





Chiunque è autorizzato a riprendere parti di questo testo a patto di citare l'articolo con i relativi Autori ed il Volume con i suoi Curatori.

<https://www.ausl.mo.it/azienda/dipartimenti-territoriali/dipartimento-sanita-pubblica/servizio-prevenzione-sicurezza-ambienti-lavoro/sicurezza-e-assistenza/dba/>

d-BA2024

**Agenti Fisici nei luoghi di lavoro:
stato dell'arte, novità e strumenti di
supporto alla valutazione del rischio**

Convegno Nazionale promosso da:



In collaborazione con:



**Nell'ambito del Salone
della Salute e Sicurezza
nei luoghi di lavoro
BOLOGNA**



Bologna, 20 Novembre 2024

Atti a cura di:

Silvia Goldoni, Angelo Tirabasso, Domenico Acchiappati, Andrea Bogi



Agenti Fisici nei luoghi di lavoro: stato dell'arte, novità e strumenti di supporto alla valutazione del rischio

PRESENTAZIONE

Questo volume raccoglie gli Atti del Convegno “**dBA2024 – Agenti Fisici nei luoghi di lavoro: stato dell'arte, novità e strumenti di supporto alla valutazione del rischio**” che si è tenuto il 20 Novembre 2024 a Bologna, nell'ambito di Ambiente Lavoro 2024 - Salone della Salute e Sicurezza nei luoghi di lavoro.

Il Convegno è stato organizzato dalla *Regione Emilia Romagna*, Assessorato alla Sanità, dall'*Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena*, Dipartimento di Sanità Pubblica e dall'*INAIL*, Istituto Nazionale Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro.

Il Convegno dBA2024 vuole mettere a disposizione degli attori aziendali della sicurezza e degli operatori della prevenzione conoscenze, esperienze e strumenti informativi utili ai fini della prevenzione e protezione da AGENTI FISICI in tutti i comparti lavorativi. Gli agenti di rischio di natura fisica sono tra i principali rischi per la salute nei luoghi di lavoro: i dati relativi ai lavoratori italiani soggetti alla sorveglianza sanitaria per gli agenti fisici, secondo i dati trasmessi all'INAIL dai medici competenti, evidenziano infatti che alcuni milioni di lavoratori sono sottoposti a sorveglianza sanitaria a seguito di esposizione agli agenti fisici. Pertanto è di fondamentale importanza diffondere e condividere esperienze di studio e metodologie di rilevazione degli agenti fisici presenti nei luoghi di lavoro, di valutazione e controllo degli stessi, in relazione agli effetti sulla salute e sicurezza dei lavoratori, incluse le misure tecniche di prevenzione, le bonifiche e le misure di protezione.

Per la Segreteria Scientifica
Silvia Goldoni

Indice generale

RELAZIONI

STRUMENTI DI VIGILANZA E DI AUTOCONTROLLO: LISTE DI CONTROLLO PER LA VALUTAZIONE E LA GESTIONE DEI RISCHI
Silvia Goldoni, Domenico Acchiappati, Angelo Tirabasso, Andrea Bogi, Nicola Stacchini

pag.1

UTILIZZO DI LISTE DI CONTROLLO PER L'ANALISI DEI DOCUMENTI DI VALUTAZIONE DEI RISCHI
Nicola Stacchini, Bernardo Angiolini, Andrea Bogi

pag. 19

RISCHIO DA STRESS TERMICO E L'UTILIZZO CONSAPEVOLE DEGLI INDICI DI ESPOSIZIONE
Alessandro Merlini, Daniele Meda, Andrea Pelizzoni, Gabriele Quadrio, Diego Rizzardini

pag. 33

PREVENZIONE E PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE AL RADON NEI LUOGHI DI LAVORO: LE NOVITÀ DEL PNAR
Rosabianca Trevisi

pag. 49

VALUTAZIONE DEI RISCHI CAUSATI DALL'UOMO PER INFRASTRUTTURE CRITICHE COME GLI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGETICA NUCLEARE: ANALISI DEI METODI
Marco Carbonelli, Alba Iannotti, Riccardo Quaranta, Grace P. Xerri, Daniele Di Giovanni, Luca Romano, Andrea Chierici, Pasquale Gaudio, Francesco d'Errico, Guglielmo Manenti, Andrea Malizia

pag. 57

METODOLOGIA SEMI-QUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO CAMPI ELETTRROMAGNETICI NEI LUOGHI DI LAVORO
Vanni Lopresto, Laura Filosa

pag. 73

MODERNI STRUMENTI DI SUPPORTO ALLA VALUTAZIONE E ALLA SEGNALAZIONE DEL RISCHIO: LA NUOVA VERSIONE 1.6 DEL FRAMEWORK “DVRPLUS” COME PIATTAFORMA INTERATTIVA IN REALTÀ AUMENTATA

Raffaele d’Angelo, Gennaro Bufalo, Antonio Lanzotti, Andrea Tarallo, Domenico Coccorese, Giuseppe Marannano

pag. 93

IDENTIFICAZIONE DELLE CRITICITÀ NELL’USO IN SICUREZZA DELLA TECNOLOGIA LASER IN AMBITO ODONTOIATRICO: ANALISI CAMPIONARIA MEDIANTE QUESTIONARIO/CHECK-LIST

Maurizio Diano, Elisa Fazio, Andrea Bogi, Angelo Tirabasso, Lucia Longo, Claudia Giliberti

pag. 101

INDAGINE SULLE ABITUDINI ALIMENTARI NELLA STAGIONE ESTIVA DEI LAVORATORI D’UFFICIO. PRIMI RISULTATI.

Michele del Gaudio

pag. 111

RISCHIO DA ESPOSIZIONE AD ATMOSFERE IPERBARICHE: STATO DELL’ARTE E NUOVI INDICATORI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Floriana Sacco, Angelo Tirabasso, Enrico Marchetti, Giovanni Calcagnini, Eugenio Mattei, Cecilia Vivarelli, Rita Businaro, Federica Armeni, Beatrice Mengoni, Giovanna Tranfo, Daniela Pigni, Angelo Rodio, Luigi Fattorini

pag. 121

APPLICAZIONE DELLE INDICAZIONI OPERATIVE PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO DA ESPOSIZIONE AD ULTRASUONI ALLA CARATTERIZZAZIONE DELL’EMISSIONE DI BAGNI E SONICATORI

Raffaele Mariconte, Diego Annesi, Rosaria Falsaperla, Andrea Bogi, Claudia Giliberti

pag. 131

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA VIBRAZIONI: MULTIFATTORIALITÀ DEGLI AGENTI NOCIVI E LIMITI DELLE NORME TENICHE

Stefano Casini

pag. 147

VALUTAZIONE SPERIMENTALE DELL'ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DAGLI IMPIANTI RADAR PRESENTI SULLE MOTOVEDETTE DELLA CAPITANERIA DI PORTO

Giancarlo Burriesci, Moreno Comelli, Nicola Zoppetti, Simona D'Agostino, Marco Valentini

pag. 169

CLIMATIZZARE L'UFFICIO

Michele del Gaudio

pag. 179

VALUTAZIONE DELLE DISTANZE DI SICUREZZA PER L'ESPOSIZIONE UMANA E L'IMMUNITÀ DELLE APPARECCHIATURE ELETTRICHE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI IRRADIATI DA JAMMER PORTATILI PER CONTRASTARE GLI ATTACCHI DI DRONI

Vanni Lopresto

pag. 187

RUMORE E VIBRAZIONI MACCHINE AGRICOLE – NORMATIVA, SICUREZZA, NUOVE TECNOLOGIE

Isabella Ferrara, Ivan Mazzarelli

pag. 201

L'USO DELLE EEG PER LA VALUTAZIONE DEL COMFORT TERMICO

Daniela Freda, Antonia Biagi

pag. 215

LA VALUTAZIONE E LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DA ALTE TEMPERATURE NEI CANTIERI COMPLESSI: UNA ESPERIENZA DEL SERVIZIO PSAL DELLE AZIENDE USL DI BOLOGNA ED IMOLA

Paolo Galli, Luciano Acquafresca, Sandra Bernardelli, Matteo Conti, Giulia Fantaccione, Chiara Foresti, Luca Mattioli, Davide Nerozzi, Riccardo Palmioli, Luca Regoli, Anita Zambonelli

pag. 223

CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA, MEDIANTE CAMPIONAMENTO DEI LIVELLI SONORI ALL'INTERNO DI EDIFICI, DI DIVERSE TIPOLOGIE DI IMPIANTI ASCENSORE: IDRAULICO, ELETTRICO E GEARLESS, CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI E CONFRONTO CON I LIVELLI TIPICI PREVISTI DALLA NORMA

Augusto Papa, Massimiliano Faiella, Viviana Vosa

pag. 235

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE E VIBRAZIONI DEL PERSONALE SANITARIO DURANTE LE ATTIVITÀ DI EMERGENZA SUI MEZZI DI SOCCORSO

Diego Annesi, Giancarlo De Mauri, Raoul Di Giovanni, Rosanna Mangia, Antonio Moschetto, Angelo Tirabasso

pag. 243

La biblioteca di  & altre Pubblicazioni

pag. 251

STRUMENTI DI VIGILANZA E DI AUTOCONTROLLO: LISTE DI CONTROLLO PER LA VALUTAZIONE E LA GESTIONE DEI RISCHI

Silvia Goldoni (1), Domenico Acchiappati (1), Angelo Tirabasso (2), Andrea Bogi (3), Nicola Stacchini (3)

- 1) AUSL Modena
- 2) INAIL DIMEILA
- 3) Azienda USL Toscana Sud Est

INTRODUZIONE

L'attività di vigilanza finalizzata alla prevenzione dei rischi per la salute della popolazione lavorativa rientra tra i compiti istituzionali dei Dipartimenti di Sanità Pubblica delle Aziende Sanitarie Locali, compiti svolti dai cosiddetti Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro (SPSAL).

Oltre all'attività di controllo, che nel tempo si è evoluta in relazione alle modifiche del mondo produttivo e che oggi deve tenere conto del coordinamento e dell'integrazione dell'azione svolta da altri Enti di controllo, le ASL hanno perseguito il miglioramento delle condizioni di sicurezza e salute nei luoghi di lavoro anche attraverso le attività di assistenza e informazione alle aziende.

Assistenza e informazione consistono in interventi "attivi" diretti a supportare il mondo del lavoro per facilitare le aziende (in particolare piccole e medie) ad acquisire conoscenza, a valutare e gestire correttamente tutti i rischi e ad organizzare la sicurezza aziendale, riducendo il peso degli adempimenti formali: coniugare assistenza e vigilanza può migliorare l'efficienza dell'azione pubblica di controllo.

Già il Piano Nazionale della Prevenzione (PNP) 2014-2019, relativamente alle attività di vigilanza, si proponeva di migliorarne la qualità e l'omogeneità attraverso l'utilizzo di strumenti di enforcement quali l'audit, l'adozione di programmi e accordi, la condivisione di metodologie di controllo orientate ai settori/rischi considerati prioritari e all'efficacia preventiva, la promozione di un approccio di tipo proattivo da parte degli organi di vigilanza, indirizzando l'azione delle ASL verso il supporto al mondo del lavoro (in particolare alle piccole e medie imprese) con attività di informazione e assistenza e riconoscendo la necessità di sostenere i datori di lavoro nel percorso di autovalutazione del livello di sicurezza, nella gestione dei rischi e nell'organizzazione della sicurezza aziendale.

In continuità con questo approccio e con le esperienze territoriali che ne sono derivate, il PNP 2020-2025 introduce il Piano Mirato di Prevenzione (PMP) come strumento in grado di coniugare in modo sinergico le attività di



assistenza e di vigilanza alle imprese, per garantire **trasparenza, equità e uniformità** dell'azione pubblica e una maggiore consapevolezza da parte dei datori di lavoro dei rischi e delle conseguenze dovute al mancato rispetto delle norme di sicurezza.

Il PMP, attraverso il coinvolgimento di tutti i soggetti interessati (lavoratori e loro rappresentanti, associazioni, altri enti) si configura come un modello territoriale partecipativo di assistenza e supporto alle imprese e si compone di una successione di tre fasi principali:

- assistenza (condivisione degli **strumenti** e formazione per il DVR);
- vigilanza (autovalutazione e controllo dei fattori di rischio);
- valutazione di efficacia (degli interventi attuati).

Si evidenzia quindi come il PMP preveda l'utilizzo di "strumenti" tra i quali le "Buone Prassi" e le "liste di controllo".

In Regione Emilia Romagna, il Piano Regionale della Prevenzione 2021-2025 non solo richiama l'utilizzo delle liste di controllo regionali già predisposte con il precedente PRP 2015-2019, ma ne prevede l'introduzione anche sui "nuovi" PMP, quali ad esempio quelli sul rischio stradale e sulla logistica.

Nel PRP 2021-2025 della Regione Emilia Romagna, le liste di controllo messe a punto e condivise tra i soggetti interessati, rappresentano da un lato strumenti di autovalutazione per le imprese, dall'altro strumenti per gli operatori SPSAL in fase di vigilanza volti a garantire trasparenza, equità e uniformità dell'azione pubblica.

Sebbene nell'attuale PRP 2021-2025 della Regione Emilia Romagna non siano previste specifiche azioni sulla prevenzione dalla esposizione ai Rischi da Agenti Fisici nei luoghi di lavoro nell'ambito di Programmi predefiniti o di Programmi Liberi e, quindi, non esistano specifici PMP in merito, il tema dei Rischi da Agenti Fisici nei luoghi di lavoro e di vita è trasversale e richiamato in vari Programmi del PRP come co-fattore di salute della popolazione, non solo quella lavorativa.

Anche nel caso degli Agenti Fisici di cui al titolo VIII del D.lgs. 81/08, si ritiene utile promuovere la messa a punto di liste di controllo come strumento di trasparenza, equità e uniformità nell'azione di vigilanza promossa dagli SPSAL e, contestualmente, come strumento di autovalutazione per le imprese. Ciò anche in ragione degli esiti delle esperienze di vigilanza in materia di rischi da agenti fisici, che evidenziano criticità legate alla "qualità" della valutazione e all'applicazione delle misure di prevenzione, di protezione, di miglioramento.

QUALITÀ DEI DOCUMENTI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO ED EFFICACIA DELLE MISURE DI GESTIONE DEL RISCHIO

Le esperienze di vigilanza condotte nel tempo dagli operatori dei Servizi PSAL dell'azienda USL di Modena in materia di prevenzione e protezione della salute dei lavoratori dalla esposizione ad agenti fisici, evidenziano criticità nella fase di valutazione del rischio che si riflettono inevitabilmente sulla corretta gestione del rischio stesso.

Nel presente lavoro si prendono in considerazione in particolare gli agenti fisici *rumore* e *vibrazioni*, rispetto ai quali le principali non conformità rilevate riguardano i seguenti aspetti:

- Aggiornamento dei Documenti di Valutazione del Rischio
- Coinvolgimento delle figure della prevenzione con particolare riferimento al RLS e al MC
- Qualificazione del personale tecnico incaricato dal Datore di Lavoro di effettuare la valutazione del rischio e redigere la relazione tecnica
- Qualità e completezza della valutazione del rischio
- Coerenza tra il protocollo di sorveglianza sanitaria ed il livello di esposizione
- Corretto utilizzo e corretta gestione dei DPI.

Aggiornamento dei Documenti di Valutazione del Rischio.

