	82,3
$u_a(L_{EX,8h})^*$		0,9	0,9

*: Incertezza totale associata al calcolo del livello di esposizione giornaliera.

Nella seguente tabella vengono riassunti i livelli di esposizione giornaliera al rumore calcolati per gli addetti operanti nei nove frantoi analizzati (tabella 42).

Tabella 42. livelli di esposizione giornaliera al rumore calcolati.

Frantoio	$L_{EX,8h}$ [dB(A)] operatore	
	A	B
1	83,0 ± 0,8	91,1 ± 0,8
2	81,5 ± 0,8	88,8 ± 0,9
3	82,6 ± 0,9	89,1 ± 0,7
4	83,1 ± 0,7	86,5 ± 0,7
5	81,6 ± 0,9	90,4 ± 0,7
6	84,3 ± 1,0	88,2 ± 0,6
7	79,3 ± 1,1	84,1 ± 0,7
8	81,5 ± 0,9	83,3 ± 1,0
9	83,6 ± 0,9	82,3 ± 0,9

Dal confronto tra i livelli rilevati e i valori di azione ed i valori limite di esposizione imposti dal Testo Unico (tabella 28), emergono delle rilevanti differenze.

In tutti i frantoi infatti, indipendentemente dalla tecnologia di estrazione utilizzata, gli addetti identificati dalla lettera "A" sono risultati soggetti a valori di esposizione giornaliera al rumore, nella quasi totalità dei casi sempre superiori al valore inferiore di azione di 80 dB(A), ma al di sotto del valore superiore di azione di 85 dB(A) indicato dalla normativa vigente.

Un risultato di questo tipo può essere attribuito principalmente a due elementi:

- la suddivisione del lavoro all'interno dei frantoi, per la quale gli addetti al conferimento del prodotto trascorrevano circa il 15 – 30 % dell'intera giornata lavorativa all'esterno dei locali di lavorazione, per la gestione del prodotto in entrata, riducendo di conseguenza la loro esposizione ai livelli di pressione sonora all'interno;
- i *layout* di lavorazione, che per fattori legati principalmente alle necessità operative (sequenza di utilizzo delle macchine), all'ingombro dei macchinari ed alla dimensione dei locali a disposizione, vedevano posizionate le macchine in cui si trovano ad operare gli addetti in questione lontane, o in alcuni casi in locali differenti, rispetto ai punti in cui erano situate alcune di quelle più rumorose (frangitore, decanter, separatore verticale, impilatrice).

I lavoratori addetti al conferimento sono rientrati quindi all'interno della "classe 1" relativa al rischio di esposizione al rumore, per la quale, oltre alla valutazione dei rischi ed alla messa a disposizione dei dipendenti dei D.P.I. (articolo 193, capo 2, titolo VIII), come stabilito dall'articolo 195, capo 2, titolo VIII del Testo Unico, gli obblighi da parte del datore di lavoro dovrebbero essere rivolti alla messa in atto di un'azione di formazione ed informazione dei propri dipendenti, con particolare riferimento a:

- l'entità ed il significato dei valori limite di esposizione e dei valori di azione ed i potenziali rischi associati;
- i risultati della valutazione, misurazione o calcolo dei livelli di esposizione all'agente fisico in questione;
- le modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute;
- le circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto ad una sorveglianza sanitaria ed agli obiettivi della stessa;
- l'uso corretto di adeguati D.P.I. ed alle relative indicazioni e controindicazioni sanitarie derivate dal loro utilizzo.

Una situazione decisamente più allarmante è emersa dalla valutazione delle esposizioni giornaliere al rumore rilevate per gli addetti identificati dalla lettera “B”, incaricati di gestire la fase di estrazione dell’olio. La situazione più grave è stata verificata nei frantoi dotati del sistema di estrazione a ciclo continuo. In questi infatti nella maggioranza dei casi (frantoi 1, 2, 3, 5, 6) sono stati rilevati livelli di esposizione giornaliera al rumore che hanno superato, anche abbondantemente (frantoi 1, 3, 5), il valore limite di esposizione fissato a 87 dB(A). Ciò ha determinato l’inserimento dei dipendenti nella “classe di rischio 3”, per la quale oltre all’obbligo di utilizzo per i lavoratori dei D.P.I. (articolo 193, capo 2, titolo VIII) ed una sorveglianza sanitaria a cadenza annuale (articolo 196, capo 2, titolo VIII), il datore di lavoro dovrebbe installare una segnaletica adeguata delle aree maggiormente rumorose, limitandone l’accesso (articolo 192, capo 2, titolo VIII) e comunque adottare una serie di misure immediate per riportare l’esposizione al di sotto dei valori limite, individuando le cause dell’eccessivo rumore e modificando le misure di protezione e di prevenzione per evitare che la situazione si ripeta (articolo 194, capo 2, titolo VIII).

L’unica eccezione ai livelli di esposizione giornaliera così elevati nei frantoi di tipo continuo è stata registrata nel caso dell’addetto alla fase di estrazione operante nel frantoio 7, il cui livello è risultato inferiore al valore superiore di azione di 85 dB(A). Un risultato di questo tipo più che dipendere dai tempi di effettiva permanenza dell’operatore nelle varie aree della struttura, è da attribuire principalmente agli inferiori livelli di pressione sonora rilevati nel frantoio in questione, dovuti probabilmente ad un miglior stato di manutenzione delle macchine utilizzate ed alle buone proprietà acustiche dell’ambiente in cui era installato l’impianto di estrazione che, come già descritto in precedenza, potrebbero aver favorito un migliore assorbimento e/o una maggiore dispersione delle onde sonore generate dalle sorgenti rumorose.

Livelli di esposizione giornaliera al di sotto del valore superiore di azione sono stati calcolati infine per gli addetti all’area di estrazione dell’olio operanti nei frantoi tradizionali, nonostante sia stata verificata la loro permanenza per più del 60 % dell’intera giornata lavorativa in prossimità della macchina impilatrice.

La verifica del rispetto delle misure di sicurezza previste in seguito al superamento dei limiti dei livelli di esposizione giornaliera al rumore di cui si è parlato, ha fatto emergere una situazione seriamente problematica, specialmente per gli operatori i cui livelli superavano il limite di esposizione di 87 dB(A).

In nessuna delle realtà aziendali esaminate infatti il personale presentava un sufficiente livello di formazione ed informazione nei confronti del rischio per l'udito causato dal rumore e sull'importanza delle misure di protezione da adottare.
Anche l'impiego di una segnaletica dedicata, si è rivelata totalmente assente, mentre le barriere delimitanti o limitanti l'accesso alle zone a rischio si sono dimostrate insufficienti per confinare le aree in questione (foto 61).

Foto 61. Inadeguatezza delle barriere limitanti l'accesso alle zone a rischio.



Un caso emblematico è rappresentato dal frantoio 4, nel quale il gruppo macchine costituito dal frangitore, gramole, decanter era confinato nel locale di estrazione da un apposito muro perimetrale eretto all'interno della stanza, il cui accesso tramite apposite porte a vetri sarebbe dovuto essere limitato al solo operatore addetto all'estrazione previa utilizzazione dei D.P.I.
Nella realtà operativa quanto detto tuttavia non si verificava. Probabilmente a causa della scarsa formazione degli operatori; infatti le porte limitanti l'area in questione rimanevano aperte per tutta la giornata lavorativa, permettendone il libero accesso anche ai non addetti ai lavori e determinando il generale innalzamento dei livelli di pressione sonora, in tutta l'area di estrazione (foto 62).

Foto 62. Frantoio 4: locale di estrazione confinato, cattiva gestione del transito al suo interno.











Anche la situazione legata all'impiego dei D.P.I. ha evidenziato delle gravi carenze visto che questi non venivano utilizzati dai dipendenti in otto delle nove realtà aziendali esaminate ed in alcuni casi (frantoi 2, 3, 8, 9) non venivano nemmeno messi a disposizione dei lavoratori. Ove presenti invece i dispositivi erano in cattivo stato di conservazione e privi di un qualunque simbolo di riconoscimento necessario per risalire alla marca o al modello anche alfine di poter verificare la loro effettiva efficacia.

L'unica eccezione è rappresentata dal frantoio 6, in cui è stata dimostrata una discreta sensibilità da parte del datore di lavoro nei confronti del corretto utilizzo dei D.P.I. da parte dei propri dipendenti. Ciò ha permesso di identificare il tipo di D.P.I. utilizzato nell'azienda e di conseguenza verificare, secondo le indicazioni fornite dalle norme tecniche UNI EN 458:2005 (Raccomandazioni per la selezione, l'uso, la cura e la manutenzione dei protettori dell'udito) e UNI 9432:2008, l'attenuazione fornita per i livelli di pressione sonora rilevati e quindi i livelli di esposizione giornaliera al rumore cui erano soggetti i dipendenti che usufruivano dei suddetti dispositivi.

Nel frantoio 6 entrambi i dipendenti indossavano per l'intera durata della giornata lavorativa inserti auricolari monouso caratterizzati da un valore SNR pari a 37 dB. Sulla base di tale parametro e considerando un coefficiente "β" di 0,5 si è proceduto al calcolo, per ogni postazione di lavoro occupata dai lavoratori, del livello sonoro continuo equivalente attenuato dal dispositivo di protezione utilizzato ($L'_{Aeq,Te}$), in modo da poterne valutare l'adeguatezza. Successivamente con i nuovi livelli sonori a disposizione è stato ricalcolato per ciascun

dipendente il livello di esposizione giornaliera al rumore, al fine di stabilire se la riduzione ottenuta fosse sufficiente ad eliminare tale fattore di rischio dall'attività lavorativa svolta nel frantoio. (tabella 43).

Tabella 43. Frantoio 6: $L_{EX,8h}$ calcolato in funzione dell'attenuazione fornita dai D.P.I.

Postazione	$L'_{Aeq,Te}$ (dB)	Operatore	
		A	B
		Tempo di esposizione (minuti)	
Conferimento olive/pesatura	55,0	90	-
Tramoggia inizio ciclo	74,0	300	-
Defogliatore/lavatrice	74,0	30	-
Frangitore	74,0	-	5
Gramole	74,0	-	65
SINOLEA	73,0	-	40
Decanter	74,0	-	90
Separatore	73,0/70,0	-	150
Stoccaggio olio	74,0	-	50
Ufficio/scrivania	72,0	-	60
Pause		60	20
TOTALE		480	480
$L_{EX,8h}$ [dB(A)]		72,4	72,9

Confrontando i valori dei livelli sonori continui equivalenti attenuati dai protettori auricolari con i valori riportati nella tabella indicante il giudizio sul livello di protezione fornito (tabella 30), emerge come i D.P.I. forniti dal datore di lavoro siano idonei ad essere impiegati nell'attività lavorativa svolta all'interno del frantoio. I livelli di esposizione giornaliera al rumore dei dipendenti si sono dimostrati inferiori al livello inferiore di azione di 80 dB(A) imposto dalla normativa vigente, elemento questo che permette di giudicare i dipendenti operanti nel frantoio 6 preservati da qualunque rischio per la salute legato al rumore all'interno dell'ambiente di lavoro.

7.6.2. Utilizzo del *software* RAMSETE – Descrizione del frantoio

Il frantoio scelto per la simulazione acustica è stato il numero "1", in quanto tra le nove realtà produttive esaminate è risultato quello in cui sono stati registrati i più elevati valori di pressione sonora e di conseguenza i maggiori livelli di esposizione giornaliera al rumore per gli operatori, specialmente per l'addetto alla fase di estrazione.

L'impianto di estrazione, di tipo continuo, era caratterizzato da una capacità operativa media di 700 – 800 chili di olive lavorate in un'ora.

Tutta l'attività molitoria si svolgeva all'interno di una superficie coperta di circa 105 m^2 caratterizzata dalle seguenti dimensioni: 16,30 m di lunghezza, 6,40 m di larghezza, 3,00 m di altezza. Il lato su cui era situata l'entrata presentava una porta a vetri alta circa 2,80 m e larga 3,30 m, mentre il lato maggiore esposto a Sud – Est presentava quattro finestre a vetri delle dimensioni di 2,10 m di lunghezza e 1,10 m di altezza, poste ad un'altezza da terra di circa 1,50 m ed a una distanza le une dalle altre di circa 2,00 m.

Le caratteristiche dimensionali del locale a disposizione avevano portato il titolare del frantoio ad adottare un *layout* di lavorazione che prevedeva un posizionamento di tutti i macchinari utilizzati durante la fase di estrazione in successione uno dietro l'altro e ad una distanza ravvicinata dalla parete esposta a Sud – Est. (foto 63).

Foto 63. Frantoio 1: foto d'insieme.









Anche il primo stoccaggio dell'olio veniva realizzato all'interno della struttura ospitante l'impianto; in appositi contenitori in acciaio inossidabile, posizionati principalmente lungo il lato del locale opposto a quello in cui erano situate le macchine (foto 64).

Foto 64. Contenitori in acciaio inossidabile per la conservazione dell'olio di oliva.



La pesatrice e la tramoggia in cui venivano riversate le olive per dare il via al ciclo di lavorazione si trovavano invece all'esterno del locale, in posizione adiacente rispetto a quelle presenti all'interno della struttura e comunicanti con esse grazie ad un'apposita apertura creata nel lato dell'entrata, attraverso la quale passava il prodotto mediante un apposito elevatore a nastro (foto 65).

Foto 65. Tramoggia esterna ed elevatore a nastro.





7.6.3. Modellazione dell'ambiente

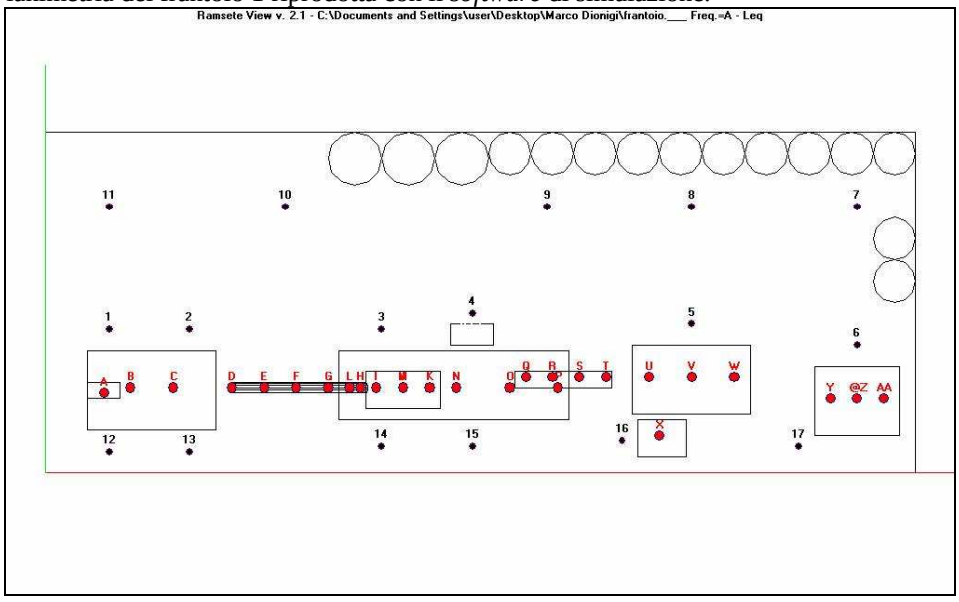
Per realizzare la simulazione acustica il primo passo eseguito ha riguardato la costruzione di un modello grafico tridimensionale dell'ambiente reale di lavorazione.

Per fare ciò ci si è serviti dell'apposito generatore di superfici "Ramsete CAD". Ad ogni superficie disegnata è stata inoltre assegnata la tipologia di materiale e le corrispondenti proprietà acustiche, attraverso il collegamento con l'apposito modulo "*Material Manager*" presente in Ramsete.

La fase successiva ha riguardato la caratterizzazione delle sorgenti di rumore. Non potendo disporre di misure intensimetriche per la determinazione della potenza sonora emessa dai macchinari nelle diverse direzioni, ci si è serviti in questa fase dei valori forniti dal costruttore riportati sui manuali d'uso e manutenzione delle macchine. Considerando le sorgenti in linea di terra e linea aerea, in funzione del loro posizionamento nello spazio, tutte le informazioni acquisite sono state introdotte nel modulo "*Source Manager*" in modo da poter simulare con il *software* un'emissione sonora equivalente a quella reale. I valori di potenza sonora emessi dalle sorgenti caratterizzate da un'elevata estensione (lavatrice, elevatore a coclea, gramola, decanter, separatore verticale) sono inoltre stati sottoposti ad un opportuno frazionamento, così da garantire un'equa distribuzione del suono emesso per tutta la loro lunghezza.

Infine si è proceduto ad inserire nell'ambiente 17 punti di ricezione in corrispondenza delle coordinate in cui sono state effettuate le rilevazioni sperimentali dei livelli di pressione acustica (figura 66).

Figura 66. Planimetria del frantoio 1 riprodotta con il *software* di simulazione.



7.6.4. Simulazione dell'ambiente acustico reale e taratura del modello

Definiti tutti i dati necessari al programma per eseguire la simulazione, si è realizzato il calcolo previsionale propriamente detto mediante l'apposito modulo "Ramsete *Trace*" ed eseguita la successiva fase di taratura del modello ottenuto. I parametri richiesti dal modulo di calcolo per l'esecuzione della prima e delle successive simulazioni sono stati così impostati:

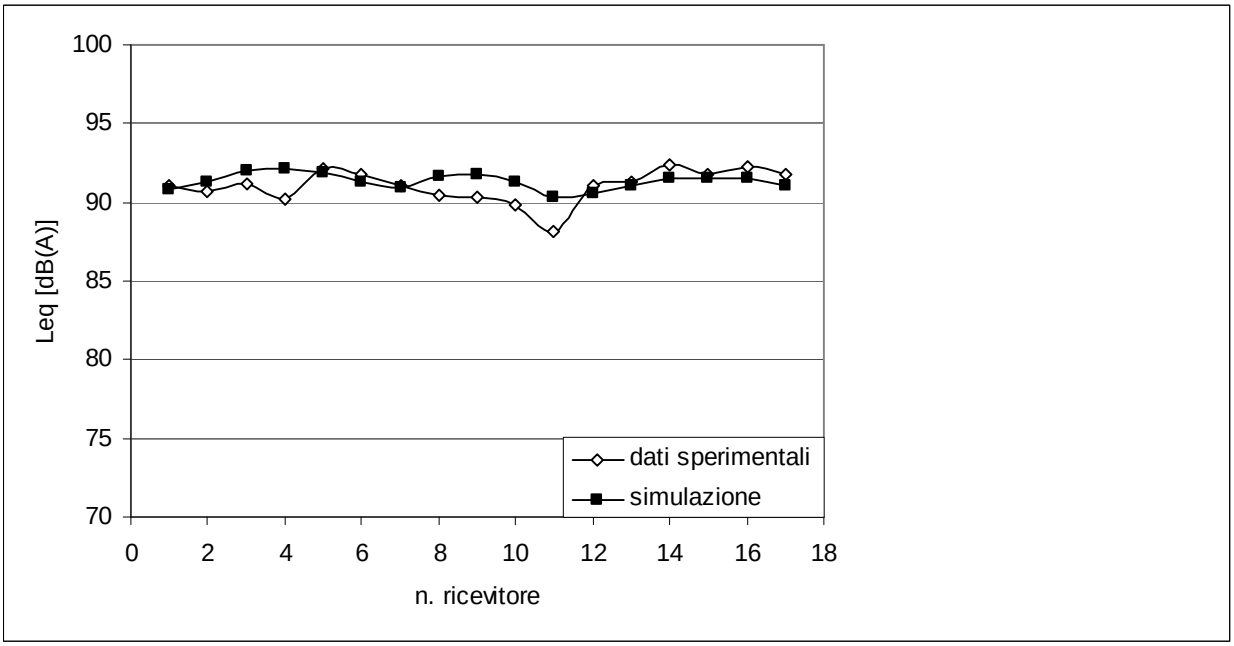
- *Subdivision Level* = 8;
- *Time* = 3 *s*;
- *Time resolution* = 0,001 *s*;
- *Umidity* = 65 %;
- *Temperature* = 15 °C;
- *History* = 100;
- *Randomize after* = 4;
- *Save hits* = 3.

Al termine della fase di taratura si è raggiunta una discreta concordanza tra i valori dei livelli sonori continui equivalenti (L_{Aeq}) ottenuti sperimentalmente e quelli calcolati dal *software* in funzione della posizione dei ricevitori (tabella 44) (grafico1).

Tabella 44. Concordanza tra i valori dei livelli sonori continui equivalenti (L_{Aeq}) ottenuti sperimentalmente e quelli calcolati al termine del processo di taratura.

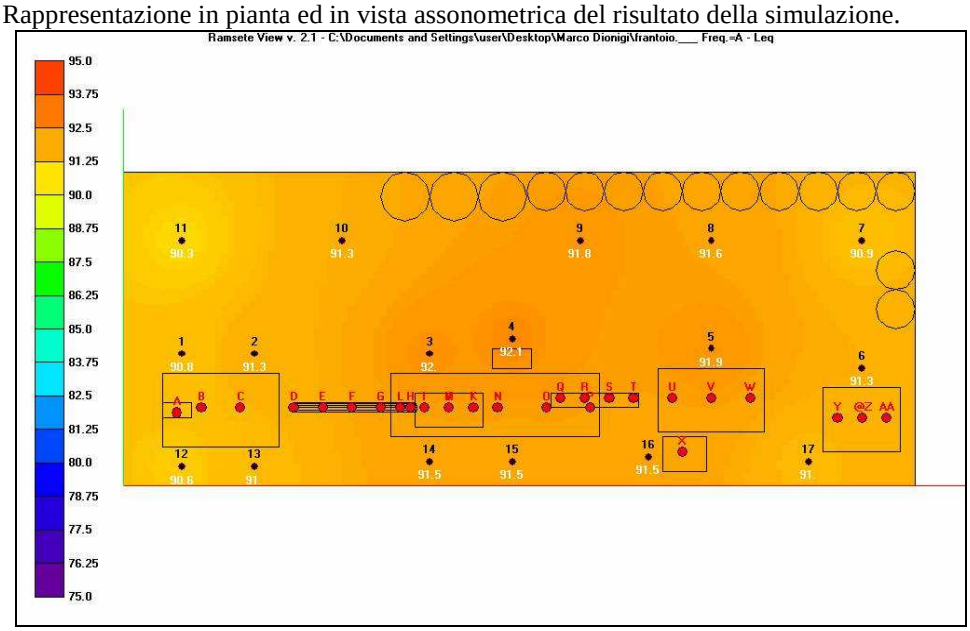
N. ricevitore	L_{Aeq} sperimentale (dB)	L_{Aeq} simulazione (dB)
1	91,0	90,8
2	90,7	91,3
3	91,2	92,0
4	90,2	92,1
5	92,1	91,9
6	91,8	91,3
7	91,0	90,9
8	90,5	91,6
9	90,3	91,8
10	89,8	91,3
11	88,2	90,3
12	91,0	90,6
13	91,3	91,0
14	92,4	91,5
15	91,8	91,5
16	92,2	91,5
17	91,8	91,0