Di norma viene rispettata la cadenza quadriennale, viceversa si riscontra frequentemente il mancato aggiornamento del DVR nel caso di modifiche introdotte nel processo produttivo, tra le quali l'introduzione di nuove attrezzature di lavoro, la modifica del layout aziendale, la modifica della esposizione del personale per variazioni di tipo organizzativo, nonché l'introduzione di nuovo personale o cambio di mansione.

Adeguate coinvolgimento delle figure della prevenzione con particolare riferimento al RLS e al MC

Frequente l'assenza del coinvolgimento "attivo" del RLS, in particolare nelle PMI e laddove è presente un RLS-T, che prende atto degli esiti della valutazione del rischio "a posteriori".

Analogamente il coinvolgimento del MC è spesso solo formale e successivo al processo di valutazione: nel DVR non si trova riscontro degli esiti della sorveglianza sanitaria (contenuti nella relazione annuale anonima e collettiva redatta dal MC) e della conseguente applicazione di specifiche misure di prevenzione e di miglioramento nella gestione del rischio in caso di malattie professionali.

I risultati della sorveglianza sanitaria costituiscono infatti elementi fondamentali da acquisire per una corretta e completa valutazione del rischio. Qualora documentassero alterazioni dello stato di salute di un lavoratore attribuibili, a qualunque titolo, all'esposizione al rumore, impegnerebbero in modo cogente il datore di lavoro a rivedere la valutazione e le misure di prevenzione e protezione sino a quel momento adottate. I risultati delle visite mediche comprensivi, nel caso di esposizione a rumore, degli esami audiometrici e di eventuali accertamenti sanitari complementari disposti all'occorrenza, nonché le informazioni in merito reperibili dalla letteratura scientificamente validata, permettono al medico competente di contribuire alla gestione aziendale del rischio specifico, confermandone o mettendone in discussione la sua efficacia.

Nel caso delle vibrazioni, il coinvolgimento del MC nella valutazione del rischio deve consentire inoltre l'attuazione di accertamenti sanitari mirati nei confronti dei lavoratori che, pur essendo esposti a livelli al di sotto dei valori di azione, siano però soggetti particolarmente sensibili oppure in presenza di rilevanti co-fattori di rischio espositivo, tra i quali: basse temperature, bagnato, elevata umidità, sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e del rachide, esposizione a singoli impatti o urti ripetuti di elevata intensità (lettera h) del comma 5 dell'art.202 del D.lgs. 81/2008).

Qualificazione del personale tecnico incaricato dal Datore di Lavoro di effettuare la valutazione del rischio e redigere la relazione tecnica.

Premesso che la norma non definisce con precisione cosa si intende per personale qualificato e che il DL potrebbe non disporre dell'esperienza per giudicare la qualificazione del personale a cui affida la valutazione del rischio da agenti fisici, è tuttavia necessario che il DL valuti attentamente il "profilo" di tale personale, che dovrà dimostrare competenza nell'applicare le norme tecniche e/o di buona prassi, conoscenza delle tecniche e dei metodi di misura, conoscenza e capacità di utilizzo della strumentazione adeguata, secondo i requisiti previsti dall'art.190, comma 3 e dalle norme tecniche di EN ISO 9612:2011 e UNI 9432:2011 per quanto riguarda il rischio da esposizione a rumore, e secondo i requisiti previsti dall'art.202 del D.lgs. 81/2008 e dalle norme tecniche di riferimento (UNI – EN ISO 5349:2004, ISO/TR 18570:2017, UNI ISO 2631-1:2014) per quanto riguarda il rischio da esposizione a vibrazioni.

Qualità e completezza della valutazione del rischio.

Le relazioni tecniche, pur citando l'applicazione dei requisiti previsti:

- per il rumore, dall'art.190, comma 3 e dalle norme tecniche di EN ISO 9612:2011 e UNI 9432:2011;

- per le vibrazioni, dall'art.202 del D.lgs. 81/2008 e dalle norme tecniche di riferimento (UNI – EN ISO 5349:2004, ISO/TR 18570:2017, UNI ISO 2631-1:2014)

sovente non sono coerenti con quanto previsto dal D.lgs. 81/08 e dalle norme tecniche sopra citate, in particolare per quanto riguarda i seguenti aspetti:

- nel caso di valutazione con misurazioni, durata e numerosità delle misure in relazione al ciclo di lavoro, ai componenti del gruppo omogeneo, alle caratteristiche del fenomeno da misurare, al fine di garantire la rappresentatività del campione misurato ed il corretto calcolo del $L_{ex,8h}$ o del $L_{ex,W}$;
- nel caso di valutazione con banca dati o dati del costruttore, adeguatezza dei livelli di esposizione impiegati con riferimento alla corrispondenza tra le attrezzature di lavoro e alle modalità di utilizzo delle stesse;
- calcolo dell'incertezza e attribuzione della classe di rischio tenendo conto dell'intervallo di incertezza;
- presenza di ototossici, esposizione a freddo, umidità, bagnato, sovraccarico bio-meccanico degli arti superiori e del rachide;
- presenza di soggetti sensibili;
- presenza di fenomeni impulsivi e di variabilità della esposizione;
- valutazione degli effetti indiretti sulla salute a causa della interferenza tra rumore e segnali di avvertimento;
- nel periodo che intercorre tra la valutazione e l'aggiornamento successivo, spesso quadriennale, non si tiene conto di fattori legati all'uso delle attrezzature e alla mancata manutenzione delle stesse, cosa che potrebbe comportare un aggravamento dei livelli di esposizione a rumore e vibrazioni rispetto a quanto valutato inizialmente.

Le criticità sopra evidenziate comportano la “sottostima” del livello di rischio per i lavoratori e sovente l'organo di vigilanza, anche con il supporto di misure strumentali eseguite direttamente in fase di ispezione, ha adottato atti di polizia giudiziaria con i quali è stato prescritto (o disposto) l'aggiornamento della valutazione del rischio secondo i requisiti previsti dal D.lgs. 81/08 e dalle norme tecniche di riferimento.

Questo per quanto riguarda la qualità della valutazione del rischio, mentre per quanto riguarda la completezza dei DVR si evidenzia l'assenza, nella stragrande maggioranza dei casi, del programma delle misure tecniche ed organizzative, ovvero il piano di miglioramento previsto anche nel documento di valutazione di tutti i rischi, ex artt. 17, 28 e 29 del D.lgs. 81/08.

Relativamente al rischio rumore, infatti, ai sensi dell'art. art.192, comma 2 del D.lgs. 81/08, il DL deve redigere un PARE (Piano Aziendale di Riduzione dell'Esposizione a rumore) secondo la UNI 11347:2015, piano che dovrebbe contenere almeno i seguenti elementi:

- elenco delle attività per le quali vi è il superamento dei valori superiori di azione, descritti tanto con i livelli r.m.s. e di picco presenti che per i tempi di esposizione a tali livelli;
- misure tecniche e/o organizzative che si intendono adottare;
- risultati attesi a seguito delle suddette misure in termini di L_{EX} e/o $L_{picco,C}$;
- tempi di attuazione di ogni singola misura;
- funzione aziendale e/o persona incaricata dell'attuazione di ogni singola misura;
- modalità di verifica dei risultati;
- data e risultati della verifica.

Anche nel caso di esposti a vibrazioni al di sopra dei valori di azione, ai sensi dell'art.203, comma 1 del D.lgs. 81/08, il DL deve redigere il programma delle misure tecniche ed organizzative che, in analogia a quanto previsto per il rumore dalla UNI 11347:2015, dovrebbe contenere almeno i seguenti elementi:

- elenco delle attività per le quali vi è il superamento dei valori di azione, descritti tanto con i livelli di accelerazione presenti che per i tempi di esposizione a tali livelli;
- misure tecniche e/o organizzative che si intendono adottare;
- risultati attesi a seguito delle suddette misure in termini di A8;
- tempi di attuazione di ogni singola misura;
- funzione aziendale e persona incaricata dell'attuazione della singola misura;
- modalità di verifica dei risultati;
- data e risultati della verifica.

Coerenza tra il protocollo di sorveglianza sanitaria ed il livello di esposizione

Si riscontra talvolta l'applicazione, da parte del MC, di accertamenti inclusi nel protocollo sanitario non coerenti con i livelli di esposizione.

Sovente trattasi di lavoratori che, pur essendo esposti a rumore a livelli al di sotto del valore superiore d'azione (rispettivamente $L_{EX} = 85$ dB(A) e $p_{peak} = 137$ dB(C) riferito a 20 μ Pa), sono sottoposti ad accertamenti specifici (audiometrie). È pur vero che molti lavoratori percepiscono la mancata esecuzione di tali accertamenti, pur non essendo esposti a livelli di rumore al di sopra del valore superiore d'azione, come una "mancanza" nei loro confronti e quindi i DL ed i MC decidono per mantenerli nel protocollo sanitario nonostante l'assenza dei requisiti previsti dall'art. 196 del D.lgs. 81/08.

Corretto utilizzo e corretta gestione dei DPI

Si riscontrano le seguenti criticità:

- messa a disposizione dei lavoratori di DPI-u diversi da quelli per i quali è stata valutata efficienza ed efficacia nel DVR;
- mancato utilizzo dei DPI da parte dei lavoratori;
- mancato addestramento all'uso dei DPI-u;
- mancanza di igiene nell'uso dei DPI-u, ad esempio perché custoditi in luoghi sporchi (edilizia, agricoltura, metalmeccanica, legno) oppure per la condivisione tra più persone degli stessi DPI-u;
- utilizzo inadeguato dei DPI-u, ad esempio da parte di lavoratori non esposti, che risultano viceversa esposti a rischi indiretti, quali la non percezione di segnali di allarme.

A parere degli scriventi ciò è riconducibile alla mancanza di una corretta informazione e formazione dei lavoratori sul rischio rumore e sull'uso dei DPI-u.

CHECK LIST RUMORE E CHECK LIST VIBRAZIONI

Di seguito si propongono le liste di controllo per il rischio Rumore e per il rischio Vibrazioni.

 <p>SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena</p> <p>Dipartimento Sanità Pubblica Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro</p>	<p>DOCUMENTO DI OMOGENEITÀ DEI COMPORTAMENTI IN VIGILANZA</p> <p>LISTA DI CONTROLLO</p> <p>ESPOSIZIONE AD AGENTI FISICI RUMORE</p>
--	--

1. Documento di Valutazione del Rischio Rumore	
1.1. È disponibile ¹ la valutazione del rischio rumore?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
1.2. La valutazione considera le specifiche dell'art.190, comma 1 ² ?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
1.3. La valutazione prevede misurazioni?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No, non dovute <input type="checkbox"/> No, ma dovute
1.4. Riferendosi all'ultima valutazione effettuata (del ___ / ___ / ___), indicare gli occupati esposti: fino ad 80 dB(A) / 135 dB(C) _{picco} n° _____ da 80 ad 85 dB(A) e da 135 a 137 dB(C) _{picco} n° _____ da 85 a 87 dB(A) e da 137 a 140 dB(C) _{picco} n° _____ oltre 87 dB(A) / 140 dB(C) _{picco} n° _____	
1.5. Sono stati determinati i Lex (giornalieri o settimanali) dei singoli lavoratori esposti a più di 80 dB(A)/135 dB(C) _{picco}	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
1.6. Sono stati identificati sulla valutazione i luoghi di lavoro con LA _{eq} > 85 dB(A)/137 dB(C) _{picco}	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
2.6. La valutazione è aggiornata? (<i>assunzioni/dimissioni lavoratori; acquisti/alienazioni di macchine, notevoli variazioni del lay-out aziendale; max ogni 4 anni</i>)	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
2.7. I lavoratori "altri" ³ sono considerati e classificati in una fascia di rischio?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N.p.
2.8. La valutazione del rischio (giustificazione/stima/misura), complessivamente intesa è <input type="checkbox"/> carente <input type="checkbox"/> accettabile/buona Indicare le eventuali carenze riscontrate (sottostima del rischio, analisi incompleta degli esposti, ...) _____ _____ _____	
2.9. Gli RLS sono stati consultati preventivamente e tempestivamente in merito alla valutazione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
2.10. La valutazione è stata effettuata da personale adeguatamente qualificato?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
2.11. Gli RLS sono stati informati dei risultati della valutazione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No

¹ Alle aziende che occupano fino a 10 lavoratori (e non ricadenti nelle casistiche previste all'art. 21, D.Lgs.81/2008), è richiesto di disporre di un Documento di valutazione dei rischi con l'approfondimento relativo al rumore realizzato con le modalità previste dal Capo II del Titolo VIII, D.Lgs.81/2008.

² In particolare: lavoratori particolarmente sensibili al rumore, sostanze ototossiche, vibrazioni, segnali di avvertimento, informazioni sull'emissione di rumore fornite dai costruttori, di attrezzature di lavoro alternative che riducono il rischio, informazioni raccolte dalla sorveglianza sanitaria e dalla letteratura scientifica

³ Lavoratori "altri": si intendono tutti quei lavoratori, definiti anche "Atipici", per i quali il datore di lavoro deve garantire le stesse tutele come se fossero lavoratori dipendenti; tra i contratti più frequenti rientrano: stagionali, Co.Co.Pro, Contratto di somministrazione, Tirocinio formativo, Job Sharing

 <p>SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena</p> <p>Dipartimento Sanità Pubblica Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro</p>	<p>DOCUMENTO DI OMOGENEITÀ DEI COMPORTAMENTI IN VIGILANZA</p> <p>LISTA DI CONTROLLO</p> <p>ESPOSIZIONE AD AGENTI FISICI RUMORE</p>
--	--

2. Misure tecniche, organizzative, procedurali (TOP)	
2.1. Se l'azienda supera i valori superiori di azione è presente un programma di misure tecniche e organizzative che consideri le specifiche dell'art.192, comma 1?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
2.2. Se l'azienda non supera i valori superiori di azione, nel DVR è comunque presente un programma di miglioramento sul rischio rumore con misure TOP e relativi tempi di esecuzione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No, non dovuto <input type="checkbox"/> No, ma dovuto
2.3. Se 2.1=sì o 2.2=sì, le misure TOP previste rispetto al rischio del luogo di lavoro sono: <input type="checkbox"/> molto carenti <input type="checkbox"/> soddisfacenti <input type="checkbox"/> non pertinenti	
2.4. Se 2.1=sì o 2.2=sì Se 3.1=sì o 3.2=sì, il programma delle misure TOP indicato è rispettato? Quali? _____	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
2.5. Viene applicata una procedura per acquistare macchine meno rumorose? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> raramente <input type="checkbox"/> spesso <input type="checkbox"/> sempre <input type="checkbox"/> nessun acquisto	
2.6. Le macchine marcate CE o quelle con $LA_{eq} > 85 \text{ dB(A)}/140 \text{ dB(Lin)}$ <small>picco</small> acquistate nell'ultimo anno sono tutte corredate da una adeguata informazione acustica?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
2.7. Nelle aree con $LA_{eq} > 85 \text{ dB(A)}/137 \text{ dB(C)}$ <small>picco</small> è esposta una segnaletica appropriata?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non pertinente
2.8. Sono concretamente attuabili dall'azienda misure TOP non realizzate né programmate? Alla sorgente (modifiche ciclo produttivo / sostituzione di macchinari / silenziatori / smorzanti ...) Quali? _____ <input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No Sulla propagazione (Separazione attività rumorose / cabine / schermi / trattamenti ambientali ...) Quali? _____ <input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No Sull'operatore (cabine di riposo acustico / turni / procedure ...) Quali? _____ <input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No	

 <p>SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena Dipartimento Sanità Pubblica Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro</p>	<p>DOCUMENTO DI OMOGENEITÀ DEI COMPORTAMENTI IN VIGILANZA</p> <p>LISTA DI CONTROLLO</p> <p>ESPOSIZIONE AD AGENTI FISICI RUMORE</p>
---	---

<p>3. Uso dei DPI per la protezione dell'udito (da compilare se vi sono esposti con $L_{EX,8h} > 80$ dB(A) / $p_{picco} > 135$ dB(C) o comunque in presenza di DPI uditivi)</p>	
3.1. Il DL ha fornito DPI a tutti i lavoratori (compresi gli "altri") il cui $L_{EX} > 80$ dB(A) o $p_{picco} > 135$ dB(C)?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
3.2. I DPI sono forniti in dotazione individuale o monouso?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
3.3. Per la scelta dei DPI sono stati consultati i lavoratori o i RLS?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
3.4. È stata verificata l'efficacia dei DPI scelti?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
3.5. I DPI vengono indossati in modo corretto?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
3.6. Esiste una procedura scritta che individui le fasi / lavorazioni in cui è obbligatorio l'uso dei DPI?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
3.7. L'azienda controlla il rispetto dell'obbligo di impiego dei DPI per chi ha $L_{EX,8h} > 85$ dB(A) di / $p_{picco} > 137$ dB(C) o specifica prescrizione del medico competente?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
<p>3.8. Tra i lavoratori soggetti all'obbligo dell'uso dei DPI, quanti effettivamente li impiegano?</p> <p><input type="checkbox"/> La maggior parte <input type="checkbox"/> Circa la metà <input type="checkbox"/> Minima parte</p>	
3.9. I lavoratori dispongono di un luogo idoneo dove riporre i DPI in caso di utilizzo non continuato?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No

<p>4. Informazione / Formazione</p>	
4.1. I lavoratori esposti a rischio (sia a tempo indeterminato che non) sono stati informati (mediante materiale informativo cartaceo o altro) sui rischi da esposizione a rumore e sulle modalità di prevenzione con le specifiche dell'art.184 del D.Lgs.81/08?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No

<p>5. Sorveglianza sanitaria</p>	
5.1. Il Medico competente ha collaborato alla valutazione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No, ma dovuto <input type="checkbox"/> No, non dovuto
5.2. Il Medico competente è stato informato dei risultati della valutazione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No, ma dovuto <input type="checkbox"/> No, non dovuto
5.3. I lavoratori a tempo indeterminato sono sottoposti al controllo sanitario preventivo e periodico?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non dovuto
5.4. Il controllo sanitario preventivo e periodico è effettuato anche per i lavoratori "altri" che ne hanno diritto?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non dovuto
5.5. I lavoratori con $L_{EX,8h}$ compreso tra 80 e 85 dB(A) sono stati informati del loro diritto a poter richiedere il controllo audiometrico?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
5.6. L'azienda dispone di un resoconto anonimo e collettivo dei risultati degli ultimi controlli audiometrici ("Relazione Sanitaria")?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Non dovuto

 <p>SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena</p> <p>Dipartimento Sanità Pubblica Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro</p>	<p>DOCUMENTO DI OMOGENEITÀ DEI COMPORTAMENTI IN VIGILANZA</p> <p>LISTA DI CONTROLLO</p> <p>ESPOSIZIONE AD AGENTI FISICI RUMORE</p>
--	--

6. Esito del controllo (o Attività di vigilanza dell'ASL) sul solo rischio rumore	
6.1. Prescrizioni ex D.lgs. 758/94	
Valutazione: n° _____ Misure TOP: n° _____ DPI uditivi: n° _____ Sorv. San.: n° _____ Informazione-Formazione: n° _____ Altre (specificare) _____	
6.2. Disposizioni	
Valutazione: n° _____ Misure TOP: n° _____ DPI uditivi: n° _____ Sorv. San.: n° _____ Informazione-Formazione: n° _____ Altre (specificare) _____	
6.3. Segnalazioni ex art. 70 comma 4 del D. Lgs.81/08 in tema di rumore riscontrate su macchine marcate CE	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No

 SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena Dipartimento Sanità Pubblica Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro	DOCUMENTO DI OMOGENEITÀ DEI COMPORTAMENTI IN VIGILANZA LISTA DI CONTROLLO ESPOSIZIONE AD AGENTI FISICI VIBRAZIONI
--	--

1. Documento di Valutazione del Rischio HAV	
1.1. Nelle attività dell'azienda si fa uso di attrezzature portatili (es.: avvitatori, chiodatrici ...) o fisse (rivettatori, cesoie ...) che espongono ad HAV?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
1.2. I lavoratori, l'RLS e/o il Medico Competente segnalano esposizioni ad HAV?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
1.3. È disponibile ¹ la valutazione del rischio HAV per tutti gli occupati?	<input type="checkbox"/> No o non per tutti gli occupati <input type="checkbox"/> Sì mediante "giustificazione" e per n. ____ occupati <input type="checkbox"/> Sì mediante "stima" ² e per n. ____ occupati (fonte _____) <input type="checkbox"/> Sì mediante "misurazioni" e per n. ____ occupati
1.4. Riferendosi all'ultima valutazione effettuata (del ____ / ____ / ____), indicare gli occupati esposti:	
Non a rischio ("giustificabili")	n° ____
esposti con A(8) fino a 2,5 m/s ²	n° ____
esposti con A(8) da 2,5 m/s ² a 5,0 m/s ²	n° ____
esposti con A(8) oltre 5,0 m/s ² o con a _w oltre 20 m/s ²	n° ____
1.5. La valutazione è aggiornata? (<i>assunzioni/dimissioni lavoratori; acquisti/alienazioni di macchine: max ogni 4 anni</i>)	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
1.6. I lavoratori "altri" ³ sono considerati e classificati in una fascia di rischio?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N.p.
1.7. La valutazione del rischio (giustificazione/stima/misura), complessivamente intesa è	<input type="checkbox"/> carente <input type="checkbox"/> accettabile/buona
Indicare le eventuali carenze riscontrate (sottostima del rischio, analisi incompleta degli esposti, ...)	
<hr/> <hr/> <hr/>	
1.8. Gli RLS sono stati consultati preventivamente e tempestivamente in merito alla valutazione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
1.9. Gli RLS sono stati informati dei risultati della valutazione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
1.10. La valutazione è stata effettuata da personale adeguatamente qualificato?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No

¹ Alle aziende che occupano fino a 10 lavoratori (e non ricadenti nelle casistiche previste all'art. 21, D. Lgs.81/2008), è richiesto di disporre di un Documento di valutazione dei rischi con l'approfondimento relativo alle vibrazioni realizzato con le modalità previste dal Capo III del Titolo VIII, D. Lgs.81/2008.

² Per "stima" si intende la valutazione effettuata con accesso a dati da banche-dati, preferenzialmente, o dati dei fabbricanti; a fianco riportare la fonte esatta dei dati utilizzati per la valutazione.

³ Lavoratori "altri": si intendono tutti quei lavoratori, definiti anche "Atipici", per i quali il datore di lavoro deve garantire le stesse tutele come se fossero lavoratori dipendenti; tra i contratti più frequenti rientrano: stagionali, Co.Co.Pro, Contratto di somministrazione, Tirocinio formativo, Job Sharing

 <p>SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena</p> <p>Dipartimento Sanità Pubblica Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro</p>	<p>DOCUMENTO DI OMOGENEITÀ DEI COMPORTAMENTI IN VIGILANZA</p> <p>LISTA DI CONTROLLO</p> <p>ESPOSIZIONE AD AGENTI FISICI VIBRAZIONI</p>
--	--

2. Documento di Valutazione del Rischio WBV	
2.1. Nelle attività dell'azienda si fa uso di veicoli, di macchine o di attrezzature di lavoro che espongono a WBV (es.: da sedili, da piattaforme o piani)?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
2.2. I lavoratori, l'RLS e/o il Medico Competente segnalano esposizioni a WBV?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
2.3. È disponibile ⁴ la valutazione del rischio WBV per tutti gli occupati?	<input type="checkbox"/> No o non per tutti gli occupati <input type="checkbox"/> Sì mediante "giustificazione" e per n. ___ occupati <input type="checkbox"/> Sì mediante "stima" ⁵ e per n. ___ occupati (fonte _____) <input type="checkbox"/> Sì mediante "misurazioni" e per n. ___ occupati
2.4. Riferendosi all'ultima valutazione effettuata (del ___/___/____), indicare gli occupati esposti: Non a rischio ("giustificabili") n° _____ esposti con A(8) fino a 0,5 m/s ² n° _____ esposti con A(8) da 0,5 m/s ² a 1,0 m/s ² n° _____ esposti con A(8) oltre 1,0 m/s ² o con a _w oltre 1,5 m/s ² n° _____	
2.5. La valutazione è aggiornata? (assunzioni/dimissioni lavoratori; acquisti/alienazioni di macchine; max ogni 4 anni)	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
2.6. I lavoratori "altri" ⁶ sono considerati e classificati in una fascia di rischio?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N.p.
2.7. La valutazione del rischio (giustificazione/stima/misura), complessivamente intesa è _____ <input type="checkbox"/> carente <input type="checkbox"/> accettabile/buona Indicare le eventuali carenze riscontrate (sottostima del rischio, analisi incompleta degli esposti, ...) _____ _____ _____	
2.8. Gli RLS sono stati consultati preventivamente e tempestivamente in merito alla valutazione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
2.9. Gli RLS sono stati informati dei risultati della valutazione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
2.10. La valutazione è stata effettuata da personale adeguatamente qualificato?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No

⁴ Alle aziende che occupano fino a 10 lavoratori (e non ricadenti nelle casistiche previste all'art. 21, D. Lgs.81/2008), è richiesto di disporre di un Documento di valutazione dei rischi con l'approfondimento relativo alle vibrazioni realizzato con le modalità previste dal Capo III del Titolo VIII, D. Lgs.81/2008.

⁵ Per "stima" si intende la valutazione effettuata con accesso a dati da banche-dati, preferenzialmente, o dati dei fabbricanti; a fianco riportare la fonte esatta dei dati utilizzati per la valutazione.

⁶ Lavoratori "altri": si intendono tutti quei lavoratori, definiti anche "Atipici", per i quali il datore di lavoro deve garantire le stesse tutele come se fossero lavoratori dipendenti; tra i contratti più frequenti rientrano: stagionali, Co.Co.Pro, Contratto di somministrazione, Tirocinio formativo, Job Sharing

 <p>SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena Dipartimento Sanità Pubblica Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro</p>	<p>DOCUMENTO DI OMOGENEITÀ DEI COMPORTAMENTI IN VIGILANZA</p> <p>LISTA DI CONTROLLO</p> <p>ESPOSIZIONE AD AGENTI FISICI VIBRAZIONI</p>
--	--

3. Misure tecniche, organizzative, procedurali (TOP) sia per HAV che per WBV	
3.1. Se l'azienda supera i valori di azione, è presente un programma di misure tecniche e organizzative che consideri le specifiche dell'art.203 comma 1?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
3.2. Se l'azienda non supera i valori di azione, nel DVR è comunque presente un programma di miglioramento sul rischio vibrazioni con misure TOP e relativi tempi di esecuzione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No, non dovuto <input type="checkbox"/> No, ma dovuto
3.3. Se 3.1=sì o 3.2=sì, le misure TOP previste rispetto al rischio del luogo di lavoro sono: <input type="checkbox"/> molto carenti <input type="checkbox"/> soddisfacenti <input type="checkbox"/> non pertinenti	
3.4. Se 3.1=sì o 3.2=sì, il programma delle misure TOP indicato è rispettato?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
3.5. Viene applicata una procedura per acquistare macchine e attrezzature di lavoro che producono meno vibrazioni? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> raramente <input type="checkbox"/> spesso <input type="checkbox"/> sempre <input type="checkbox"/> nessun acquisto	
3.6. Le macchine/ attrezzature di lavoro marcate "CE" acquistate nell'ultimo anno sono tutte corredate da una adeguata informazione sui livelli di rischio ?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
3.7. Sono concretamente attuabili dall'azienda misure TOP non realizzate né programmate? Alla sorgente (modifiche ciclo produttivo / sostituzione di macchinari / elementi antivibranti ...) Quali? _____ Sull'operatore (turni / procedure / DPI guanti antivibranti per HAV) Quali? _____	

4. Informazione / Formazione	
4.1. I lavoratori esposti a rischio (sia a tempo indeterminato che non) sono stati informati (mediante materiale informativo cartaceo o altro) sui rischi da esposizione a vibrazioni e sulle modalità di prevenzione con le specifiche dell'art.184 del D. Lgs.81/08?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No

5. Sorveglianza sanitaria (per HAV e WBV)	
5.1. Il Medico competente ha collaborato alla valutazione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
5.2. Il Medico competente è stato informato dei risultati della valutazione?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
5.3. I lavoratori esposti a valori superiori al valore d'azione sono sottoposti al controllo sanitario preventivo e periodico?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
5.4. L'azienda dispone di un resoconto anonimo e collettivo dei risultati degli ultimi controlli audiometrici ("Relazione Sanitaria")?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No

 <p>SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena</p> <p>Dipartimento Sanità Pubblica Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro</p>	<p>DOCUMENTO DI OMOGENEITÀ DEI COMPORTAMENTI IN VIGILANZA</p> <p>LISTA DI CONTROLLO</p> <p>ESPOSIZIONE AD AGENTI FISICI VIBRAZIONI</p>
--	--

6. Esito del controllo (o Attività di vigilanza dell'ASL) sul solo rischio vibrazioni	
6.1. Prescrizioni ex D.lgs. 758/94 Valutazione: n° _____ Misure TOP: n° _____ DPI uditivi: n° _____ Sorv. San.: n° _____ Informazione-Formazione: n° _____ Altre (specificare) _____	
6.2. Disposizioni Valutazione: n° _____ Misure TOP: n° _____ DPI uditivi: n° _____ Sorv. San.: n° _____ Informazione-Formazione: n° _____ Altre (specificare) _____	
6.3. Segnalazioni ex art. 70 comma 4 del D. Lgs.81/08 in tema di vibrazioni riscontrate su macchine marcate CE	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No

CONCLUSIONI

L'uso delle check list, già largamente esteso in altri ambiti della vigilanza nei luoghi di lavoro, tra i quali edilizia, agricoltura, agenti cancerogeni, logistica, sicurezza stradale, macchine, va promosso e diffuso anche nell'ambito delle misure di tutela dei lavoratori esposti ad agenti fisici, peraltro trasversalmente presenti in tutti i settori lavorativi nonché negli ambienti di vita.

Si sottolinea l'opportunità della adozione di strumenti di controllo, sia in fase di vigilanza da parte degli ispettori della ASL e degli altri Enti, sia in fase di autovalutazione/supporto alla valutazione del rischio da parte dei DL delle varie organizzazioni, pubbliche e private, anche alla luce della complessità della materia.

Ciò richiede infatti adeguate conoscenze scientifiche dei fenomeni fisici da parte degli ispettori e dei "valutatori", considerata la variabilità delle sorgenti di rischio e le differenze tra i vari agenti fisici contemplati dal Titolo VIII del D.lgs. 81/08, che vanno necessariamente valutati/misurati con strumenti e metodi molto diversi tra loro.