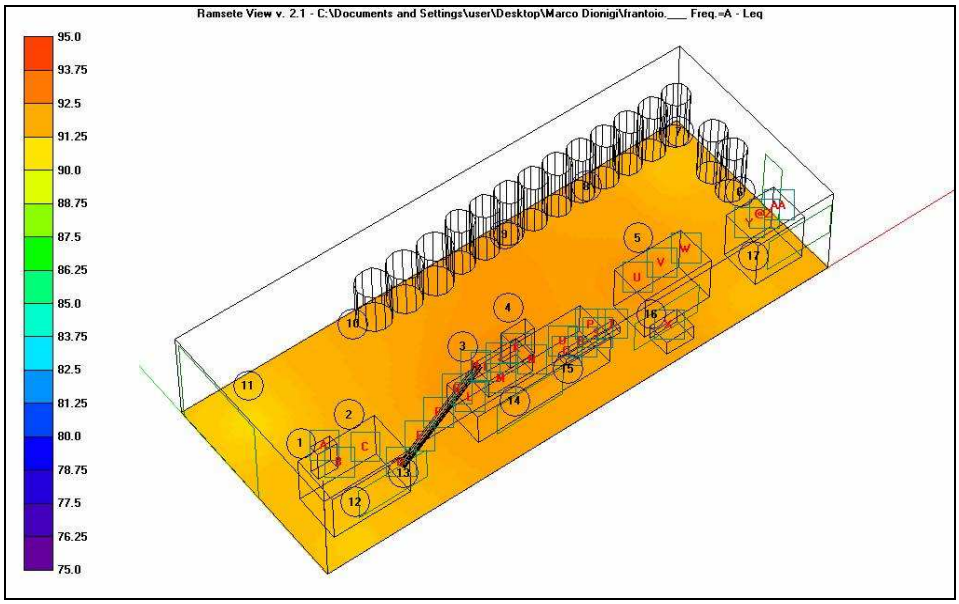
Grafico 1. Corrispondenza tra L_{Aeq} sperimentale e simulato al termine del processo di taratura.

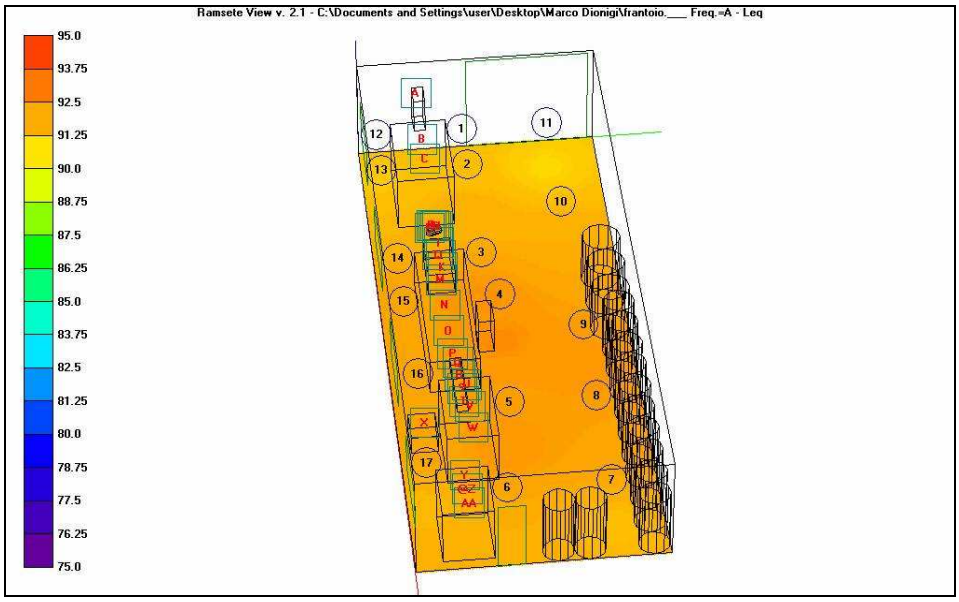


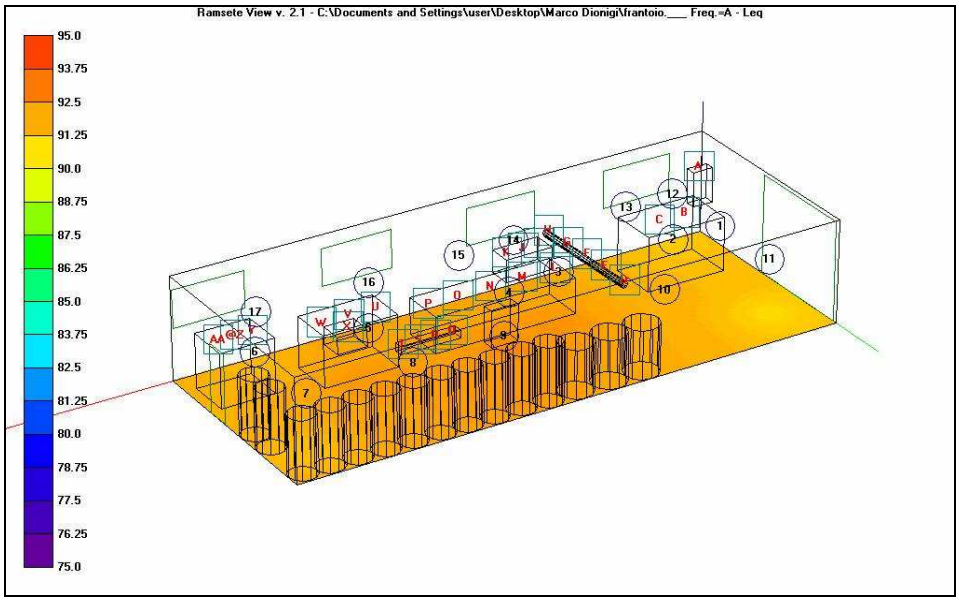
Il modulo“Ramsete *view*” ha permesso di rappresentare graficamente il risultato della simulazione attraverso visualizzazioni in pianta e tridimensionali della geometria disegnata, cui è stata applicata una mappatura cromatica indicante la distribuzione del rumore in tutto l’ambiente oggetto di studio (figura 67).

Figura 67. Rappresentazione in pianta ed in vista assonometrica del risultato della simulazione.




Ramsete View v. 2.1 - C:\Documents and Settings\user\Desktop\Marco Dionigi\frantoio.___ Freq.=A - Leq
95.0
93.75
92.5
91.25
90.0
88.75
87.5
86.25
85.0
83.75
82.5
81.25
80.0
78.75
77.5
76.25
75.0


Ramsete View v. 2.1 - C:\Documents and Settings\user\Desktop\Marco Dionigi\frantoio.___ Freq.=A - Leq
95.0
93.75
92.5
91.25
90.0
88.75
87.5
86.25
85.0
83.75
82.5
81.25
80.0
78.75
77.5
76.25
75.0


Ramsete View v. 2.1 - C:\Documents and Settings\user\Desktop\Marco Dionigi\frantoio.___ Freq.=A - Leq
95.0
93.75
92.5
91.25
90.0
88.75
87.5
86.25
85.0
83.75
82.5
81.25
80.0
78.75
77.5
76.25
75.0

7.6.5. Interventi di correzione acustica

Successivamente alla realizzazione del modello acustico dell'ambiente, i cui valori si è dimostrato approssimano sufficientemente quelli reali, è possibile quindi affermare che qualunque cambiamento apportato al modello produca una variazione dei risultati che dipende esclusivamente dalla modifica introdotta.

Sulla base di ciò si è proceduto a simulare con il *software* "Ramsete" l'esecuzione di una serie di interventi da apportate all'ambiente di lavorazione, al fine di migliorare il *comfort* acustico all'interno dello stabilimento. Essendo impossibile nel caso di studio analizzato operare direttamente sulle sorgenti di rumore o interporre schermi acustici di separazione all'interno della zona di lavorazione, gli interventi proposti hanno riguardato principalmente la rimozione dalla struttura dei contenitori in acciaio inossidabile nei quali veniva conservato l'olio e l'applicazione di rivestimenti fonoassorbenti alle pareti ed al soffitto.

L'intervento riguardante la rimozione dei contenitori (1° intervento) è stato giustificato dall'ipotesi che il materiale con cui erano costituiti, essendo dotato di un coefficiente di assorbimento acustico nullo, contribuisse ad innalzare il livello sonoro all'interno del locale per effetto della totale riflessione delle onde sonore nell'ambiente circostante.

I risultati ottenuti dalla simulazione hanno confermato l'ipotesi assunta, facendo registrare una generale seppur lieve diminuzione dei livelli sonori, determinata probabilmente da una riduzione del riverbero delle onde sonore, generato dalla loro riflessione contro le superfici dei contenitori (tabella 45) (grafico 2) (figura 68).

Tabella 45. Riduzione dei livelli sonori ottenuta simulando l'eliminazione dei contenitori.

N. ricevitore	L_{Aeq} simulazione (dB)	L_{Aeq} 1° intervento (rimozione dei contenitori) (dB)
1	90,8	89,3
2	91,3	89,6
3	92,0	90,0
4	92,1	89,9
5	91,9	89,6
6	91,3	89,3
7	90,9	88,5
8	91,6	89,1
9	91,8	89,4
10	91,3	89,4
11	90,3	88,8
12	90,6	89,2
13	91,0	89,4
14	91,5	89,6
15	91,5	89,6
16	91,5	89,5
17	91,0	89,1

Grafico 2. Riduzione dei livelli sonori ottenuta simulando l'eliminazione dei contenitori.