Obiettivo comune è quello di garantire la tutela dei lavoratori, attraverso processi di valutazione del rischio adeguati sul piano tecnico-scientifico e completi di idonee misure di miglioramento nel tempo e di gestione del rischio, con la partecipazione di tutti i soggetti della prevenzione.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025
- [2]. Piano Regionale della Prevenzione 2021-2025 della Regione Emilia Romagna
- [3]. CHECKLIST DI AUTROCONTROLLO PER LE AZIENDE – SPISAL AULSS 9 SCALIGERA
- [4]. Portale Agenti fisici

UTILIZZO DI LISTE DI CONTROLLO PER L'ANALISI DEI DOCUMENTI DI VALUTAZIONE DEI RISCHI

Nicola Stacchini (1), Bernardo Angiolini (2), Andrea Bogi (1)

- (1) Azienda USL Toscana Sud Est Laboratorio di Sanità Pubblica – Siena
- (2) Università degli Studi di Siena – Corso di Laurea in Tecniche della Prevenzione nei Luoghi di Vita e di Lavoro

INTRODUZIONE

Il comma 1 dell'Articolo 181 del D. lgs 81/08 - Valutazione dei rischi, riporta: "il datore di lavoro valuta tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici in modo da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione con particolare riferimento alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi".

Gli organi di controllo durante le normali azioni di vigilanza hanno, fra gli altri compiti, anche quello di verificare la correttezza del Documento di Valutazione dei Rischi e della sua applicazione nelle attività aziendali.

Con l'obiettivo principale di fornire supporto sia a questa azione di vigilanza che all'attività di autovalutazione promossa verso le aziende, sono state estratte alcune liste di controllo a partire dai documenti contenenti le Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08 redatte dal gruppo tematico Agenti Fisici del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome. Tali liste riguardano in particolare i contenuti dei Documenti di Valutazione del Rischio ed hanno l'obiettivo di verificare la presenza degli elementi minimi ritenuti necessari per una corretta gestione del rischio.

In questo lavoro si presenta un'analisi effettuata sui documenti relativi a rumore, vibrazioni, radiazioni ottiche artificiali, campi elettromagnetici e microclima.

LE INDICAZIONI OPERATIVE DEL COORDINAMENTO TECNICO DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

La valutazione e la conseguente corretta gestione dei rischi fisici è normata dal D. lgs 81/08 al titolo VIII.

Per quanto riguarda la valutazione del rischio rumore, vibrazioni, radiazioni ottiche e campi elettromagnetici il decreto contiene metodiche specifiche di

valutazione ai fini della prevenzione degli effetti definiti nei rispettivi capi; ad esempio per quanto riguarda il rumore la metodica del capo II serve a proteggere i lavoratori dai rischi per l'udito (art. 187), per i campi elettromagnetici la metodica presente nel capo IV previene gli effetti biofisici diretti ed agli effetti indiretti noti (art. 206) come definiti all'art. 207. Tale fatto deve sempre essere considerato quando si effettua una valutazione del rischio in un contesto aziendale, dove invece le conseguenze dell'esposizione ad un dato agente fisico potrebbero esporre i lavoratori a rischi che non sono prevenuti applicando le metodiche presenti nel D. lgs 81/08, anche per i quattro agenti sopra citati. Un esempio per tutti è il disturbo da rumore, presente a livelli molto inferiori a quelli capaci di danneggiare l'udito, che può portare a conseguenze negative indirette anche gravi, ma che non può essere prevenuto applicando la metodica del L_{ex8h} .

I rischi fisici citati all'art. 180 che non hanno una metodica esplicitata nel D. lgs 81/08 vanno comunque valutati e sarà il datore di lavoro a definire criteri e metodiche per determinare le misure di prevenzione e protezione da mettere in atto.

A questo proposito, con riferimento a quanto indicato al comma 1 dell'Articolo 181 - Valutazione dei rischi, in cui è riportato che "il datore di lavoro valuta tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici in modo da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione con particolare riferimento alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi", per la valutazione del rischio ci si può riferire a norme tecniche, raccomandazioni di Organismi Protezionistici, di Enti e Associazioni a livello nazionale e internazionale.

Vista la complessità dell'argomento ed allo scopo di supportare tutti i soggetti coinvolti a vario titolo nel processo di valutazione e gestione dei rischi da agenti fisici, il gruppo tematico Agenti Fisici del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome ha pubblicato e continua ad aggiornare i documenti contenenti le Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08 (FAQ). Tali indicazioni, seppur non cogenti, rappresentano comunque metodiche che corrispondono ad un livello di protezione dei lavoratori da raggiungere in ogni caso, anche in caso di utilizzo di metodiche alternative scelte dal datore di lavoro.

CONTENUTI DEI DOCUMENTI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Tutti i documenti delle FAQ contengono nella sezione D "Gestione del rischio" precise indicazioni sui contenuti minimi della relazione tecnica e del documento di valutazione dei rischi redatto a partire da quest'ultima.

Per tutte le tipologie di rischio vi sono degli elementi comuni che devono essere presenti:

- Luogo e data della valutazione e firma dei responsabili.
- Caratterizzazione del luogo di lavoro con individuazione delle postazioni dove è presente il rischio. Questa informazione ha molteplici scopi: permettere l'individuazione delle possibili criticità presenti in azienda; fornire la possibilità, in fase di controllo, di ripetere le valutazioni/misure al fine di verificare la loro correttezza.
- Elenco delle sorgenti o (nel caso del microclima) delle postazioni presenti in azienda. Questa informazione deve essere sempre presente, anche nel caso che la valutazione si concluda con la dichiarazione di assenza di rischio.
- Elenco dei gruppi omogenei di lavoratori o delle mansioni che espongono ai diversi livelli di rischio. Ciò si rende necessario al fine di tarare sulle diverse categorie di lavoratori, sia le misure di prevenzione e protezione sia le esigenze di formazione ed eventualmente di sorveglianza sanitaria.
- Le misure di prevenzione e protezione da mettere in atto per le diverse categorie di lavoratori, che rappresentano l'obiettivo, spesso disatteso delle valutazioni del rischio.
- Il piano previsto per il miglioramento nel tempo delle condizioni di salute e sicurezza dei lavoratori.

Oltre a tali elementi comuni, ciascun documento indica elementi specifici che devono essere inseriti nei DVR. In particolare si riportano di seguito un estratto delle FAQ specifiche:

RUMORE: nella sezione Risultati delle misurazioni di rumore (L_{Aeq} , L_{Ceq} , $L_{picco,C}$) con incertezze di misura riferito a ciascuna sorgente/postazione di misura:

- Calcolo dei L_{EX} (giornalieri/settimanali) (nel caso di utilizzo criterio semplificato ex art. 191 non necessario il calcolo).
- Caratteristiche dei DPI-u da fornire ai diversi gruppi omogenei di lavoratori e valutazione dell'efficienza e dell'efficacia degli stessi nelle diverse modalità espositive (FAQ C.8) - Valutazione dell'effettivo rispetto dei VLE (per $L_{EX} > 87$ dB(A) / $L_{picco,C} > 140$ dB(C)) –
- Nella sezione Conclusioni.
- Quadro sinottico del rischio con i dati acustici - L_{EX} e $L_{C,picco}$ - dei lavoratori esposti ad oltre 80 dB(A) o 135 dB(C), con indicate le condizioni di rischio indicate all'art.190, comma 1 - rumori impulsivi, ototossici, vibrazioni; - Individuazione delle aree con $L_{Aeq} > 85$ dB(A) e/o $L_{picco,C} > 137$ dB(C)).
- Gli interventi che si propone siano messi in atto dall'azienda, con indicazione dei soggetti preposti all'attuazione ed al controllo degli stessi ed in particolare:

- Per qualsiasi valore di esposizione: le procedure di corretta installazione, manutenzione, impiego e gestione di ciascun macchinario e dei dispositivi di protezione collettiva, schermature etc. in relazione alla riduzione ed al controllo dell'esposizione a rumore presso le differenti aree di lavoro, inclusi i protocolli di manutenzione preventiva e periodica, se di interesse ai fini del controllo dell'esposizione a rumore, anche sulla base di quanto riportato nel manuale di istruzioni ed uso di ciascun macchinario;
- Nel caso di $L_{EX} > 85 \text{ dB(A)} / L_{picco,C} > 137 \text{ dB(C)}$:
 - Programma di interventi tecnici specifici per la riduzione del rischio rumore (vedi FAQ D.3).
 - Le caratteristiche tecniche specifiche dei DPI che si propone siano adottati nelle differenti condizioni espositive e per i diversi gruppi omogenei di lavoratori, le procedure di utilizzo degli stessi, le modalità di acquisto, sostituzione e manutenzione degli stessi.
 - Il piano proposto per il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza raggiunti.
 - Le procedure di acquisto, impiego e gestione del parco macchine, mirate alla riduzione del rischio rumore.
 - Le procedure per la segnalazione di condizioni di suscettibilità individuale da parte dei lavoratori; - Scadenza / periodicità della valutazione del rischio professionale da esposizione a rumore, in relazione all'entità del rischio riscontrato ed e delle misure di tutela predisposte.
 - Le eventuali carenze della Relazione Tecnica andranno successivamente superate nel Documento di valutazione del rischio; si raccomanda pertanto ai Datori di lavoro (responsabili del processo di valutazione) di esplicitare con chiarezza il mandato al personale qualificato (particolarmente se esterno) e di verificarne i contenuti della prestazione. Attività lavorative ove i valori di azione $L_{EX} 80 \text{ dB(A)}$ e $L_{picco,C} 135 \text{ dB(C)}$ non sono superati In questo caso le misurazioni del L_{Aeq} non sono obbligatorie.

VIBRAZIONI: si ricorda di inserire nella sezione Risultati della Relazione Tecnica (giustificazione, misure e/o calcoli), oltre agli elementi comuni ai differenti rischi anche altri elementi quali:

- Livelli di esposizione (dichiarati dal fabbricante e desunti dal manuale di istruzioni del macchinario, ovvero disponibili in banca dati PAF e/o misurati.
- Incertezze associate ai livelli di esposizione così disponibili.
- Nelle conclusioni insieme all'indicazione delle misure di prevenzione e protezione proposte vanno almeno riportati:

- I lavoratori esposti a rischio vibrazioni e i livelli di rischio identificati con riferimento ai VA- VLE previsti dal DLgs.81/2008.
- le specifiche condizioni espositive ove siano riscontrabili incrementi espositivi rilevanti.
- le caratteristiche dei DPI che si propone siano adottati nelle differenti condizioni espositive, le procedure di utilizzo degli stessi, le modalità di acquisto e manutenzione degli stessi.
- Presenza di cofattori di incremento del rischio Vibrazioni e modalità di controllo /gestione degli stessi (FAQ C.12).
- le procedure per la segnalazione di condizioni di suscettibilità individuale da parte dei lavoratori.

RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI

Nel caso siano effettuate misure:

Come riferimento non cogente possono essere usati i moduli pubblicati nel PAF nel capitolo "Documenti per la fornitura dati"; Nella FAQ si dettaglia quali dati dichiarare per caratterizzare l'esposizione dei lavoratori e per eventualmente poter ripetere in sede di verifica le misurazioni effettuate.

Nel caso vengano effettuate stime tramite calcoli:

- Software e/o algoritmi utilizzati completi dei dati di input.
- Norme tecniche, buone prassi, linee guida o altri documenti pertinenti a cui ci si è riferiti per l'effettuazione delle valutazioni e dei calcoli.

Risultati della Relazione Tecnica

- Tipologia di esposizione (UV/IR/Visibile) e durate limite espositive in assenza di DPI associati a ciascuno dei gruppi omogenei identificati, in relazione ai pertinenti VLE.
- Distanze di sicurezza.
- Incertezze associate ai livelli di esposizione utilizzati ai fini del confronto con i VLE (solo nel caso in cui siano state effettuate misure).
- La FAQ prevede che nelle conclusioni con indicazione delle misure di prevenzione e protezione proposte, oltre ad altre informazioni quali:
 - Le caratteristiche dei DPC e DPI che si propone siano adottati per le differenti condizioni espositive o mansioni omogenee, le procedure di utilizzo degli stessi, le modalità di acquisto e manutenzione degli stessi.
 - L'indicazione delle aree ove si riscontra il superamento dei VLE che necessitano di delimitazione e le modalità di delimitazione delle stesse delimitare ad accesso limitato; la segnaletica da apporre all'ingresso delle aree ad accesso limitato.
 - Presenza di fattori di criticità inerenti il possibile incremento del rischio ROA nel tempo e modalità di controllo /gestione degli stessi (es. sorgenti mobili, turn over personale, guasti sistemi sicurezza presenti etc.).

CAMPI ELETTROMAGNETICI:

Oltre alle parti comuni, fornire indicazioni inerenti le misure di tutela e le precauzioni da mettere in atto tratte da:

1. Banca dati CEM del Portale Agenti Fisici (allegare stampe pertinenti): queste devono essere prese in esame se presenti.
2. Manuale di istruzioni ed uso del costruttore (allegare estratto).
N.B. le indicazioni fornite dal costruttore -qualora presenti nel manuale- devono necessariamente essere prese in esame ai sensi dell'art. 209 comma 1 del D.lgs. 81/08.

Nel caso siano effettuate misurazioni, si possono utilizzare come traccia i moduli pubblicati nel Portale Agenti Fisici alla sezione “Documenti per la fornitura dati”; anche questa FAQQ dettaglia gli elementi minimi per descrivere in modo esaustivo le misurazioni effettuate.

Nel caso di valutazioni dosimetriche dovranno essere specificati:

1. Software e data-base anatomico utilizzato
2. Condizioni della sorgente nella modellizzazione.

Nel caso di stime di esposizione CEM irradiati nell’ambiente dovranno essere specificati:

1. parametri descrittivi della sorgente
2. condizioni di funzionamento
3. formule usate per la stima dei campi emessi
4. geometria espositiva utilizzata ai fini del calcolo.

MICROCLIMA: in questo caso vanno ad integrare la parte comune:

- Informazioni relative agli impianti di climatizzazione esistenti nei locali di lavoro e, se disponibili, parametri ambientali garantiti da progetto.
- Informazioni relative alle misurazioni (se eseguite) quali ad esempio:
 - identificazione delle postazioni di misura (con l’ausilio ad esempio di: layout aziendale, foto, descrizione, ecc.);
 - identificazione e caratteristiche della strumentazione utilizzata;
 - condizioni meteorologiche esterne durante l’effettuazione dei campionamenti;
 - ora, durata, intervallo di acquisizione delle grandezze ambientali;
 - esito dei campionamenti per ogni postazione.
- Caratterizzazione dei parametri personali in relazione a mansioni / compiti / ambiente termico considerato.
- Stima degli indici termici descrittivi correlati alla mansione/lavoratore
- Individuazione - ove necessario - delle misure di tutela e procedure di lavoro da adottarsi in condizioni microclimatiche critiche, in presenza di allerte meteo riscontrabili nell’ambiente di lavoro a seguito di eventi

saltuari e non ordinari che potrebbero incidere in modo critico sulle condizioni microclimatiche (guasti, manutenzioni, condizioni meteo eccezionali, ecc.)

- programma delle misure tecniche e/o organizzative che si adotteranno per eliminare o ridurre e tenere sotto controllo il rischio e garantire nel tempo il miglioramento della condizione espositiva; indicazione delle modalità, tempistiche e figure aziendali preposte all'attuazione del programma (vedi FAQ D.1).
- individuazione delle procedure di acquisto, manutenzione, sostituzione e collaudo dei sistemi di climatizzazione e di tutti gli apparati che possano avere influenza sulle condizioni microclimatiche dell'ambiente di lavoro

A partire dalle indicazioni specifiche per redigere il DVR, sono state estratte liste di controllo per ciascun rischio, da utilizzare per verificare la presenza degli elementi essenziali nei documenti esaminati.