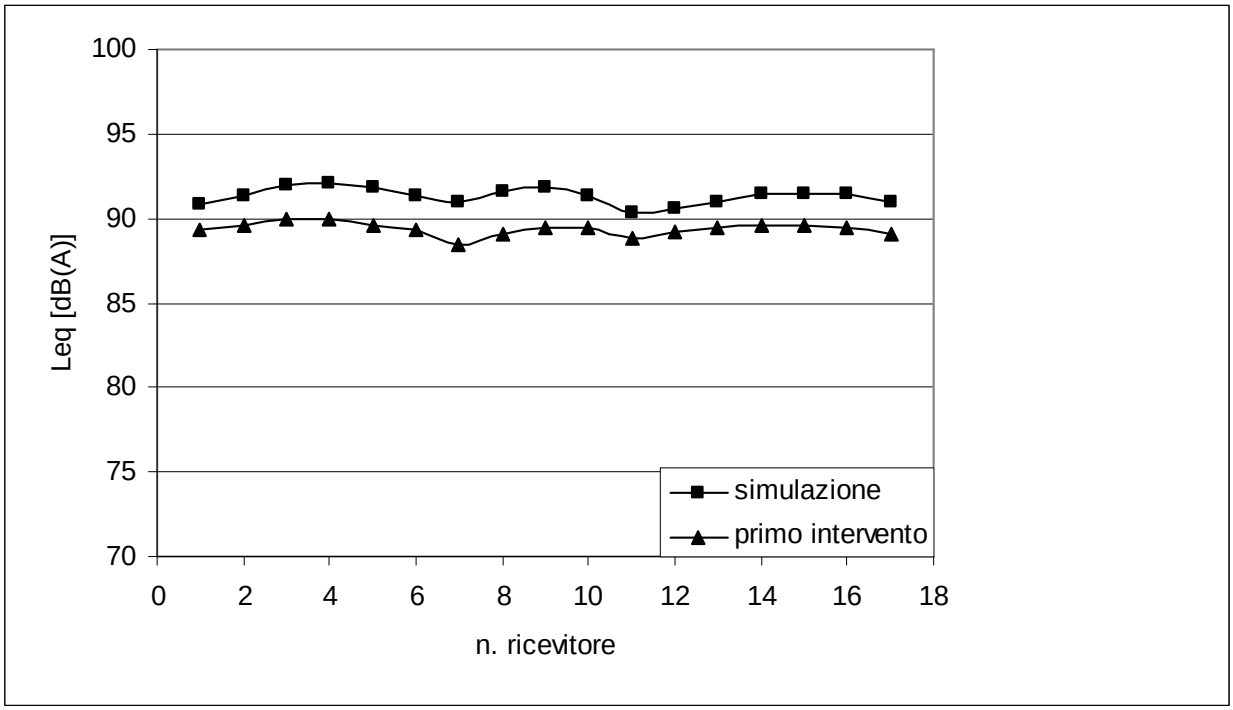
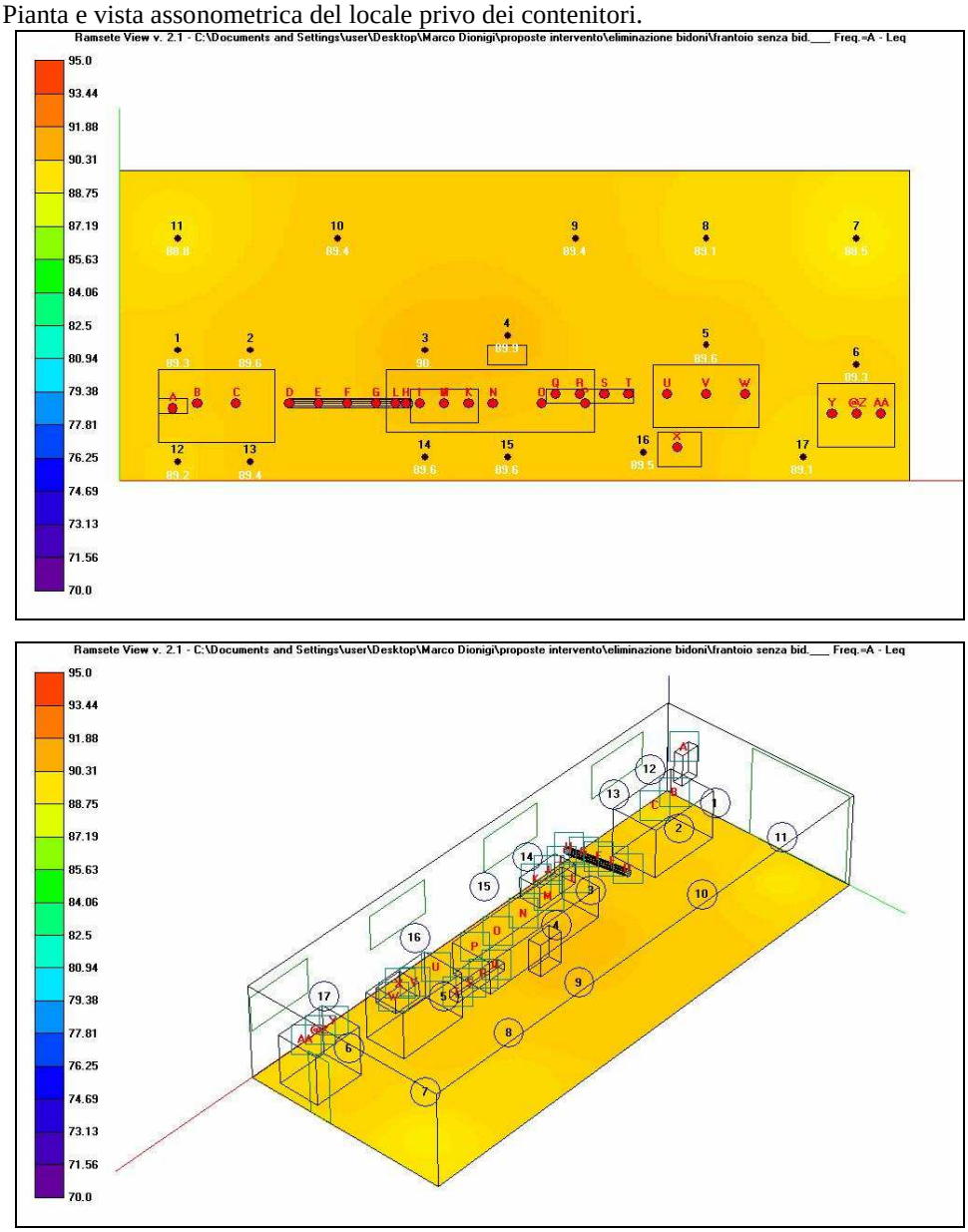


Figura 68. Pianta e vista assonometrica del locale privo dei contenitori.



Risultati molto più importanti dal punto di vista del cambiamento della rumorosità ambientale sono stati ottenuti simulando l'applicazione di appositi pannelli fonoassorbenti alle pareti ed al soffitto del locale di lavorazione (2° intervento).

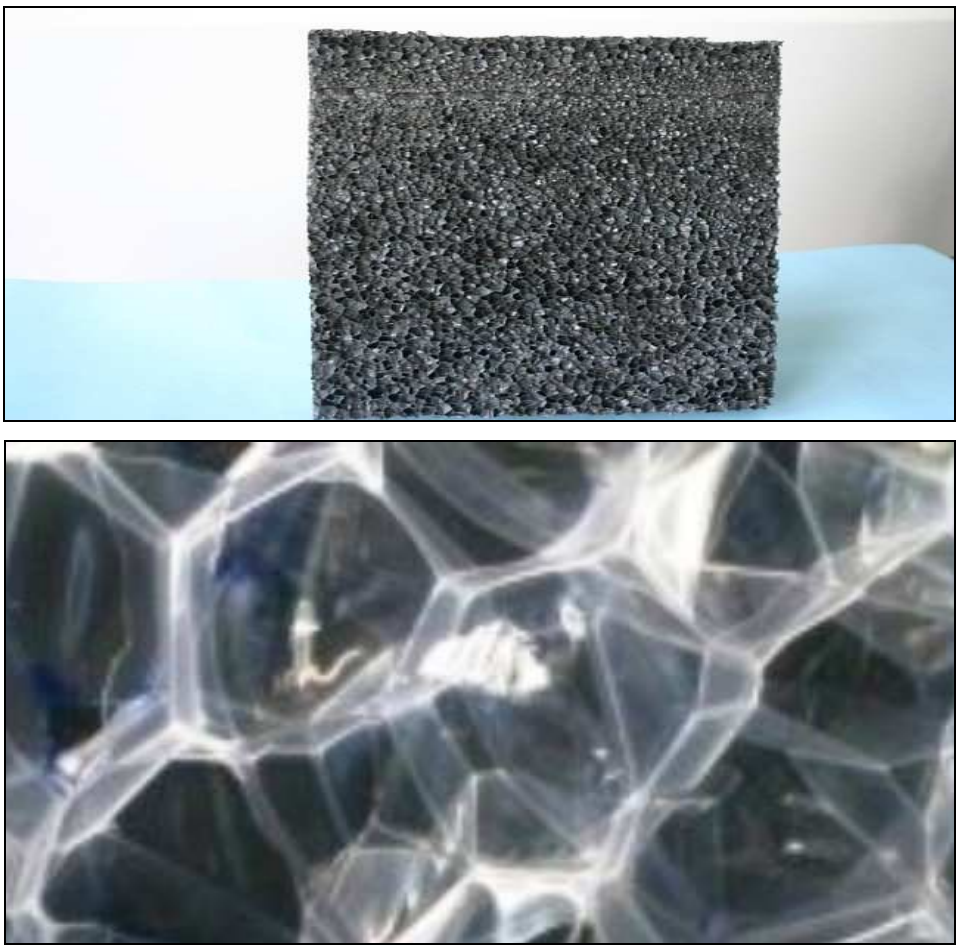
Grazie infatti ad elementi principalmente legati al materiale di costituzione ed allo spessore, da cui dipende il loro coefficiente di assorbimento acustico(α), i rivestimenti fonoassorbenti consentono di ottenere riduzioni della rumorosità ambientale per effetto della diminuzione dell'energia sonora riflessa o riverberata.

In particolare, il materiale fonoassorbente da utilizzare è stato ricercato in modo da far conseguire da un lato il massimo assorbimento possibile in tutto il *range* di frequenze su cui agiscono le sorgenti di rumore, dall'altro un adattamento alle particolari condizioni operative che generalmente possono verificarsi all'interno di uno stabilimento agro – industriale come

quello oggetto dello studio realizzato (elevate percentuali di umidità, necessità di garantire superfici lavabili, variabili gradienti termici).

La scelta è ricaduta su un particolare materiale fonoassorbente di nuova concezione a base di polietilene a bassa densità caratterizzato da una particolare struttura interna a "celle chiuse". Tale composizione, determinando un basso grado di assorbimento d'acqua, permette di mantenere intatta la capacità fonoassorbente di questo materiale anche in ambienti caratterizzati da un elevato grado di umidità, dando anche la possibilità di operarne il lavaggio con l'utilizzo di getti d'acqua diretti (foto 66).

Foto 66. Struttura del materiale fonoassorbente.



Altre caratteristiche che ne hanno determinato la scelta sono:

- La facilità di lavorazione: il prodotto, fornito generalmente sottoforma di lastre delle dimensioni di 1,0 x 2,8 m, può essere facilmente, tagliato, stratificato, laminato e profilato a seconda degli usi;
- La disponibilità di lastre munite di differenti spessori: 30 – 40 – 50 – 60 mm;
- L'inattaccabilità da parte della maggior parte degli agenti chimici;

- Le prestazioni costanti: garantite anche in presenza di ampie variazioni di temperatura;
- La rapidità di installazione (foto 67).

Foto 67. Installazione del materiale fonoassorbente.







Per l’esecuzione della simulazione sono state scelte lastre caratterizzate da uno spessore di 40 mm, i cui coefficienti di assorbimento sonoro alle differenti frequenze sono stati inseriti nel modulo “*Material Manager*” al fine di riprodurre lo spettro completo di assorbimento del materiale in questione e poterlo quindi applicare alla geometria dell’ambiente.

È stata ipotizzata l’applicazione del materiale nell’ambiente oggetto di studio sull’intera superficie delle pareti e del soffitto.

I risultati ottenuti hanno dimostrato una diminuzione dei livelli sonori registrati nelle zone di ricezione di circa 10 dB(A) (tabella 46) (grafico 3) (figura 69).

Tabella 46. Riduzione dei livelli sonori ottenuta simulando l'applicazione del materiale fonoassorbente.

N. ricevitore	L_{Aeq} simulazione (dB)	L_{Aeq} 2° intervento (applicazione materiale fonoassorbente) (dB)
1	90,8	80,4
2	91,3	80,3
3	92,0	80,3
4	92,1	80,3
5	91,9	80,3
6	91,3	82,0
7	90,9	80,1
8	91,6	80,0
9	91,8	80,0
10	91,3	79,6
11	90,3	79,1
12	90,6	80,8
13	91,0	80,3
14	91,5	79,8
15	91,5	79,7
16	91,5	79,7
17	91,0	80,0

Grafico 3. Riduzione dei livelli sonori ottenuta simulando l'applicazione del materiale fonoassorbente.

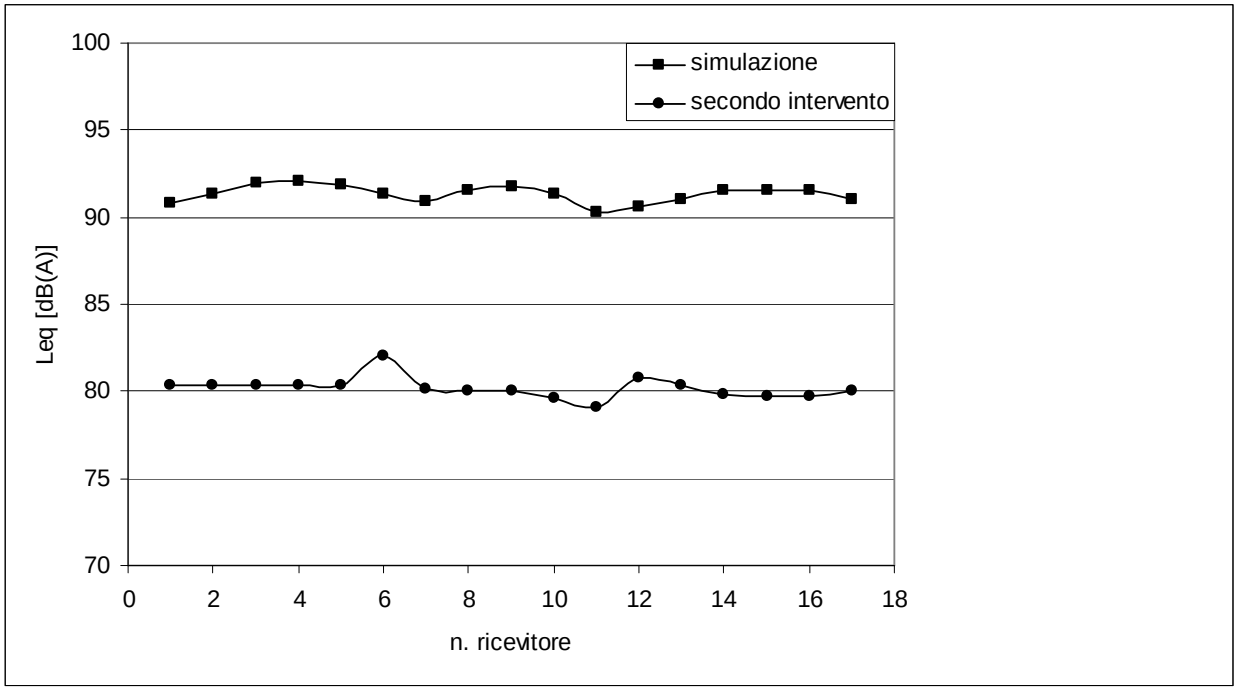
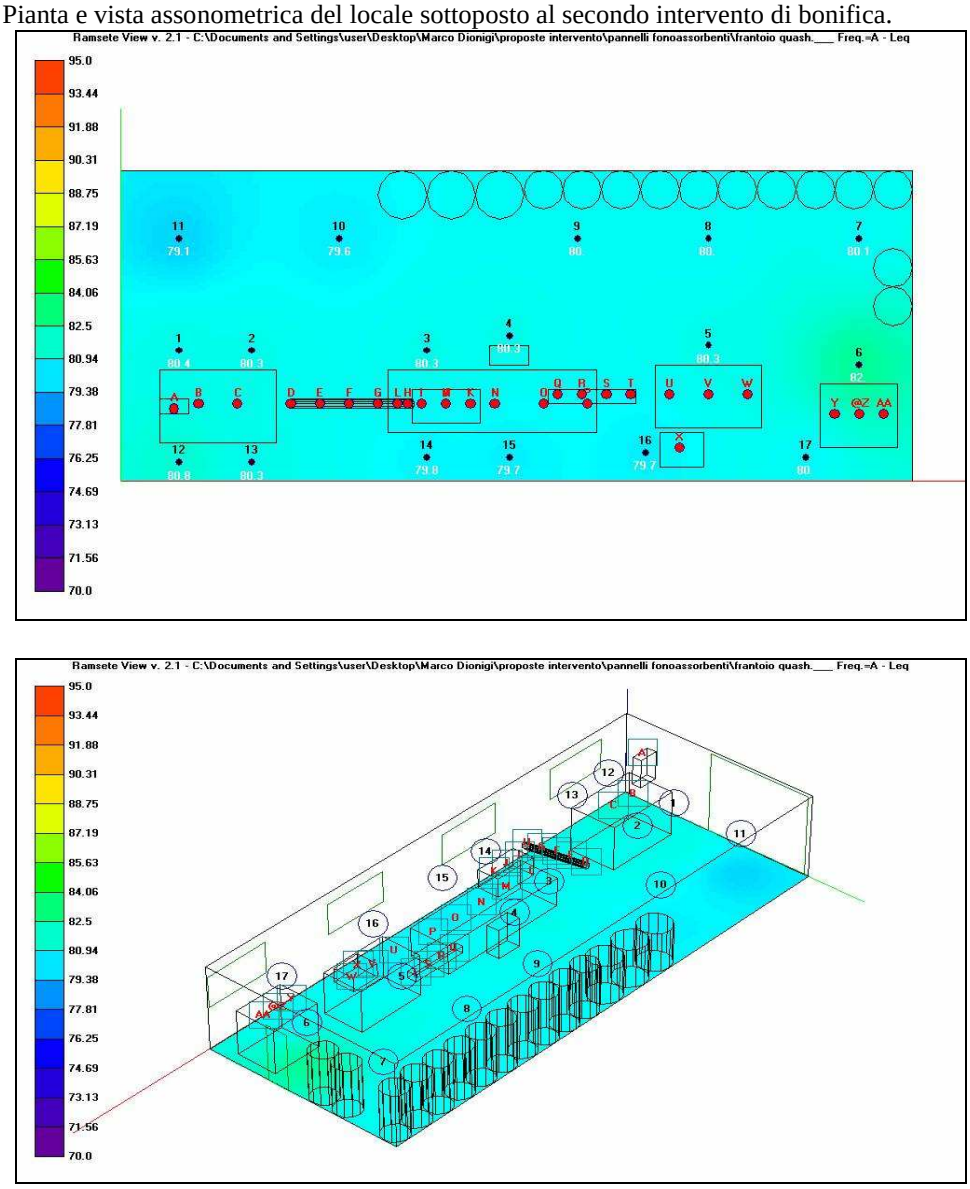


Figura 69. Pianta e vista assonometrica del locale sottoposto al secondo intervento di bonifica.



Il terzo ed ultimo intervento simulato ha infine previsto la contemporanea adozione delle due soluzioni precedentemente descritte: rimozione dei contenitori ed applicazione del materiale fonoassorbente (3° intervento). I risultati derivati dal calcolo previsionale relativo a quest'ultima proposta di intervento sono riportati di seguito (tabella 47) (grafico 4) (figura 70).

Tabella 47. Riduzione dei livelli sonori ottenuta simulando l'applicazione del materiale fonoassorbente e l'eliminazione dei contenitori.

N. ricevitore	L_{Aeq} simulazione (dB)	L_{Aeq} 3° intervento (rimozione dei contenitori + applicazione materiale fonoassorbente) (dB)
1	90,8	79,3
2	91,3	78,8
3	92,0	78,1
4	92,1	77,9
5	91,9	78,0
6	91,3	80,6
7	90,9	77,7
8	91,6	77,2
9	91,8	77,3
10	91,3	77,5
11	90,3	77,7
12	90,6	79,9
13	91,0	79,0
14	91,5	77,9
15	91,5	77,7
16	91,5	77,7
17	91,0	78,3

Grafico 4. Riduzione dei livelli sonori ottenuta simulando l'applicazione del materiale fonoassorbente e l'eliminazione dei contenitori.

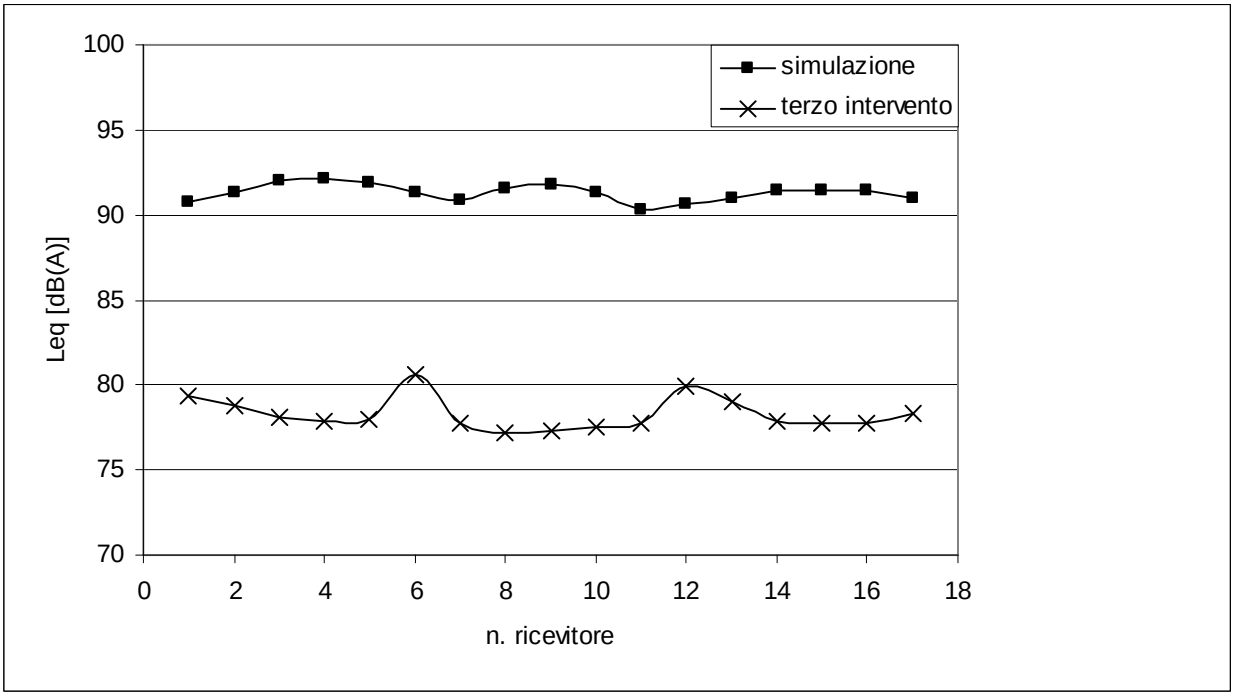
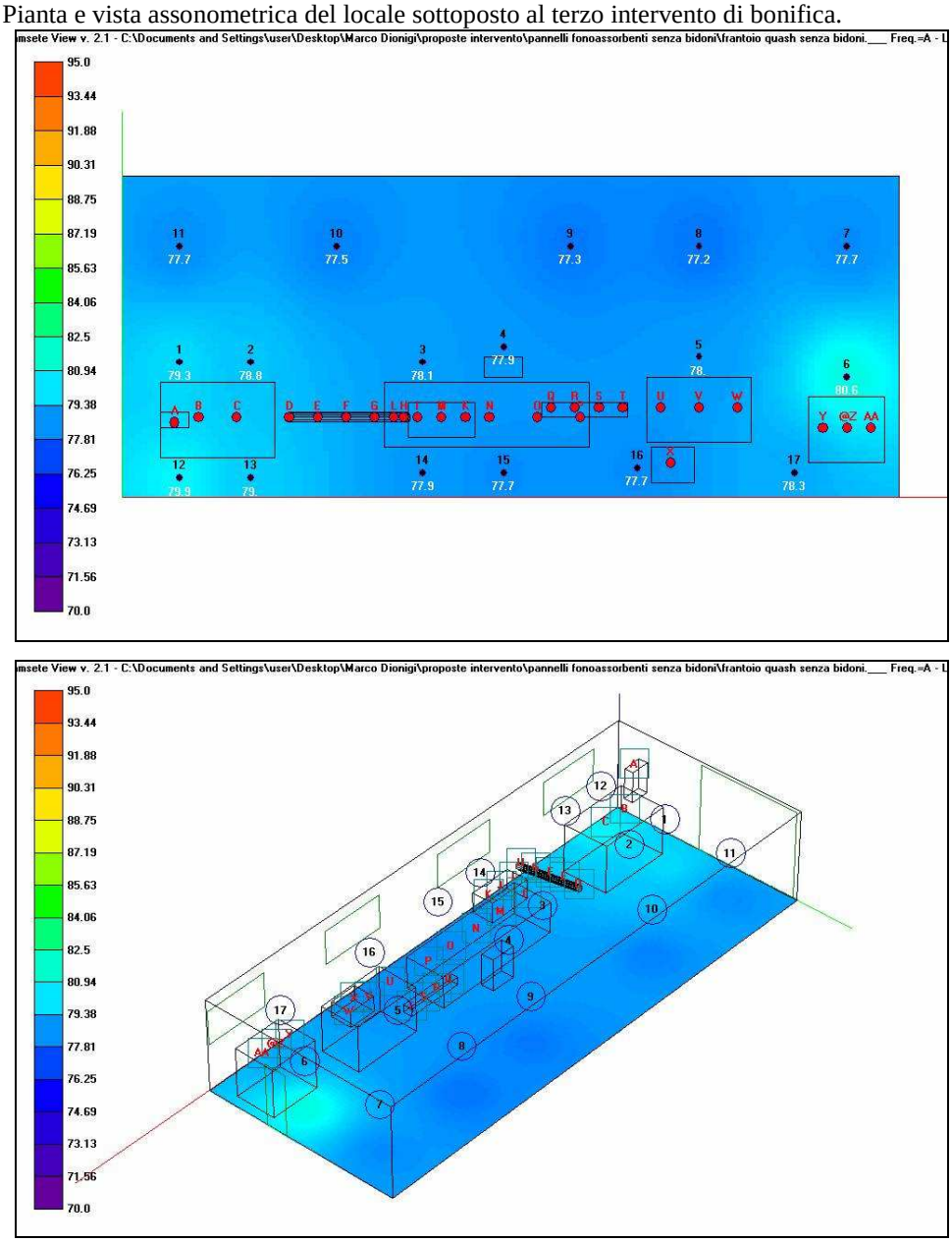