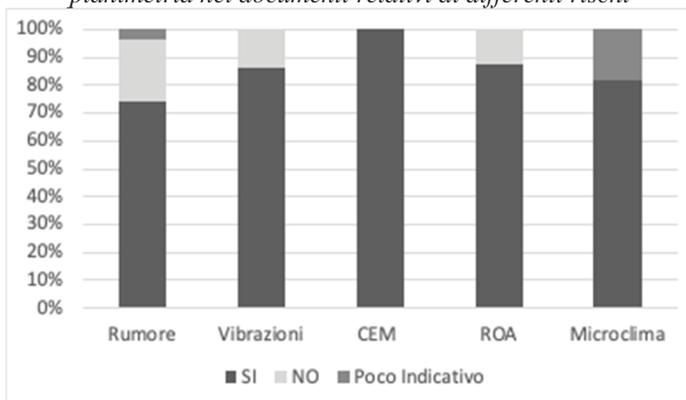
ANALISI DEI DOCUMENTI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Si riportano di seguito i risultati dell'applicazione delle liste di riscontro ai documenti di valutazione del rischio a disposizione.

Sono state analizzate 27 valutazioni del rischio rumore, 22 valutazioni del rischio vibrazioni, 8 valutazioni del rischio campi elettromagnetici, 8 valutazioni del rischio radiazioni ottiche artificiali e 11 valutazioni del rischio microclima, redatte dalle aziende negli ultimi 4 anni, nei comparti metalmeccanico, artigianale e dei servizi.

Si riportano in *Figura 1* i risultati dell'analisi dei documenti, divisi per rischio, per quanto riguarda la presenza delle informazioni sulla planimetria.

Figura 1 Risultati dell'analisi riguardo la presenza delle informazioni sulla planimetria nei documenti relativi ai differenti rischi



Come si vede per tutti i rischi analizzati c'è una percentuale rilevante di valutazioni che non contengono questo dato critico per definire le aree dove i

lavoratori possono essere esposti e per stabilire dove sono state effettuate le misurazioni.

Si riportano in Tabella 1 i risultati dell'applicazione della lista di controllo alle valutazioni del rischio rumore.

Tabella 1- analisi dei documenti di valutazione del rischio rumore utilizzando la lista di controllo estratta dalla FAQ D1 delle Indicazioni Operative

Estratto FAQ D.1 rumore	SI	NO	Poco Ind.
Presenza Data e firme	26	1	
Caratterizzazione luogo di lavoro	20	6	1
Planimetria	5	22	
Misure rumore	26	1	
Risultati delle misurazioni (L_{Aeq} , L_{Ceq} , $L_{picco,C}$) riferito a ciascuna sorgente/postazione	14	8	5
Caratterizzazione dei macchinari	19	4	0
Valutazione del rumore con LEX	23	4	
Uso del LEX	0	1	2
Calcoli del rumore con LEX	14	9	4
Caratteristiche DPI	18	4	5
Marco, modello e tipo DPI	12	13	2
Piano miglioramento sicurezza	1	9	17

Come già precedentemente visto, la planimetria è molto spesso assente; in generale mancano spesso i dati necessari a caratterizzare in modo efficace l'esposizione dei lavoratori, così come l'indicazione delle caratteristiche dei DPI necessari a proteggerli dalle sorgenti.

I risultati dell'applicazione della lista di controllo estratta dalle Indicazioni Operative per le valutazioni delle vibrazioni sono mostrati in Tabella 2 e Tabella 3.

Tabella 2 - analisi dei documenti di valutazione del rischio vibrazioni utilizzando la lista di controllo estratta dalla FAQ D2 delle Indicazioni Operative

Estratto FAQ D.2 vibrazioni	SI	NO	P.I.	n.a.
Luogo e data della valutazione	21	1	0	
Caratterizzazione del luogo di lavoro	19	3	0	
Distinzione fra vibrazioni mano braccio e corpo intero	15	3	4	
Censimento dei macchinari che espongono a vibrazioni	20	2	0	
Caratterizzazione delle condizioni di utilizzo dei macchinari	15	3	4	
Caratterizzazione delle condizioni di misura	8	6	7	1
Estratto FAQ D.2 vibrazioni	SI	NO	P.I.	n.a.
Incertezze associate ai livelli di esposizione	11	11		
Identificazione dei lavoratori esposti a rischio vibrazioni	19	3		
Procedure di corretta installazione e manutenzione del macchinario	2	5	15	
Caratteristiche dei DPI e/o dei sistemi di riduzione dell'esposizione	2	5	15	
Sono valutati i fattori di incremento del rischio	13	6	3	
Piano proposto per il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza raggiunti	0	7	15	

Si noti come in 7 relazioni non fosse sufficientemente chiaro o completamente assente l'informazione sulla tipologia di vibrazione analizzata: mano braccio o corpo intero.

Altri fattori critici sono la definizione delle condizioni di utilizzo dei macchinari e delle condizioni in cui sono state effettuate le misure. La mancanza di tali elementi ha delle importanti ripercussioni sull'affidabilità dei risultati ottenuti e sulla possibilità di ripeterli anche in relazione all'analisi dell'efficacia di azioni di miglioramento.

Gli ultimi elementi della lista di controllo, relativi alla fase di gestione del rischio ed agli interventi per minimizzarlo, mostrano una diffusa mancanza di attenzione a quella parte del DVR che stabilisce quali siano le misure di prevenzione e protezione da mettere in atto in azienda.

In Tabella 3 si analizza la presenza nei documenti dell'indicazione sull'origine dei dati utilizzati per valutare il livello di esposizione.

Tabella 3 - analisi dei documenti di valutazione del rischio vibrazioni: fonte dei dati di vibrazione

VIBRAZIONI	Metodi di misura misto	Misure	PAF	Dati produttore	Non Ind.	n.a.
Fonti informative dei singoli dati utilizzati per la valutazione dell'esposizione	1	10	2	1	1	

Come si vede nella quasi totalità dei casi è stato scelto di effettuare le misurazioni. Ciò comporta sicuramente un impiego di risorse notevole per effettuare una valutazione affidabile; parte di tali risorse in alcuni casi potevano probabilmente essere impiegate per la corretta gestione del rischio.

Per quanto riguarda il rischio di esposizione a campi elettromagnetici, i risultati sono mostrati in Tabella 4 e Tabella 5.

Tabella 4 - analisi dei documenti di valutazione del rischio da campi elettromagnetici utilizzando la lista di controllo estratta dalla FAQ D2 delle Indicazioni Operative

Estratto FAQ D.2 campi elettromagnetici	SI	NO	Poco Ind.
Luogo e data della valutazione	8		
Caratterizzazione del luogo di lavoro	8		
Caratteristiche delle sorgenti di campo - potenza e frequenza di emissione	8		
Posizioni di misura (layout)	3	2	
Metodiche di misura utilizzate (picco ponderato e confronto con limiti popolazione generale)	3	0	5
Elenco lavoratori professionalmente esposti / mansioni	7	1	
Delimitazione zona superamento livelli lavoratori e popolazione	5	2	1
Segnaletica da apporre ai fini della zonizzazione	5	2	1
Conclusioni con indicazione delle misure di prevenzione e protezione	8		

Come si può vedere in questo caso una delle criticità maggiori riguarda la metodica di misura utilizzata e l'effettuazione del confronto anche con i livelli di riferimento per la popolazione generale. Si noti che il primo elemento risulta necessario per una corretta valutazione del livello di esposizione dei lavoratori adibiti ad una sorgente rilevante di campi elettromagnetici ed è espressamente indicato nel D. lgs 81/08 per la valutazione degli effetti diretti di stimolazione. Invece il confronto con i limiti per la popolazione generale

risulta indispensabile per una corretta gestione del rischio, al fine di minimizzare il numero di lavoratori esposti, in accordo a quanto richiesto dal D. lgs 81/08.

Tabella 5 - analisi delle fonti dei dati utilizzati nei documenti relativi alla valutazione dei campi elettromagnetici

CEM	PAF	Dati Produttore	Misure
Fonti informative dei singoli dati utilizzati per la valutazione dell'esposizione	4	1	3

La Tabella 5 mostra come nel caso dei campi elettromagnetici l'utilizzo dei dati provenienti dal Portale Agenti Fisici e dai produttori sia più diffuso rispetto a quanto avviene ad esempio per le vibrazioni.

Purtroppo quello che ancora invece si nota è una mancanza completa della parte dei documenti di valutazione dei rischi dedicata all'esposizione a campi elettromagnetici. Si ricorda che anche in un ambiente dove sono presenti solo sorgenti giustificabili, si deve comunque effettuare la fase di censimento, che eventualmente si concluderà motivando la giustificazione con l'utilizzo dei dati provenienti da produttore, norme di prodotto, Portale Agenti Fisici, linee guida europee o altri documenti ritenuti affidabili.

In Tabella 6 e Tabella 7 sono mostrati i risultati delle analisi dei documenti di valutazione del rischio da radiazioni ottiche artificiali.

Analizzando i dati in Tabella 6 si conferma che la criticità maggiore anche nelle valutazioni del rischio da radiazioni ottiche artificiali risiede nella parte della gestione del rischio: definizione delle misure di prevenzione e protezione, caratterizzazione dei DPI e piano di miglioramento.

Si nota anche una scarsa informazione sulle condizioni in cui sono state effettuate le misure.

Per quanto riguarda invece la fonte dei dati utilizzati per redigere il documento (vedi Tabella 7), vi sono diversi casi in cui questa non era ben identificata, però si vede un utilizzo dei dati del Portale Agenti Fisici maggiore rispetto a quelli forniti dai produttori nei manuali d'uso e manutenzione. Questo fatto riflette in realtà una grave carenza di informazioni nei manuali redatti dai produttori che, nonostante si dichiarino conformi alle rispettive direttive di prodotto stabilite dall'Unione Europea e recepite dalla legislazione italiana, non forniscono le indicazioni sui rischi associati all'utilizzo dei loro prodotti e sulle procedure di corretto utilizzo per minimizzare i rischi.

Tabella 6 - analisi dei documenti di valutazione del rischio da radiazioni ottiche artificiali utilizzando la lista di controllo estratta dalla FAQ D2 delle Indicazioni Operative

Estratto FAQ D.2 radiazioni ottiche artificiali	SI	NO	Poco Ind.
Luogo e data della valutazione	8	0	0
Caratterizzazione del luogo di lavoro	7	1	0
Definizione delle principali caratteristiche delle sorgenti di radiazione ottica	8	0	0
Descrizione delle condizioni di utilizzo della sorgente	8	0	0
Mansioni dei lavoratori esposti per ragioni professionali o di gruppi omogenei	7	0	1
Indicazioni inerenti le misure di tutela da mettere in atto	8	0	0
Nel caso siano effettuate misure: descrizione delle condizioni di utilizzo della sorgente; caratteristiche della strumentazione di misura e riferimenti dell'ultima taratura	1	0	7
Descrizione della segnaletica da apporre ai fini della zonizzazione	7	1	0
Conclusioni con indicazione delle misure di prevenzione e protezione	0	0	8
Le caratteristiche dei DPI e/o dei sistemi di riduzione dell'esposizione	0	1	7
Il piano proposto per il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza raggiunti	0	8	0

Tabella 7 - analisi delle fonti di informazione utilizzate nei documenti di valutazione del rischio da radiazioni ottiche artificiali

ROA	Poco Ind.	Misure	Dati Produttore	PAF
Fonti informative dei singoli dati utilizzati per la valutazione dell'esposizione	6	1	1	6

Infine in Tabella 8 e Tabella 9 sono mostrati i risultati delle analisi dei documenti di valutazione del rischio microclima.

In questo caso le criticità sono presenti sia nella fase di valutazione del livello di esposizione dei lavoratori, a partire dalla scelta del criterio corretto con cui effettuare la valutazione, che nella fase di misura ed in quella della definizione delle misure di prevenzione e protezione. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che la diffusione della valutazione di tale rischio è relativamente recente, quindi in molti casi non vi è ancora sufficiente informazione ed esperienza per

effettuare una valutazione secondo quanto previsto dalle norme di buona tecnica.

Tabella 8 - analisi dei documenti di valutazione del rischio da radiazioni ottiche artificiali utilizzando la lista di controllo estratta dalla FAQ D2 delle Indicazioni Operative

Estratto FAQ D.2 Microclima	SI	NO	Poco Ind.
Data e firma	11	0	0
Identificazione delle postazioni di misura	9	0	2
Individuazione del Parametro di rischio utilizzato	8	0	3
Congruità del parametro di rischio utilizzato	8	3	0
Strumentazione utilizzata/metodo di calcolo	11	0	0
Indicazione delle condizioni meteorologiche esterne	4	7	0
Ora, durata, intervallo di acquisizione	2	4	5
Esito dei campionamenti per ogni postazione	10	0	0
Metodo di calcolo valutazione utilizzato	0	0	0
Parametri personali	5	2	3
Esposizione e definizione delle fasce di rischio	8	0	3
Misure di tutela da adottare per i lavoratori particolarmente sensibili	6	0	5
Individuazione delle misure preventive e protettive	4	0	7
Individuazione delle misure di tutela e procedure di lavoro da adottarsi in condizioni microclimatiche critiche, in presenza di allerte meteo riscontrabili nell'ambiente di lavoro a seguito di eventi saltuari e non ordinari che potrebbero incidere in modo critico sulle condizioni microclimatiche	4	0	7
Misure tecniche e/o organizzative che si adotteranno	4	0	7

Tabella 9 - analisi della fonte dei dati utilizzata per effettuare la valutazione

MICROCLIMA	Misure	PAF	Worklimate
Fonte dei dati utilizzati per la valutazione	10	0	1

Per quanto riguarda la fonte di utilizzo dei dati, mostrata in Tabella 9, i valutatori si sono affidati praticamente sempre alle misurazioni. Questo può anche essere dovuto al fatto che molte delle indicazioni presenti sul PAF e tutte quelle presenti sul portale Worklimate si riferiscono a valutazioni per ambienti esterni, mentre molte valutazioni analizzate sono relative ad ambienti interni.

CONCLUSIONI

Nel presente lavoro sono stati analizzati alcuni documenti di valutazione del rischio relativi a rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche e microclima, raccolti durante le normali azioni di vigilanza.

Per l'analisi si sono utilizzate liste di controllo estratte dalle rispettive FAQ delle Indicazioni Operative redatte dal gruppo tematico interregionale Agenti Fisici.

I risultati mostrano gravi carenze soprattutto nella fase di gestione del rischio, definizione delle misure di prevenzione e protezione da mettere in atto e piano di miglioramento delle condizioni di salute e sicurezza dei lavoratori.

Per la valutazione del livello di esposizione ai differenti rischi sono eseguite misurazioni ad hoc anche per quei rischi che potrebbero essere valutati utilizzando altre fonti di informazione. Questo comporta, quando non necessario, un maggior impiego di risorse che invece potrebbero essere devolute alla fase di gestione del rischio.