Figura 70. Pianta e vista assonometrica del locale sottoposto al terzo intervento di bonifica.



Nei seguenti elaborati (tabelle e grafici) vengono riassunti i risultati derivanti dagli interventi simulati in precedenza, in modo da permettere il confronto tra i differenti valori ottenuti (tabella 48) (grafico 5) (figura 71).

Tabella 48. Confronto tra la simulazione ed i tre interventi di bonifica.

N. ricevitore	L_{Aeq} simulazione (dB)	L_{Aeq} 1° intervento (dB)	L_{Aeq} 2° intervento (dB)	L_{Aeq} 3° intervento (dB)
1	90,8	89,3	80,4	79,3
2	91,3	89,6	80,3	78,8
3	92,0	90,0	80,3	78,1
4	92,1	89,9	80,3	77,9
5	91,9	89,6	80,3	78,0
6	91,3	89,3	82,0	80,6
7	90,9	88,5	80,1	77,7
8	91,6	89,1	80,0	77,2
9	91,8	89,4	80,0	77,3
10	91,3	89,4	79,6	77,5
11	90,3	88,8	79,1	77,7
12	90,6	89,2	80,8	79,9
13	91,0	89,4	80,3	79,0
14	91,5	89,6	79,8	77,9
15	91,5	89,6	79,7	77,7
16	91,5	89,5	79,7	77,7
17	91,0	89,1	80,0	78,3

Grafico 5. Confronto tra la simulazione ed i tre interventi di bonifica.

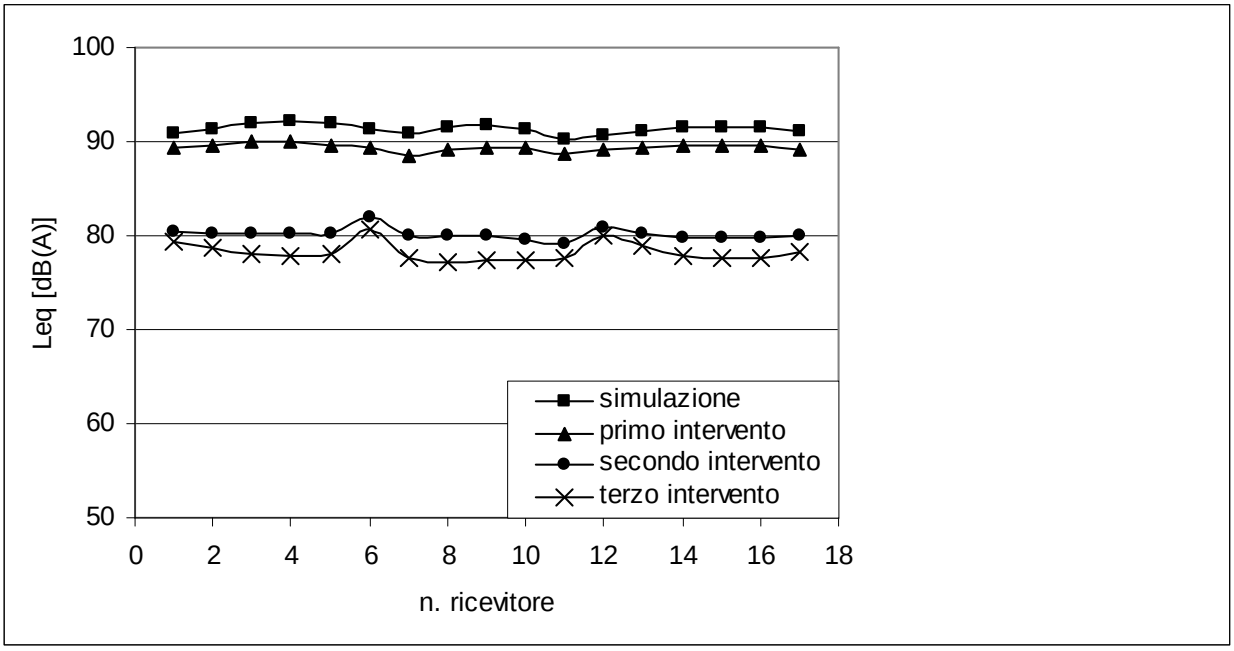
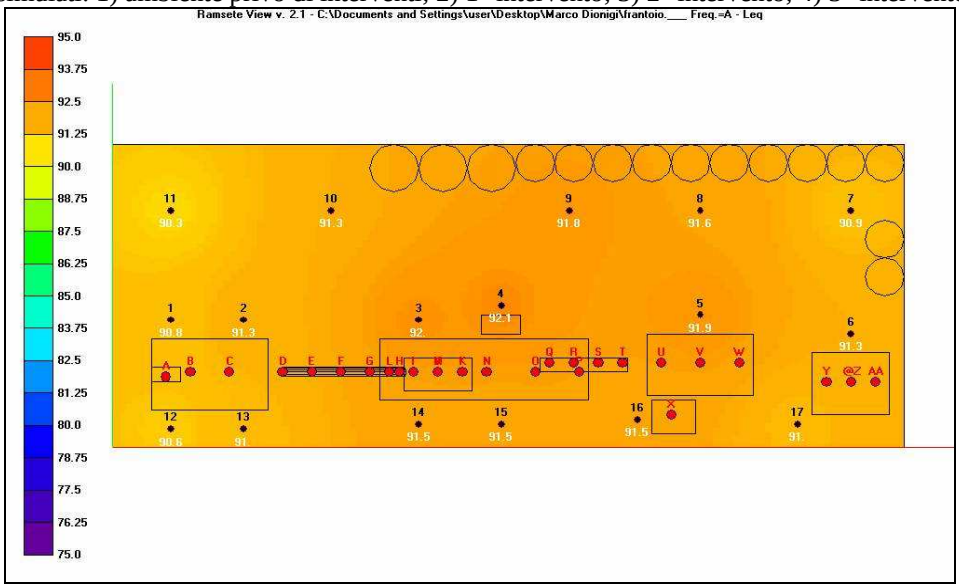
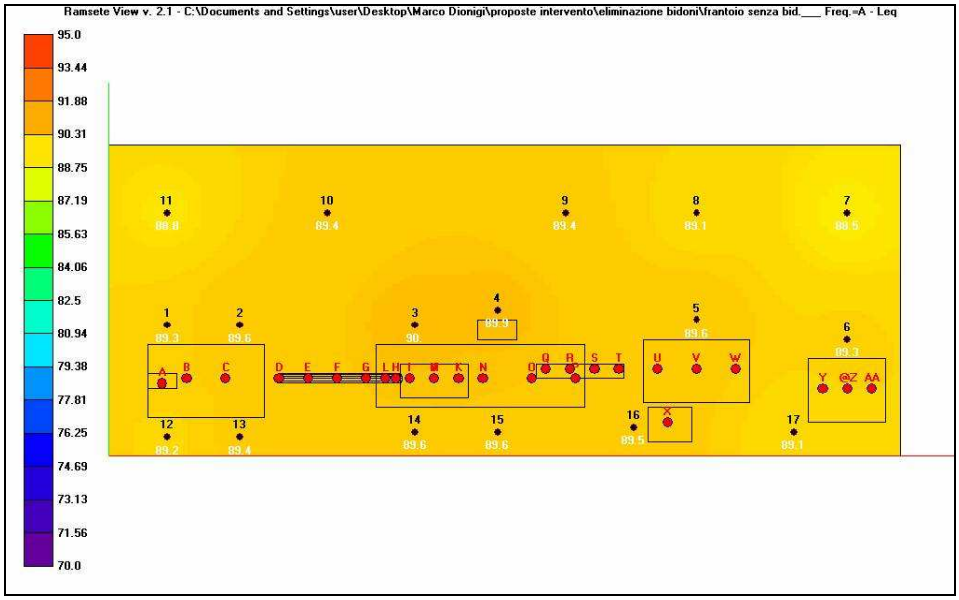
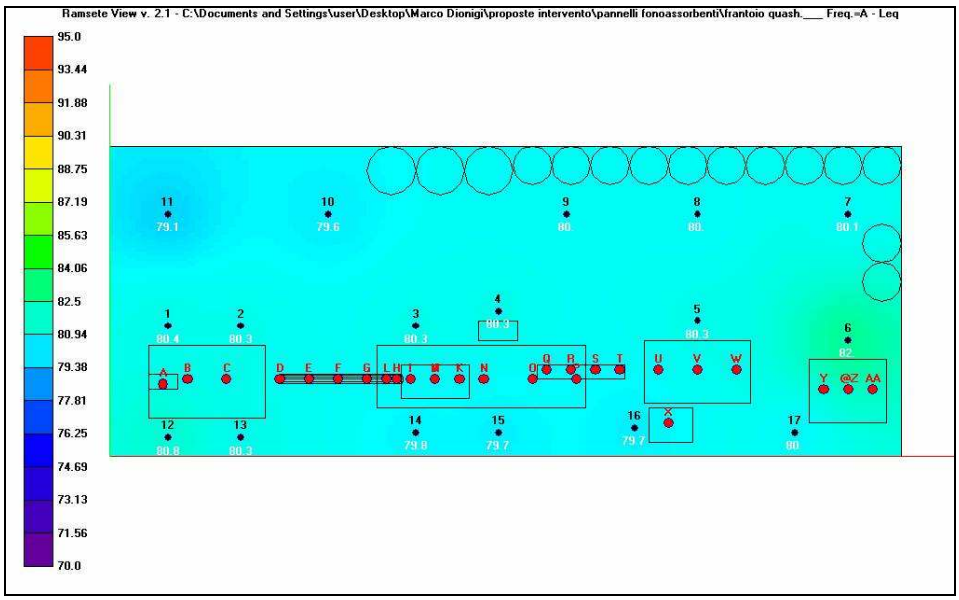
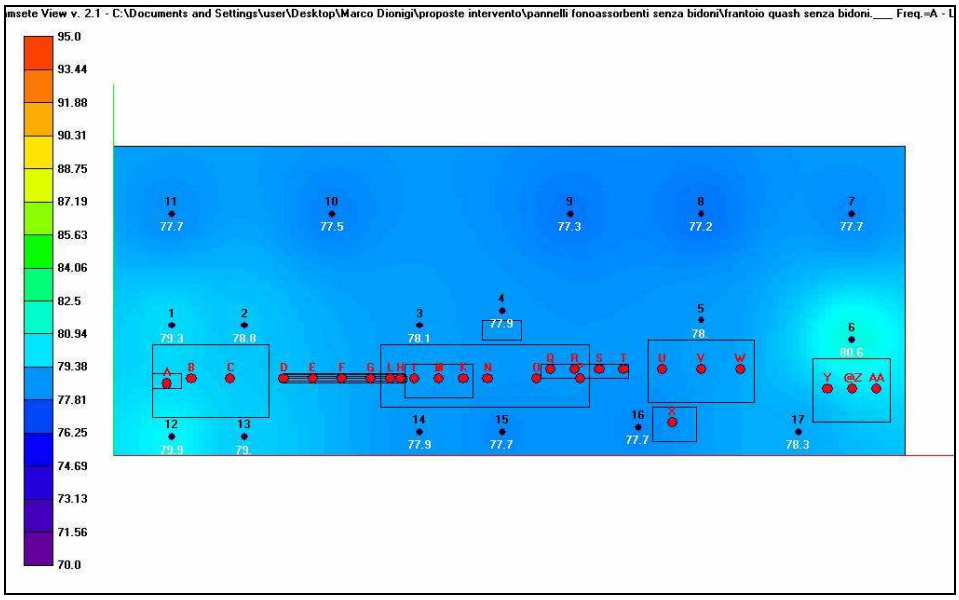