Si conferma la necessità di continuare l'azione di diffusione a tutti i livelli delle conoscenze necessarie alla corretta valutazione dei rischi, anche di quelli storici come il rumore e le vibrazioni. Tale conoscenza deve comunque entrare prima di tutto nel bagaglio culturale di chi effettua la vigilanza in modo da poter identificare le criticità nelle valutazioni del rischio aziendali e fornire le indicazioni corrette.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano i colleghi Medici e Tecnici della Prevenzione dell' U.F. Prevenzione Igiene e Sicurezza nei Luoghi di Lavoro dell' AUSL Toscana Sud Est di Siena e i colleghi del gruppo tematico Agenti Fisici del Coordinamento Tecnico Interregionale per la condivisione dei documenti analizzati.

BIBLIOGRAFIA

- Titolo VIII del D.Lgs. 81/2008 – “Agenti Fisici”.
- Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08 (Revisione 01:2021) del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome Gruppo Tematico Agenti Fisici.

RISCHIO DA STRESS TERMICO E L'UTILIZZO CONSAPEVOLE DEGLI INDICI DI ESPOSIZIONE

Alessandro Merlini, Daniele Meda, Andrea Pelizzoni, Gabriele Quadrio, Diego Rizzardini

CeSNIR srl, Villasanta (MB)

1 – INTRODUZIONE

Lo stress termico rappresenta un rischio significativo in numerosi ambienti di lavoro, con potenziali conseguenze sulla salute e la sicurezza dei lavoratori. Questo studio presenta il metodo sviluppato da CeSNIR per valutare tale rischio, focalizzandosi in particolare sullo stress da caldo.

L'approccio proposto si basa su una strategia derivata dalla UNI EN ISO 15265:2005, norma tecnica intitolata "Strategia di valutazione del rischio per la prevenzione dello stress o del disagio termico in condizioni di lavoro".

Nei convegni dBA 2018 e 2019, gli autori hanno anticipato l'intenzione di adottare questa strategia, e nel corso degli ultimi cinque anni hanno esplorato e collaudato diverse soluzioni, giungendo alla formulazione ritenuta più adeguata in termini di praticabilità, completezza e aderenza alle indicazioni normative.

Il fulcro della valutazione ruota intorno alla corretta scelta degli indici di esposizione e al loro miglior utilizzo. Se nel contesto non industriale gli indici di riferimento sono chiaramente quelli di comfort termico, nei contesti industriali l'adozione dei soli indici di stress termico potrebbe restituire una valutazione parziale. D'altra parte, alcuni ritengono che, salvo casi specifici, una valutazione del rischio microclima debba basarsi solo sugli indici di comfort termico.

Un'ulteriore questione aperta riguarda come accertare la mera presenza del rischio. Il D.Lgs 81/08, infatti, prescrive formazione e sorveglianza sanitaria per i lavoratori soggetti a qualsiasi rischio derivante da esposizione ad agenti fisici, ma non fornisce Valori Limite di Esposizione (VLE) o Valori di Azione (VA) per lo stress termico, come fatto invece per altri agenti fisici. Alla mancanza dei primi sopperisce la normazione tecnica (si vedano in proposito le norme sui metodi WBGT, PHS e IREQ) mentre sulla definizione di possibili valori di azione non si trovano indicazioni. Tuttavia, sono proprio questi ultimi che sono utili a individuare gli scenari in cui considerare il rischio presente (ancor prima di quantificarne l'entità) e dove prevedere pertanto di attivare almeno le iniziative base di prevenzione e protezione.

Il presente contributo interviene pertanto primariamente su questi aspetti:

- l'utilizzo ottimale degli indici di comfort e di stress termico nelle valutazioni del rischio da stress termico;
- la definizione di criteri per stabilire la presenza del rischio da stress termico;
- l'approccio alle valutazioni del rischio da stress termico da caldo quando le metodiche standardizzate (WBGT e PHS) non sono inapplicabili.

2 – PANORAMICA DEL QUADRO LEGISLATIVO DI RIFERIMENTO

Il legislatore tratta il microclima in tre titoli del D.Lgs 81/08: al Titolo II (*Luoghi di lavoro*), al Titolo VII (*Attrezzature munite di videoterminale*) e al Titolo VIII (*Agenti fisici*).

Il Titolo II si applica a tutti i luoghi di lavoro indistintamente e stabilisce i requisiti primari da soddisfare per contenere i disagi dei lavoratori. In questo titolo le prescrizioni sul microclima sono indirizzate a garantire che gli ambienti di lavoro rispettino specifici requisiti di ergonomia (come stabilito per l'illuminazione o il rumore). Non è prevista una valutazione di esposizione dei lavoratori ma una verifica sull'adeguatezza dell'ambiente di lavoro.

Il Titolo VII si rivolge invece ai *posti di lavoro al videoterminale* (uffici per lo più, ma anche sportelli, reception, ...) per i quali sono definiti specifici requisiti da rispettare in aggiunta a quelli definiti al Titolo II.

Il Titolo VIII prende in considerazione tutti i rischi derivanti da esposizione agli agenti fisici tra cui il microclima. Con questo titolo il legislatore intende definire le condizioni da rispettare per tutelare i lavoratori dagli effetti avversi riconducibili al microclima e, a tal fine, richiede una valutazione di esposizione allo stress termico.

Proponiamo di seguito una breve panoramica di quanto troviamo nei tre titoli appena citati.

2.1 – TITOLO II: REQUISITI MICROCLIMATICI DEI LUOGHI DI LAVORO CHIUSI

L'articolo 63 del D.Lgs 81/08 prescrive che i luoghi di lavoro devono essere conformi ai requisiti indicati nell'ALLEGATO IV.

In questo allegato, il legislatore non fornisce limiti in senso stretto, ma vincola il datore di lavoro a far sì che la temperatura dei locali al chiuso sia *adeguata all'organismo umano, tenuto conto dei metodi di lavoro e degli sforzi fisici imposti ai lavoratori* (punti 1.9.2.1) senza trascurare il *grado di umidità* e il *movimento dell'aria* (punto 1.9.2.2). Con specifico riferimento agli impianti di condizionamento o ventilazione stabilisce che questi non esponano i lavoratori a *correnti d'aria fastidiose* (punto 1.9.1.3). È poi puntuale anche nel

prescrivere che le pareti trasparenti non comportino *eccessivo soleggiamento dei luoghi di lavoro* (punto 1.9.2.4).

Questo livello di controllo sul microclima è difficilmente raggiungibile negli ambienti industriali a causa della presenza di macchine, dei processi produttivi che vi si svolgono e delle spesso amplissime volumetrie, così come, sempre a causa delle ampie volumetrie e del basso numero di addetti, è difficile ottenerlo negli spazi dedicati allo stoccaggio delle merci. Sembra pertanto ragionevolmente indirizzato a questi ambienti quel che il legislatore prevede al punto 1.9.2.5 dell'allegato IV ovvero: *qualora non sia conveniente raffrescare o riscaldare l'ambiente intero, si può e si deve ricorrere a sistemi localizzati di regolazione della temperatura e/o a mezzi personali di protezione.*

2.2 – TITOLO VII: REQUISITI MICROCLIMATICI DEI POSTI DI LAVORO AL VIDEOTERMINALE

Per i posti di lavoro al videoterminale, l'articolo 174 del D.Lgs 81/08, attraverso il richiamo all'Allegato XXXIV, aggiunge il requisito che le condizioni microclimatiche non devono essere causa di discomfort per i lavoratori. Inoltre, le attrezzature in dotazione al posto di lavoro non devono produrre un eccesso di calore che possa essere fonte di discomfort.

2.3 – TITOLO VIII: RISCHI DA STRESS TERMICO

L'articolo 181 del D.Lgs 81/08 sancisce che il datore di lavoro deve valutare tutti i rischi derivanti da esposizione agli agenti fisici, tra cui il microclima. Tuttavia, il decreto non definisce soglie di esposizione da rispettare per lo stress termico, a differenza di quanto fatto per altri agenti fisici.

Il Capo I del Titolo VIII enuncia i criteri generali della prevenzione e protezione dai rischi derivanti da esposizione a agenti fisici, che possono essere riassunti nei seguenti punti:

1. la valutazione dev'essere effettuata con periodicità non inferiore a quattro anni e dev'essere mantenuta aggiornata (art. 181, c. 2);
2. il datore di lavoro deve precisare quali misure di prevenzione e protezione devono essere adottate (art. 181, c. 3)
3. i rischi devono essere ridotti alla fonte o ridotti al minimo (art. 182, c.1);
4. le misure di riduzione dei rischi devono essere adattate alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio, incluse le donne in stato di gravidanza ed i minori (art. 183);
5. i lavoratori esposti e i loro rappresentanti devono essere informati e formati in relazione al risultato della valutazione dei rischi (art. 184);

6. per i lavoratori esposti ai rischi dev'essere svolta la sorveglianza sanitaria (art. 185).

2.4 – INTERPRETAZIONE E APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA SUL MICROCLIMA NEI LUOGHI DI LAVORO

Dalla lettura dei tre titoli II, VII e VIII emerge quindi che il microclima è declinato sia come *requisito ergonomico* da garantire ogni qual volta è possibile (Titolo II) ma, comunque, negli ambienti di lavoro con postazioni al videoterminale (Titolo VII), sia come *agente fisico* (Titolo VIII) nei confronti del quale attuare le necessarie misure preventive e protettive a tutela della salute. È pertanto utile adottare nomenclature differenti per distinguere i due casi ed è molto diffuso declinare il microclima come *comfort termico* nel primo caso e come *stress termico* nel secondo.

Si deve inoltre tenere conto che, negli ambienti di lavoro dove non si svolgono attività produttive, i lavoratori non possono essere considerati esposti ad agenti fisici. In questi casi, condizioni di discomfort termico, così come eventuali disagi dovuti a rumori o a vibrazioni eccessive, devono essere eliminati o comunque ridotti al livello più basso possibile e non risulta sufficiente il rispetto delle prescrizioni del Titolo VIII (che si devono intendere implicitamente rispettate). Si noti che analogo ragionamento vale per i campi elettromagnetici, nonostante questi non siano normalmente fonte di disagio percepibile; è previsto infatti che le esposizioni non specificatamente correlate ai compiti lavorativi dell'addetto, come nel caso di un impiegato di ufficio, siano da ricondurre entro i limiti previsti per la popolazione generica.

Tornando al microclima, gli ambienti di lavoro non produttivi sono pertanto assoggettati esclusivamente alle verifiche di comfort termico.

Gli ambienti di lavoro produttivi ricadono invece sotto l'egida del Titolo VIII e le verifiche di microclima devono necessariamente spingersi oltre il *comfort termico* estendendosi alla valutazione dello *stress termico*, così da consentire di determinare se i lavoratori siano esposti a condizioni di rischio per la salute.

3 – SORVEGLIANZA SANITARIA

Come raccomandato nel documento *Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08*, il Medico Competente tiene conto della presenza del rischio derivante dal microclima, soprattutto per quei lavoratori che, a seguito di alcune patologie preesistenti o condizioni individuali, possano risultare particolarmente sensibili allo specifico fattore di rischio (caldo/freddo).

La norma UNI EN ISO 12894:2002 "*Supervisione medica per persone esposte ad ambienti molto caldi o molto freddi*" fornisce indicazioni utili in merito alla

sorveglianza sanitaria negli ambienti severi. Ad esempio, suggerisce l'attivazione della sorveglianza sanitaria per valori dell'indice WBGT superiori a 25 °C o per temperature inferiori a 0 °C.

È prerogativa del medico competente valutare se attivare o meno la sorveglianza sanitaria, definendone le modalità e i tempi. Il medico competente dovrebbe inoltre:

- intervenire nella scelta e nelle indicazioni d'uso dell'abbigliamento di lavoro e dei DPI impiegati
- fornire indicazioni in merito alla dieta alimentare, alle modalità di assunzione delle bevande e sulla loro tipologia
- contribuire all'organizzazione dei turni di lavoro e delle pause di riposo in locali a temperatura idonea.

Questi interventi mirano a far ripristinare al soggetto le condizioni di neutralità termica, riducendo così il rischio di effetti avversi dovuti allo stress termico.

4 – SOGGETTI PARTICOLARMENTE SENSIBILI AL RISCHIO

Nel contesto della valutazione dell'esposizione ad un agente di rischio il datore di lavoro deve valutare in modo specifico il caso di soggetti con particolari sensibilità. Questo obbligo è richiamato in diversi punti del D.Lgs 81/08, tra cui l'articolo 183 relativo agli agenti fisici: *Il datore di lavoro adatta le misure di cui all'articolo 182 [Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi] alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio, incluse le donne in stato di gravidanza ed i minori.*

Per condurre un accertamento indirizzato verso tali soggetti, è possibile fare riferimento alla norma UNI EN ISO 28803:2012 “Applicazione di norme internazionali alle persone con speciali necessità”.

Questa norma puntualizza che le persone con requisiti speciali spesso non rientrano nell'ambito di applicazione della maggior parte degli standard internazionali. Questi, infatti, sono applicabili solo per le persone con caratteristiche specifiche che vengono spesso definite "normali" o "tipiche". La stessa 7933 (metodologia PHS, stress termico da caldo) precisa che rimane compito della medicina occupazionale valutare il rischio individuale, prendendo in considerazione le caratteristiche specifiche del soggetto. Queste comprendono corporatura, peso, età, genere ed altri eventuali fattori individuali o patologie che possono rendere il soggetto particolarmente sensibile al rischio.

La norma UNI EN ISO 28803:2012, al titolo 5 "Considerazioni relative alla progettazione e valutazione dell'ambiente termico", elenca i fattori che richiedono una specifica considerazione nell'esecuzione di una valutazione del microclima per soggetti con esigenze speciali.

Come già evidenziato, è compito del Medico Competente intercettare queste circostanze e contribuire a individuare le misure di prevenzione e protezione più adatte a tutelare questo tipo di soggetti.

5 – DEFINIRE E QUANTIFICARE IL RISCHIO DA STRESS TERMICO

Dalla lettura del D.Lgs 81/08 emerge che il legislatore non fornisce limiti per alcuna specifica grandezza termo-igrometrica, né fa riferimento a metodi di valutazione del microclima. Questo approccio differisce significativamente da quello adottato per altri agenti fisici, come il rumore o le vibrazioni, per i quali sono definiti precisi valori limite e metodi di valutazione.

Per quel che concerne i requisiti degli ambienti di lavoro, definiti al Titolo II e VII, il registro linguistico utilizzato dal normatore per il microclima è comune agli altri fattori come l'illuminazione e il rumore. Ad esempio, per l'illuminazione è stabilito che *i luoghi di lavoro devono essere dotati di dispositivi che consentano un'illuminazione artificiale adeguata per salvaguardare la sicurezza, la salute e il benessere di lavoratori* (Allegato IV); per il rumore è richiesto che quello *emesso dalle attrezzature presenti nel posto di lavoro non deve perturbare l'attenzione e la comunicazione verbale* (Allegato XXXIV).

All'interno del Titolo VIII, invece, il microclima è incluso in un contesto dove l'esposizione agli agenti fisici è normata attraverso un sistema articolato di limiti per i quali sono previsti precisi metodi di verifica.

Tuttavia, il microclima è solo elencato tra gli agenti fisici dei quali occorre prevedere una valutazione di esposizione, ma nessun limite o metodo di valutazione è richiamato a questo scopo.

Al fine però di garantire il rispetto dei precetti forniti al Capo I di questo titolo ed elencati poco sopra, diviene necessario dotarsi di metodi specifici per la corretta definizione e quantificazione del rischio, così da consentirne il controllo e tutte le azioni conseguenti: riduzione, formazione, sorveglianza sanitaria.