Figura 71. Variazioni tra i livelli di rumore, rappresentati mediante una scala cromatica, in seguito agli interventi di bonifica simulati: 1) ambiente privo di interventi; 2) 1° intervento; 3) 2° intervento; 4) 3° intervento.









I risultati ottenuti con le simulazioni realizzate risultano senza dubbio molto interessanti, dimostrando la possibilità di ottenere con gli interventi proposti riduzioni dei livelli sonori anche superiori ai 10 dB(A) (2° e 3° intervento). E' bene tuttavia ricordare che le misure di bonifica presentate erano rivolte esclusivamente ad un abbattimento della componente sonora riflessa dalle superfici, non esercitando di conseguenza alcun effetto di attenuazione nei confronti dell'energia sonora diretta irradiata dalle sorgenti che, per l'eccessiva vicinanza alle macchine delle differenti postazioni di lavoro nel frantoio analizzato, costituisce la componente maggiore cui gli operatori sono soggetti. Per tali motivi è possibile affermare che, da un punto di vista pratico, reali benefici per gli operatori impiegati nell'azienda esaminata potrebbero essere conseguiti solo se all'adozione delle misure proposte venissero affiancati una serie di interventi, come l'impiego dei dispositivi di protezione auricolare o la riduzione dei turni di lavoro, mirati a salvaguardare i lavoratori anche dalla componente sonora diretta.

Nonostante ciò la sperimentazione eseguita ha permesso di comprendere come l'impiego di un *software* previsionale come quello utilizzato possa rappresentare uno strumento di indubbia utilità, al fine di individuare i migliori criteri acustici da utilizzare per la progettazione e la ristrutturazione di edifici destinati ad ospitare insediamenti produttivi.

Conclusioni

In Italia vi è una produzione di circa 3,4 x 10^9 kg di olive che vengono raccolte principalmente nel periodo che va da novembre a dicembre. Durante il periodo della raccolta vi sono circa 4.660 frantoi che producono olio, suddivisi tra frantoi a carattere industriale per l'elevata quantità di olive molite e piccole aziende a conduzione familiare. Le possibilità economiche di queste ultime entità produttive ed il carattere spiccatamente stagionale della trasformazione delle olive hanno fatto pensare ad una limitata attenzione alla sicurezza del lavoro. Anche la presenza di lavoratori stagionali, spesso extracomunitari, si è rivelata come un freno per l'effettuazione di una corretta formazione ed informazione.

È stata pertanto effettuata un'indagine nel territorio della Regione Umbria, considerando 9 aziende di trasformazione, sostanzialmente a conduzione familiare. In questa realtà, che costituisce il tessuto connettivo dell'olivicoltura umbra, si è rilevata la presenza di vari rischi per la sicurezza dei lavoratori.

Tutti gli impianti di trasformazione infatti sono risultati inseriti all'interno di edifici rurali pre – esistenti, non appositamente progettati per accogliere i macchinari necessari per eseguire la trasformazione delle olive. Si sono pertanto evidenziate le interazioni tra i macchinari, i lavoratori e l'ambiente di lavoro (segnaletica di sicurezza, *layout* di lavorazione, agenti fisici).

Tra i rischi derivanti da agenti fisici i principali elementi investigati sono stati il microclima ed il rumore.

Le condizioni microclimatiche rappresentano le condizioni ambientali del luogo di lavoro che, insieme all'attività metabolica ed all'abbigliamento indossato, determinano gli scambi termici tra i lavoratori e l'ambiente, influendo in maniera decisiva sulla qualità del luogo di lavoro stesso.

È noto che un microclima confortevole sia la condizione indispensabile per il raggiungimento della piena soddisfazione nei confronti del luogo di lavoro e quindi per l'ottenimento di maggiore produttività. Generalmente negli ambienti agroindustriali il benessere termico è di complessa realizzazione. Infatti i lavoratori spesso lavorano all'aperto, a temperature elevate o basse, o in condizioni particolari rispondenti ai parametri di produzione e trasformazione dei prodotti. Nei frantoi oleari vi sono operazioni svolte all'aperto (ricezione del prodotto) ed all'interno degli edifici, in grado di costituire una causa di *discomfort* per i lavoratori.

I dati acquisiti e le informazioni relative all'attività metabolica ed all'abbigliamento indossato dai lavoratori hanno permesso di calcolare gli indici microclimatici PMV (Voto Medio Previsto) e PPD (Percentuale Prevista di Insoddisfatti). I valori di PMV ottenuti, compresi tra

– 0,59 e + 0,83, hanno identificato nella generalità dei casi un microclima di tipo moderato, con indici di *comfort* termico molto vicini alla neutralità.

Anche la percentuale prevista di insoddisfatti PPD, salvo alcune eccezioni, ha identificato bassi livelli di insoddisfazione tra i lavoratori, risultando sempre inferiore al 10 %, valore che può essere considerato come limite teorico di accettabilità per un microclima moderato.

In definitiva risulta possibile confermare buone condizioni di *comfort* microclimatico in tutte le realtà produttive oggetto di indagine.

Una differente situazione è emersa dall'analisi del rumore generato dalle diverse macchine in funzione, cui gli operatori risultavano esposti durante l'intera giornata lavorativa.

I risultati dell'analisi acustica eseguita permettono di affermare che durante l'attività lavorativa svolta all'interno dei frantoi sussistono rilevanti livelli di esposizione al rumore per gli addetti. Ciò è vero principalmente nel caso delle aziende di trasformazione dotate di un sistema di estrazione a ciclo continuo, che ormai rappresenta la tecnologia più utilizzata per l'ottenimento dell'olio extravergine di oliva.

Gli elevati livelli sonori equivalenti, registrati nei frantoi dotati di tale sistema di estrazione, erano valutati più come un elemento di fastidio, che come un reale rischio in grado di causare gravi danni alla salute dei lavoratori. È evidente al riguardo la mancanza di un'adeguata formazione.

È stata altresì evidente la generale assenza di una razionale "progettazione acustica" degli ambienti di lavorazione, le cui caratteristiche (spazi a disposizione limitati, pareti e soffitti con pareti lisce e riflettenti), nella maggioranza dei casi, contribuiscono perfino ad amplificare notevolmente il problema.

Per il contenimento del rumore sono importanti gli interventi di manutenzione operati sulle macchine, soprattutto su quelle più rumorose, che se trascurati possono determinare oltre ad un cattivo funzionamento, anche emissioni sonore anomale negli ambienti di lavorazione.

Nei casi in cui i livelli di esposizione giornaliera al rumore per i lavoratori oltrepassino il limite di esposizione, il D. Lgs. 81/2008 (Testo Unico Sicurezza) stabilisce in modo imperativo che il datore di lavoro deve adottare una serie di misure di sicurezza volte a riportare nell'immediato i livelli di esposizione sotto il valore limite. Tali interventi di "bonifica ambientale" possono essere applicati intervenendo su differenti aspetti:

- le macchine: eseguendo su quelle esistenti rigorosi interventi di manutenzione delle componenti maggiormente soggette ad usura, sostituendo i modelli obsoleti con altri di moderna concezione e caratterizzati da livelli di emissione sonora inferiori, isolando

acusticamente i macchinari più rumorosi con materiale fonoisolante in grado di favorire anche un corretto smaltimento del calore prodotto;

- le postazioni di lavoro: eliminando quelle in prossimità delle sorgenti acustiche più rumorose, modificando i *layout* di lavorazione attraverso lo spostamento di alcune macchine in locali separati o all'esterno delle strutture, riducendo i turni di lavoro o avvicendando gli operatori maggiormente esposti al rumore;
- gli ambienti di lavoro: trattando le pareti ed i soffitti dei locali, al fine di ridurre la riflessione delle onde sonore.

A tale riguardo un elemento di sicuro interesse, sia da un punto di vista sperimentale che pratico, può essere rappresentato dal ricorso a *software* previsionali, i quali possono risultare utili sia nel caso si renda necessaria la bonifica acustica di una situazione già esistente, sia per l'esecuzione di uno studio preventivo delle caratteristiche di un ambiente, che dovrà successivamente ospitare un'installazione rumorosa. Tali programmi infatti, riproducendo l'acustica reale di un ambiente in funzione della sua geometria, dei materiali che lo costituiscono e delle sorgenti di rumore in esso presenti, danno la possibilità di studiare e simulare preventivamente l'effetto di possibili interventi finalizzati al contenimento del rumore o all'ottimizzazione acustica di un ambiente, in modo da poter individuare, di volta in volta per uno specifico caso di studio, la migliore soluzione da adottare per il contenimento del rumore.