Risulta pertanto necessario individuare delle procedure che consentano di:

1. definire se il rischio da stress termico è presente; la mera presenza, a prescindere dall'entità, comporta infatti la necessità di attivare le prime misure di prevenzione protezione, ovvero l'informazione e la formazione dei lavoratori e la loro eventuale sorveglianza sanitaria.
2. Valutare l'entità dell'esposizione al rischio da stress termico per tutti i lavoratori, compresi i soggetti particolarmente sensibili al rischio. Questo è necessario innanzitutto per accertarsi che non vi siano pericoli nell'immediato o nel breve periodo; quindi, per stabilire se vi possano essere dei pericoli sul medio e lungo periodo e studiarne le

misure di riduzione, dopo aver individuato quelle di protezione per poter lavorare in sicurezza sin da subito.

Per rumore e vibrazioni la presenza del rischio è affidata alla verifica del superamento di limiti chiamati “Valori di Azione” (VA), mentre la quantificazione del rischio è evidentemente correlata all’entità di questo superamento. La tutela contro pericoli immediati è affidata invece alla verifica del rispetto di limiti denominati “Valori Limite di Esposizione” (VLE, denominazione comune a buona parte dell’igiene industriale per definire una soglia di esposizione invalicabile).

Per tutte quelle esposizioni che si trovano al di sopra dei valori di azione risulta necessario individuare delle misure di riduzione (immediate se si verifica anche il superamento dei valori limite di esposizione).

6 – I METODI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA STRESS TERMICO

Sul tema dei metodi di valutazione dello stress termico nei luoghi di lavoro esistono numerosi contributi tra gli atti dei precedenti convegni dBA. Diversi sono a cura degli scriventi (Merlino et al, 2015, 2019-1) e si rimanda a quelli per una disamina dettagliata delle metodologie di valutazione del microclima. Per quanto riguarda lo stress termico da caldo, due sono le principali metodologie di riferimento: WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) e PHS (Predicted Heat Strain). La prima, definita dalla norma UNI EN 7243:2017, è considerata un metodo di screening, accessibile anche a valutatori non esperti. La seconda, descritta nella norma UNI EN ISO 7933:2023, rappresenta invece un approccio più analitico e dettagliato, da applicare quando i livelli di riferimento del WBGT risultano superati e richiede l'intervento di personale esperto.

Per la valutazione dello stress termico da freddo, il riferimento principale è la norma UNI EN ISO 11079:2008, che utilizza l'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) come parametro chiave per determinare e interpretare lo stress termico in condizioni di basse temperature.

7 – STRESS DA CALDO IN CONDIZIONI DI NON APPLICABILITÀ DELLE METODICHE STANDARDIZZATE

I due metodi illustrati più sopra per la valutazione di stress termico da caldo presentano alcune limitazioni. Ad esempio, sia il WBGT che il PHS assumono che l'abbigliamento indossato dai lavoratori consenta l'efficacia di tutti i meccanismi di scambio termico tra uomo e ambiente. Inoltre, il PHS ha un intervallo di applicabilità limitato ai casi in cui l'isolamento termico dell'abbigliamento non supera 1 clo, rendendo entrambi i metodi inadatti per situazioni in cui è necessario l'utilizzo di abbigliamento protettivo specifico.

Per far fronte a queste limitazioni, sono stati sviluppati approcci alternativi. Un esempio interessante è il metodo elaborato da Mark J. Buller nel 2013, che utilizza la frequenza cardiaca come indicatore indiretto della temperatura corporea interna. Questo approccio, pur non sostituendo completamente la misura diretta della temperatura corporea, offre un'indicazione operativa sufficientemente accurata della sollecitazione termica del personale nei luoghi di lavoro.

In CeSNIR lo abbiamo applicato sperimentalmente nelle estati 2018 e 2019 e dal 2020 lo abbiamo introdotto all'interno della nostra pratica di igienisti (Merlino et al., 2019-2).

In questo caso si giunge ad una valutazione riferibile solo allo specifico addetto, con l'implicazione che ne va eseguita una per ognuno dei soggetti esposti, ma con il vantaggio di ottenere un esito che tiene conto di alcune specificità del singolo.

8 – I LIMITI PER LO STRESS TERMICO

La definizione dei limiti per lo stress termico rappresenta un altro aspetto cruciale. Mentre per l'esposizione al caldo i limiti definiti dal metodo PHS per la temperatura corporea interna e la perdita di liquidi tramite sudorazione sono generalmente accettati come Valori Limite di Esposizione (VLE), la situazione è meno chiara per quanto riguarda la definizione di una soglia che indichi la presenza di un rischio, seppur minimo.

L'indice WBGT nasce proprio con l'obiettivo di individuare le condizioni di presenza del rischio, ma si tratta di un indicatore troppo grossolano (per quanto prudente) per essere adottato alla stregua di un valore di azione. Inoltre, si deve ricordare che la sua definizione risale alla metà del secolo scorso con l'obiettivo di individuare i contesti nei quali le reclute militari delle forze armate statunitensi si potevano trovare in condizioni di rischio per il troppo caldo. Non pare pertanto adatto a definire la soglia sotto la quale poter considerare trascurabile il livello di rischio.

Analogamente, per lo stress termico da freddo, i limiti definiti dalla metodica IREQ sono adottabili come VLE, ma rimane da stabilire un metodo per determinare se un lavoratore sta operando in condizioni di rischio per la salute dovute all'esposizione al freddo, pur nel rispetto di questi limiti.

In sostanza, appare intuitivo quali soglie assurgere a VLE (Valore Limite di Esposizione) sia per lo stress termico da caldo che per lo stress termico da freddo, mentre non è chiaro come stabilire se esistano o meno condizioni di rischio anche minime.

Va ricordato che la definizione di quest'ultima soglia è fondamentale per poter definire una corretta strategia di controllo del rischio, nonché per stabilire se debbano essere intraprese le basilari misure di prevenzione e protezione quali l'informazione e la formazione dei lavoratori e la loro sorveglianza sanitaria.

9 –STRESS TERMICO PRESENTE O ASSENTE?

Un contributo nella definizione del metodo da utilizzare per stabilire se per un lavoratore o una lavoratrice vi siano condizioni di rischio derivanti da stress termico che, ancorché basse, richiedano l'adozione delle prime misure di prevenzione e protezione, proviene da un'altra norma tecnica, spesso trascurata nelle pratiche di igiene industriale, ma già citata in un precedente lavoro degli autori (Merlino et all., 2019-2), ovvero la UNI EN ISO 15265:2005 intitolata *Strategia di valutazione del rischio per la prevenzione dello stress o del disagio termico in condizioni di lavoro*.

Questa norma prevede una classificazione del rischio che individua nove possibili categorie (cfr. tabella 7 nella norma, riportata anche qui sotto). Queste spaziano da quella in cui, a causa del freddo, si hanno tempi limite di permanenza inferiori ai 30 minuti, a quella in cui lo stesso tempo limite è dettato dall'eccessivo caldo.

Appare evidente che il normatore ha individuato nell'intervallo (-2, +2), definito per l'indice di comfort termico PMV (UNI EN ISO 7730), il modo di discriminare condizioni di microclimatiche che possono essere possibile causa di discomfort, da quelle che possono essere possibile causa di stress e quindi rischio per la salute.

Questo, secondo il parere degli scriventi, colma la lacuna della mancanza di *valori di azione* per l'agente fisico microclima e consente di individuare le situazioni espositive che si devono considerare di rischio per i lavoratori.

Ci eravamo già espressi in tale senso (Merlino et all., 2019-2) e oggi possiamo confermarlo, forti di diversi anni di applicazione di questo metodo senza riscontrarne contraddizioni o limiti.

Per completezza riportiamo qui sotto i criteri con i quali gli scriventi stabiliscono se il lavoratore o la lavoratrice presa in esame si trovano in condizioni di rischio:

- sei valori di PMV risultano inferiori a (-2) per il freddo e superiori a (+2) per il caldo;
- se svolgono compiti lavorativi in *ambienti vincolati*.

Si ricorda che la definizione di ambiente vincolato è la seguente: *ambienti nei quali esistono vincoli, in primo luogo sulla temperatura e sulle altre quantità ambientali, ma anche sull'attività metabolica e sul vestiario, in grado di pregiudicare il raggiungimento di condizioni di comfort*. (INAIL, 2018).

Il secondo criterio è strettamente necessario soprattutto per gli ambienti freddi, nei quali l'abbigliamento indossato dai lavoratori e dalle lavoratrici consente di norma di rispettare il limite inferiore di -2 per l'indice PMV; tuttavia, si tratta di un abbigliamento che dev'essere considerato alla stregua di un DPI (anche quando non lo è strettamente), perché è selezionato *ad-hoc* per

contrastare condizioni termiche di freddo e questo che conferma che le condizioni di esposizione devono essere considerate di rischio per la salute.

Tabella 1: *Classi di rischio secondo la UNI EN ISO 15265*

class	criteria
immediate constraint	$DLE < 30 \text{ min}$
constraint in the short term	$I_{clr} < IREQ_{min}$ and $DLE < 120 \text{ min}$
constraint in the long term	$PMV < -2$ and $IREQ_{min} \leq I_{clr} \leq IREQ_{neutral}$
cold discomfort	$-2 \leq PMV < -0.5$
comfort	$-0.5 \leq PMV \leq +0.5$
warm discomfort	$+0.5 < PMV \leq +2$
constraint in the long term	$DLE < 480 \text{ min}$
constraint in the short term	$DLE < 120 \text{ min}$
immediate constraint	$DLE < 30 \text{ min}$

10 – IL METODO DI LAVORO

Il metodo che abbiamo approntato per le nostre valutazioni del rischio da stress termico, elaborato sulla scorta di tutte le considerazioni espresse sopra, si appoggia innanzitutto sulla tabella delle classi di rischio della UNI EN ISO. Questa classificazione utilizza l'indice PMV per valutare il comfort termico, suddividendolo in tre intervalli: comfort (-0.5, +0.5), discomfort da freddo (-2, -0.5) e discomfort da caldo (+0.5, +2)

Quando l'indice PMV rientra nell'intervallo di comfort, l'esposizione è considerata sotto controllo e non richiede ulteriori interventi. Tuttavia, quando l'indice PMV si colloca al di fuori di questo intervallo, si delineano diverse strategie di azione.

Per gli ambienti non produttivi, soggetti esclusivamente a verifica di comfort termico, si devono cercare misure di miglioramento per riportare le condizioni microclimatiche entro l'intervallo di comfort nel medio periodo.

Per gli ambienti produttivi e vincolati, soggetti anche alle verifiche di stress termico, il processo di valutazione si articola in base al valore dell'indice PMV:

1. Se l'indice PMV si colloca entro l'intervallo (-2, +2), si considerano presenti condizioni di discomfort microclimatico, ma non di stress termico.
2. Se l'indice PMV si colloca al di fuori dell'intervallo (-2, +2), si procede con la determinazione degli indici di stress termico appropriati (WBGT per il caldo e IREQ per il freddo). In questi casi, si calcolano anche le durate limite di esposizione (DLE) da confrontare con gli effettivi tempi di esposizione. Per lo stress termico da freddo si utilizza la procedura IREQ, mentre per lo stress termico da caldo si impiega la procedura PHS.
3. Quando la durata limite di esposizione risulta inferiore alla durata nominale di un turno lavorativo, si esegue una valutazione aggiuntiva per considerare l'effetto dello stress termico in caso di esposizioni ripetute e/o combinate, al fine di valutarne l'eventuale effetto cumulativo.

È importante notare che la norma UNI EN ISO 7933 (metodologia PHS) considera gravi le esposizioni con durate limite inferiori a 30 minuti, richiedendo un riesame con metodi più sofisticati, come il monitoraggio dei parametri fisiologici.

Gli scriventi considerano presente il rischio da stress termico in qualunque ambiente vincolato o quando l'indice PMV si colloca al di fuori dell'intervallo (-2, +2) a prescindere dalla valutazione sulla Durata Limite di Esposizione (da utilizzarsi per definire l'entità del rischio). Classifichiamo queste situazioni con la dicitura aggiuntiva "thermal risk".

In casi di stress termico molto elevato, potrebbe essere necessario passare alla fase "expertise" definita dalla norma 15265, che richiede il supporto di personale altamente specializzato e l'impiego di tecniche di misurazione sofisticate, come il monitoraggio dei parametri fisiologici.

11 – ESEMPI

Nella tabella che segue, per 12 ipotetici scenari espositivi, sono pubblicati gli esiti del calcolo degli indici PMV e WBGT, oltre che della DLE (Durata Limite di Esposizione) calcolata, queste ultima, mediante procedura PHS.

I primi quattro scenari mostrano esiti con valori di PMV prossimi a +2. Si osserva che il primo superamento dell'indice WBGT si verifica con un PMV di +2.08, ma solo per soggetti non acclimatati. Tuttavia, il calcolo della DLE tramite PHS indica un valore inferiore a 480 minuti (durata nominale di un turno di lavoro) sia per soggetti acclimatati che non acclimatati.

Per quanto riguarda l'indice WBGT, i primi superamenti del limite per soggetti acclimatati si registrano quando l'indice PMV supera +3. Nonostante i due indici non dipendano dallo stesso numero di variabili, ulteriori analisi suggeriscono che sia molto improbabile che questo superamento possa verificarsi prima.

Un aspetto interessante emerge nell'ottavo scenario, dove si ottiene una DLE significativamente inferiore a 480 minuti, anche con un valore dell'indice WBGT al di sotto dei limiti (un fenomeno simile, ma meno evidente, si verifica anche nel quinto scenario). È importante notare che la norma 15265 prevede il calcolo della DLE quando l'indice PMV supera +2, indipendentemente dal valore assunto dall'indice WBGT.

Tabella 2: esiti su 12 scenari espositivi ipotetici

progressivo	metabolismo (met)	isolamento termico (clo)	T aria (°C)	T globoterm. (°C)	velocità aria (m/s)	RH (%)	T media radiante (°C)	T bulbo umido (°C)	PMV	WBGT	limite acclimatati	limite non acclimatati	DLE acclimatati	DLE non acclimatati
01	1.5	0.70	30.0	31.0	0.3	50	29.6	22.0	1.85	24.7	31.2	28.6	> 480	> 480
02	1.5	0.70	31.0	31.0	0.3	50	31.0	23.0	1.94	25.4	31.2	28.6	> 480	> 480
03	1.5	0.70	30.0	32.0	0.3	50	34.1	22.0	2.02	25.0	31.2	28.6	> 480	> 480
04	2.0	0.70	30.0	30.0	0.3	70	30.0	26.0	2.08	27.2	29.7	26.8	400	400
05	1.5	0.70	25.0	35.0	0.3	50	44.8	17.0	2.11	22.4	31.2	28.6	471	471
06	2.5	0.70	30.0	30.0	0.3	70	30.0	26.0	2.49	27.2	28.6	25.5	465	465
07	2.5	0.70	31.0	31.0	0.3	50	31.0	23.0	2.58	25.4	28.6	25.5	> 480	> 480
08	2.5	0.70	29.0	35.0	0.3	50	41.0	21.0	2.88	25.2	28.6	25.5	425	425
09	2.5	0.70	30.0	35.0	0.3	50	40.0	22.0	2.99	25.9	28.6	25.5	415	415
10	1.5	0.70	35.0	35.0	0.3	70	35.0	30.0	3.25	31.5	31.2	28.6	168	104
11	2.0	0.70	35.0	35.0	0.3	70	35.0	30.0	3.32	31.5	29.7	26.8	86	64
12	2.5	0.70	35.0	35.0	0.3	50	35.0	27.0	3.52	29.4	28.6	25.5	328	196

12 – CONCLUSIONI

Riteniamo che una strada percorribile con efficacia per eseguire una valutazione del rischio da stress termico debba utilizzare sia indici di comfort che di stress termico. Tuttavia, per il primo (PMV) è necessario fare riferimento a delle soglie che, invece di limitarsi a individuare gli ambienti dove il comfort è raggiunto, consentano di definire un confine tra la regione del discomfort e quella del rischio per la salute. Nel contesto produttivo,

perseguire il comfort rischia infatti di essere un obiettivo utopistico (Merlino et al, 2019-1, 2022), mentre l'attenzione va focalizzata sulla corretta definizione e quantificazione del rischio, così da poter delineare concrete e perseguibili misure di riduzione, sia per i soggetti in normali condizioni di salute che per quelli con particolari sensibilità.