Poter verificare in modo preventivo l'effettiva efficacia delle diverse soluzioni volte alla riduzione del rumore nell'ambiente di lavoro, costituisce senza dubbio un'importante risposta di tipo economico, grazie alla notevole riduzione dei tempi necessari alla programmazione degli interventi ed alla possibilità di investire solo su quelle soluzioni che effettivamente possono contribuire alla risoluzione del problema.

Innovazioni tecnologiche come quelle descritte tuttavia possono manifestare la loro effettiva efficacia solo se affiancate da una politica volta al miglioramento del rapporto esistente tra i datori di lavoro, i dipendenti e la sicurezza sul posto di lavoro.

La formazione e l'informazione sui potenziali rischi per la salute, cui possono incorrere i dipendenti durante lo svolgimento delle loro mansioni e le modalità volte alla riduzione di tali rischi, rappresentano uno dei punti cardine della nuova legislazione vigente in materia di sicurezza. Essa mira al coinvolgimento del datore di lavoro affidandogli la responsabilità di eseguire la valutazione dei rischi connessi all'attività lavorativa dei propri dipendenti, potendo contare sul supporto fornito da figure professionali fondamentali: medico competente,

rappresentante dei lavoratori per la sicurezza, responsabile del servizio di prevenzione e protezione.

Promuovere una cultura volta ad affrontare l'aspetto sicurezza non più come una potenziale causa di interventi sanzionatori, ma come un elemento in grado di migliorare sia a breve che a lungo termine la qualità della vita e le condizioni di lavoro all'interno di questi fabbricati, potrebbe infatti garantire il mantenimento del livello occupazionale dei frantoi, riducendo il rischio di una progressiva ed inesorabile diminuzione del numero delle aziende, salvaguardando un settore dotato di importanti implicazioni di tipo ambientale, territoriale e sociale.

Bibliografia

Alfano G., D'Ambrosio F.R., Riccio G., "Disagio e stress termico: effetti, normative, valutazione e controllo", Atti Convegno dBA, Modena 17 – 19 settembre, 1998.

ASHRAE Handbook, "1994 Fundamentals", American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Atlanta USA, 1994.

Biondi P., Monarca D., Panaro V., Pasqualone S. B., "Indagine sui livelli di rumorosità nei frantoi oleari", Rivista di Ingegneria Agraria, 3, 1997.

Brüel & Kjaer, Evaluator – 7820, Dati tecnici.

CEI EN 60942, Elettroacustica – Calibratori acustici, 2004.

CEI EN 61672-1, Elettroacustica – Misuratori del livello sonoro, Parte 1: Specifiche, 2003.

Cerniglia A., "Simulazioni acustiche in ambiente", RCI, anno XXV, 9, Tecniche Nuove, 1998.

CIRIAF – Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici, "Caratterizzazione acustica mediante modelli di calcolo e analisi intensimetriche del CMP di Bologna, finalizzati all'individuazione delle possibili opere di mitigazione", Relazione tecnica conclusiva, Perugia, 2007.

Di Berardinis L. J., "Handbook of occupational safety and health", Second edition, John Wiley e Sons, 1999.

Direttiva CE 42, relativa alle macchine, 2006.

D. Lgs. 106, "Disposizioni integrative e correttive del D. Lgs. 81/08, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro", G.U. 180, 2009.

D. Lgs. 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", G.U. 101, 2008.

D. Lgs 151, "Testo unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e della paternità", G.U. 96, 2001.

D. Lgs. 38, "Disposizioni in materia di assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali", G.U. 66, 2000".

D. Lgs. 242, "Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, recante attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro", G.U. 104, 1996.

D. Lgs. 626 "Attuazione delle direttive nn. 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42, 98/24 e 99/38 CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro", G.U. 265, 1994.

D. Lgs. 758, “Modificazioni alla disciplina sanzionatoria in materia di lavoro”, G.U. 21, 1994.

D. Lgs. 277, “Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro”, G.U. 200, 1991.

D.M. 37, “Regolamento concernente l’attuazione dell’articolo 11 – quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all’interno degli edifici”, G.U. 61, 2008.

D.P.R. 462, “Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi”, G.U. 6, 2002.

D.P.R. 459, “Regolamento per l’attuazione delle Direttive 89/392/CE, 91/368/CE, 93/44/CE e 93/68/CE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine”, G.U. 146, 1996.

D.P.R. 175, “Attuazione della direttiva CEE n. 82/581 del 24 giugno 1982 relativa ai rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali” G.U. 127, 1988.

D.P.R. 203, “Attuazione delle direttive CEE nn. 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali”, G.U. 140, 1988.

D.P.R. 164, “Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni”, G.U. 78, 1956.

D.P.R. 303, “Norme generali per l’igiene del lavoro”, G.U. 105, 1956.

D.P.R. 547, “Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro”, G.U. 158, 1955.

EU – OSHA “European Agency for Safety and Health at Work”, rapporti e schede informative, www.osha.europa.eu/it.

Fanger P. O., “Thermal Comfort”, Mc Graw Hill, New York, 1970.

Farina A., “Validation of the pyramid tracing algorithm for sound propagation outdoors: comparison with experimental measurements and with the ISO/DIS 9613 standards”, Invited Paper on Advances in Engineering Software, vol. 31/4, Elsevier Applied Science, 2000.

Galaverna P., Giabbani M., Farina A., Truffelli G., “RAMSETE, Software di previsione acustica”, Manuale dell’Utente e Manuale Teorico, Versione 2.RC4, 2002.

Golden Software, Inc, Surfer – Surface Mapping System, version 6.01, 1995.

Griefhan B., “Limits of and possibilities to improve the IREQ cold stress model (ISO/TR 11079), A validation study in the field”, Applied Ergonomics, 31, 2000.

INAIL – Istituto Nazionale per l’Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, “Analisi dell’andamento infortunistico 2008”, 2009.

ISO 1999, Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise – induced hearing impairment, 1990.

ISPESL – Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro, “Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro, Requisiti e standard, Indicazioni operative e progettuali”, Linee Guida, 2006.

ISPESL – Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro “Linee Guida per la valutazione del rischio rumore negli ambienti di lavoro”, Roma, 2005.

ISPESL – Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro “Linee Guida per la valutazione del rischio D.Lgs. 626/94”, www.ispesl.it.

ISTAT – Istituto Nazionale di Statistica, Sistema informativo delle statistiche su agricoltura e zootecnia, 2010.

ISTAT – Istituto Nazionale di Statistica, Sistema informativo delle statistiche su agricoltura e zootecnia, 2009.

Legge n. 248 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto – legge 4 luglio 2006, n. 223, recante disposizioni urgenti per il rilancio economico e sociale, per il contenimento e la razionalizzazione della spesa pubblica, nonchè interventi in materia di entrate e di contrasto all’evasione fiscale”, G.U. 186, 2006.

Legge n. 244, “Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2008)”, G.U. 300, 2007.

Legge n. 123, “Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega al Governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia”, G.U. 185, 2007.

Legge n. 296, “Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2007)”, G.U. 299, 2006.

Legge n. 257, “Norme relative alla cessazione dell’impiego dell’amianto”, G.U. 87, 1992.

Legge n. 46, “Norme per la sicurezza degli impianti”, G.U. 59, 1990.

Legge n. 833, “Istituzione del Servizio Sanitario Nazionale”, G.U. 360, 1978.

Legge n. 300, “Norme sulla tutela della libertà e dignità dei lavoratori, della libertà sindacale e nell’attività sindacale nei luoghi di lavoro e norme sul collocamento”, G.U. 131, 1970.

LSI – Lastem Spa, “Stazioni per il monitoraggio ambientale”, 2007.

LSI – Lastem Spa, “Babuc – Strumenti per la misura di grandezze fisiche”, 2007.

Monarca D., Cecchini M., Colantoni A., Porceddu P.R., Gubiani R., Vello M., “Proposal of a methodology of evaluation for integrated systems: safety, quality and environment in agroindustrial sector”, Proceeding of International Conference on Agricultural Engineering & Industry, Creta, 23 – 25 June, 2008.

Monarca D., Porceddu P. R., Cecchini M., Babucci V., "La valutazione del rischio da microclima negli ambienti di lavoro agroindustriali", Rivista di Ingegneria Agraria, 4, 2005.

Pampanini R., Tombesi A., "I sistemi olivicoli in terreni collinari e montani. Il caso dell'Umbria", Atti Convegno Europeo "Il futuro dei sistemi olivicoli in aree marginali: aspetti socio – economici, gestione delle risorse naturali e produzioni di qualità", Matera, 12 – 13 ottobre, 2004.

Panaro V., Pascuzzi S., Santoro F., "Analisi delle esposizioni al rumore nella filiera olivicola: rilievi nelle fasi di raccolta meccanica e spremitura delle olive", Rivista di Ingegneria Agraria, 2, 2004.

Paschino F., Pisanu M., Denti M., "Aspetti organizzativi ed operativi dei moderni oleifici", Atti del Convegno Nazionale AIIA "il vino e l'olio", Trapani, 1995.

Porceddu P. R., Dionigi M., "Evaluation of noise levels in olive mills", International conference: "Work safety and risk prevention in agro – food and forest systems", Ragusa, 16 – 18 settembre, 2010.

Porceddu P.R., Babucci V., "Analysis of the main risk factors for workers' safety in some dairies", Rivista di Ingegneria Agraria, 3, 2007.

Porceddu P.R., Babucci V., Panaro A., "Verifiche di sicurezza in piccoli frantoi oleari in Umbria", Convegno Nazionale AIIA: "L'ingegneria agraria per lo sviluppo sostenibile dell'area mediterranea", Catania, 27 – 30 giugno, 2005.

Porceddu P.R., Monarca D., Cecchini M., "La valutazione e la prevenzione del rischio microclima negli ambienti di lavoro agricoli e agroindustriali: indagine metodologica", Atti Convegno AIIA: "Ingegneria agraria per lo sviluppo dei paesi del Mediterraneo", Vieste, 11 – 14 settembre, 2001.

Salvendy G., "Handbook of human factor and ergonomics", Second Edition, John Wiley e Sons, 1997.

Sciancalepore V., "Industrie agrarie, olearia, enologica, lattiero – casearia", UTET, 1998.

SIAN – Sistema Informativo Agricolo Nazionale, 2009.

Tenenbaum R., Slama J., Ballesteros M., "Numerical simulation of room acoustics: a new approach for source modelling", Atti del XIV Convegno ICA (International Congress on Acoustics), Pechino 3 – 10 settembre, 1992.

UNAPROL – Osservatorio Olivicolo Italiano, "I dati chiave del comparto olivicolo umbro", scheda informativa, www.unaprol.it.

UNI 9432, Acustica – Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro, 2008.

UNI EN 458, Protettori dell'udito – Raccomandazioni per la selezione, l'uso, la cura e la manutenzione, Documento guida, 2005.

UNI EN 27243, “Ambienti caldi – Valutazione dello stress termico per l’uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro)”, 1996.

UNI EN ISO 9920, “Ergonomics of the thermal environment – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble”, 2009.

UNI EN ISO 11079, “Ergonomics of the thermal environment – Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects”, 2008.

UNI EN ISO 7730, “Ergonomia degli ambienti termici – Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale”, 2006.

UNI EN ISO 8996, “Ergonomia dell’ambiente termico – Determinazione del metabolismo energetico”, 2005.

UNI EN ISO 7726, “Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities”, 2002.