La strategia che abbiamo adottato si basa sulla norma UNI EN ISO 15265:2005 che individua nell'intervallo (-2, +2) il range di valori che può assumere l'indice PMV prima che si concretizzi una situazione di rischio anche minimo.

Nelle nostre valutazioni utilizziamo pertanto questo intervallo alla stregua di un *valore di azione*, ovvero identifichiamo come a rischio di stress termico tutti quegli scenari espositivi nei quali il PMV assume valori esterni a questo intervallo. Identifichiamo nello stesso modo anche tutti i lavoratori che operano in ambienti *vincolati* che risultano esposti al rischio anche con valori di PMV interni a tale intervallo.

Come previsto dalla 15265:2005, per quantificare l'entità del rischio da stress termico da caldo, oltre a calcolare l'indice WBGT, determiniamo la DLE (Durata Limite di Esposizione) di ciascun compito tramite la metodologia PHS¹ che sarà da confrontare con l'effettiva durata del compito lavorativo per stabilire se e quali misure di prevenzione e protezione intraprendere.

L'applicazione sul campo di questo metodo ci permette di raggiungere due obiettivi: il primo è quello di essere efficaci, ovvero restituire dati capaci di discriminare bene tra le situazioni non a rischio e quelle con presenza di rischio e di restituire un dettagliato spettro dell'entità del rischio, dove questo è presente.

Il secondo è quello di dotare il datore di lavoro di uno strumento concreto per la gestione del rischio in azienda e non un mero test pass/failed.

Desideriamo concludere ricordando l'importanza di gestire le esposizioni di eventuali soggetti particolarmente sensibili al rischio con una valutazione *ad-hoc*. In questi casi sarà l'intervento del medico competente ad essere risolutivo ma potrebbe essere di aiuto che la comunità scientifica elabori un indice che consentisse di individuare queste situazioni espositive, oppure una nuova soglia per gli indici di cui disponiamo già.

¹ Questa metodologia prevede di calcolare il tempo entro il quale la temperatura rettare o i liquidi persi per sudorazione raggiungono i rispettivi limiti. La DLE è pari al minimo dei due.

13 – BIBLIOGRAFIA

UNI EN ISO 12894:2002 *Ergonomia degli ambienti termici - Supervisione medica per persone esposte ad ambienti molto caldi o molto freddi*

UNI EN ISO 15265:2005 *(Strategia di valutazione del rischio per la prevenzione dello stress o del disagio termico in condizioni di lavoro)*

UNI EN ISO 7730:2006 *“Ergonomia degli ambienti termici – Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere locale”.*

UNI EN ISO 11079:2008 *Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione ed interpretazione dello stress termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale.*

UNI EN ISO 28803:2012 *Ergonomia degli ambienti fisici - Applicazione di norme internazionali alle persone con speciali necessità*

UNI EN ISO 7243:2017 *Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)*

UNI EN ISO 7933:2023 *Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile*

INAIL (2018-07) *La valutazione del microclima*

Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome in collaborazione con INAIL e ISS (2021-07) *Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08. Revisione 01 approvata il 21/07/2021.*

M. J Buller et al. (2013) *Estimation of human core temperature from sequential heart rate observations*, *Physiological Measurement*, 34, 781-798

A. Merlino, G. Gambino, G. Quadrio (2015) *Aspetti operativi della misurazione del microclima: dove, quando e quanto monitorare. Interpretazione e valorizzazione dei singoli parametri*, relazione a invito, atti del convegno dBA 2015 (Modena, 27 maggio 2015); 71 - 90

A. Merlino, G. Gambino, G. Quadrio (2018) *Valutazione dello stress termico per lavoratori sottoposti ad alti carichi, in regime di non applicabilità delle metodiche WBGT e PHS*, atti del convegno nazionale dBA 2018 (Bologna, 17 ottobre 2018)

A. Merlino, G. Gambino, D. Meda, G. Quadrio (2019) *Strategie di valutazione del microclima negli ambienti produttivi e assimilabili*, atti del convegno nazionale dBA 2019 (Bologna, 17 ottobre 2019)

A. Merlino, G. Gambino, D. Meda, G. Quadrio (2019) *Accertamenti di stress termico mediante monitoraggio della frequenza cardiaca degli esposti*, atti del convegno nazionale dBA 2019 (Bologna, 17 ottobre 2019)

A. Merlino, G. Gambino (2022) *Sulla definizione di salute e sulle ricadute per l'igiene occupazionale*, atti del 38° Congresso Nazionale di Igiene Industriale e Ambientale AIDII (Cagliari, 22 – 24 giugno 2022)

PREVENZIONE E PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE AL RADON NEI LUOGHI DI LAVORO: LE NOVITÀ DEL PNAR

Rosabianca Trevisi

DiMEILA, INAIL Settore Ricerca (Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro) Monteporzio Catone (Roma)

PREVENZIONE E PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE AL RADON INDOOR SECONDO IL DLGS101/2020

Con la pubblicazione del Decreto Legislativo n. 101/2020 (DLgs101/2020) il quadro legislativo inerente la protezione della popolazione e dei lavoratori dai rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti [1] è stato fortemente modificato. Inoltre, nel 2022 il Decreto Legislativo n. 203/2022 (DLgs203/2022) [2] ha apportato ulteriori modifiche.

In relazione alla protezione dall'esposizione al radon, l'attuale sistema regolatorio adotta un approccio in forte discontinuità rispetto al passato. In primis, nel campo di applicazione, la protezione del radon indoor viene regolata sia rispetto ai luoghi di lavoro (come in precedenza) che alle abitazioni (prima esplicitamente escluse).

A garanzia di un approccio coerente ed uniforme rispetto alla protezione dal radon, nel Capo I del Titolo IV del DLgs101/2020, sono state inserite delle disposizioni generali. L'adozione di un Piano d'Azione Nazionale per il Radon (PNAR) nell'art.10, l'individuazione di aree prioritarie per il radon nell'art.11, i livelli di riferimento per gli ambienti di vita e per gli ambienti di lavoro nell'art.12. Inoltre, anche la creazione di un unico portale (nel database SINRAD, gestito da ISIN, la sezione dedicata al radon), che raccoglie i dati di tutte le misurazioni di radon indoor.

In relazione ai livelli di riferimento per gli ambienti di vita e per gli ambienti di lavoro, dalla tabella 1 si evince che l'art.12 introduce per gli ambienti di vita una misura di prevenzione, nel senso che fin dall'emanazione del decreto (nel 2020) è previsto che dal 1° gennaio 2025 le nuove abitazioni debbano riferirsi ad un valore di concentrazione di attività di radon più basso, pari a 200 Bq/m³ invece di 300 Bq/m³.

Questa disposizione ha fatto sì che in questi anni i progettisti abbiano potuto prevedere misure preventive "anti-radon" già in fase di progettazione. Un

abbassamento del livello di riferimento per le nuove abitazioni è giustificato anche dal fatto che il tempo di permanenza degli occupanti è di gran lunga maggiore (7000 ore/anno) rispetto ai luoghi di lavoro (2000 ore/anno) quindi l'abitazione è la situazione in cui l'individuo è soggetto ad una maggiore esposizione al radon.

Tabella 1: livelli di riferimento per il radon negli ambienti di vita e negli ambienti di lavoro, espressi in termini di valore medio annuo della concentrazione di attività di radon in aria (art.12 del D.Lgs.101/2020 e smi)

Ambienti di vita	<ul style="list-style-type: none"> • 300 Bq·m⁻³ per le abitazioni esistenti • 200 Bq·m⁻³ per abitazioni costruite dopo il 31dicembre 2024.
Ambienti di lavoro	<ul style="list-style-type: none"> • 300 Bq·m⁻³ per i luoghi di lavoro; • 6 mSv come dose efficace annua, nelle situazioni di cui all'articolo 17, comma 4

PIANO NAZIONALE D'AZIONE PER IL RADON (PNAR)

Come accennato, una delle maggiori novità dell'attuale sistema di radioprotezione è affrontata nell'articolo 10, che, come prevedeva l'art.103 della Direttiva 59/2013/EURATOM, disciplina l'obbligo di dotarsi di un Piano Nazionale d'Azione per il Radon (PNAR) per ridurre i rischi di lungo termine dovuti all'esposizione al radon. I contenuti del Piano sono indicati nell'articolo 10 e dettagliatamente descritti nell'Allegato III.

Con il Decreto interministeriale del 15 marzo 2021 (Ministero della salute e Ministero dell'Ambiente) è stato istituito il gruppo di lavoro incaricato di redigere una proposta di PNAR: questo gruppo vedeva la partecipazione di esperti designati dalle amministrazioni (Ministeri), dagli enti centrali (ISS; ISIN e INAIL) e dalle Regioni. Dopo un complesso iter di approvazione, il testo finale del Piano è stato pubblicato con il Decreto della Presidenza del Consiglio dei ministri del 11 gennaio 2024 [3].

Il PNAR, quindi, è un programma di quanto occorre realizzare nel decennio 2023-2032 in diversi ambiti, già richiamati nell'art.10 e nell'Allegato III del D.Lgs101/2020, per ridurre i rischi a lungo termine connessi all'esposizione al radon. Nell'attuazione di questo obiettivo generale, si tiene conto anche delle indicazioni provenienti dalle principali organizzazioni internazionali (WHO e IAEA).

[Infatti, in particolare, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) già nella pubblicazione "WHO Handbook on Indoor Radon – A Public Health Perspective" (2009) [4] raccomandava che le politiche nazionali sul radon focalizzassero l'attenzione sull'identificazione delle aree geografiche in cui le

popolazioni sono maggiormente a rischio di esposizione e sulla sensibilizzazione dell'opinione pubblica sui rischi provocati dal radon alla salute.

Di contro, l'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (IAEA), nella pubblicazione *“Protection of the Public against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation”* (2015) [5], suggeriva di utilizzare la riduzione della concentrazione di radon negli edifici come “indicatore” per stimare il successo di un programma d'azione per il radon sulla base.

Il Piano Nazionale d'Azione per il Radon (PNAR) agisce su tre macroaree strategiche (**Assi**), declinate in azioni, a loro volta articolate in attività, e supportate da diverse Appendici.

Come già anticipato, le azioni indicate dal Piano mirano a ridurre il numero dei casi di tumore polmonare causati dall'esposizione al radon e ai suoi prodotti di decadimento. Per raggiungere questo obiettivo, è basilare che:

- siano individuati luoghi di lavoro e abitazioni con elevata concentrazione di radon (nel Piano si prende in considerazione una riduzione diffusa della concentrazione di radon negli edifici con concentrazione superiore ai 200 Bq/m³, dando la priorità a quelli che superano i 300 Bq/m³, ma agendo anche su concentrazioni minori);
- si adottino misure per prevenire e ridurre la concentrazione di radon indoor.

La realizzazione del Piano è costantemente monitorata da un organismo appositamente creato, una “cabina di regia” denominata *“Osservatorio nazionale radon”*, al quale partecipano le amministrazioni competenti in materia e che verifica i risultati delle iniziative assunte in attuazione del Piano stesso.

L’*“Osservatorio nazionale radon”* ha la funzione di garante per i cittadini e per gli amministratori, assicura la diffusione delle informazioni sullo stato di attuazione delle azioni del Piano, provvede alla promozione di esempi virtuosi e di situazioni territoriali di eccellenza, ed infine cura la verifica dell'avanzamento progressivo e uniforme delle misure programmate. L'Osservatorio, inoltre, ha il compito di valutare la possibilità di una revisione sia dei criteri di individuazione delle aree prioritarie sia dei livelli di riferimento.

Il Piano è aggiornato con una cadenza almeno decennale ma l’*“Osservatorio nazionale radon”* ha la possibilità di ridurre la durata del Piano stesso o di rimodularlo sulla base delle valutazioni e delle esigenze.

Per dare organicità agli argomenti trattati, il PNAR è stato articolato in 3 Assi, ciascuno contrassegnato da un verbo all'infinito, e si articola in un numero di Azioni:

Asse 1: **Misurare**: individuazione delle situazioni di maggiore esposizione (7 Azioni)

Asse 2: **Intervenire**: strumenti per la prevenzione e riduzione della concentrazione di radon indoor (8 Azioni)

Asse 3: **Coinvolgere**: informazione, educazione, formazione e divulgazione (5 Azioni).

Per quanto attiene l'Asse 1: *Misurare*, lo scopo principale è individuare le aree prioritarie attraverso la caratterizzazione omogenea dell'intero territorio nazionale e individuare le attività lavorative, i luoghi di lavoro e gli edifici esposti a maggior rischio.

Gli aspetti occupazionali sono trattati, in particolare, nell'Azione 1.3 *"Individuazione delle tipologie di luoghi di lavoro, di attività lavorative e di edifici con accesso del pubblico a maggior rischio"*. La realizzazione di questa azione si realizza attraverso alcune attività, di seguito descritte:

1. Eventuale aggiornamento dell'elenco di specifiche tipologie di luoghi di lavoro (presente in Appendice), ai sensi dell'articolo 16, comma 1, lettera c) del decreto legislativo 31 luglio 2020, n.101 e dei criteri per l'individuazione dei punti di misurazione.
2. Elaborazione di indicazioni tecniche ai fini della stima dell'esposizione cumulativa al radon per i lavoratori che svolgono attività di durata temporale limitata in molteplici luoghi di lavoro (ad esempio attività di ispezione/manutenzione di impianti sotterranei, attività di restauro di siti ipogei, guide turistiche di siti ipogei, ecc.).
3. Individuazione degli edifici con accesso del pubblico (scuole, ospedali, uffici della PA, musei), caratterizzati da elevate concentrazioni medie di radon.

La prima attività è supportata da un'Appendice che riporta un primo elenco di specifiche tipologie di luoghi di lavoro, ai sensi dell'art. 16, comma 1, lettera c) del D.LGS: 101/2020 (vedi tabella 2), aggiornabile – se necessario – nel corso della realizzazione dell'attività stessa: tali attività lavorative vanno ad aggiungersi a quelle già individuate nel decreto, che si svolgono in luoghi di lavoro interrati, in luoghi di lavoro seminterrati e al piano terra in aree prioritarie, e gli stabilimenti termali.

Inoltre, la suddetta Appendice fornisce ulteriori criteri (in aggiunta all'Allegato II del D.Lgs.101/2020) per l'individuazione dei punti di misurazione (vedi tabella 3).

Con la seconda attività si pone attenzione ad alcune attività lavorative o meglio alcune categorie di lavoratori che svolgono attività di durata temporale limitata in molteplici luoghi di lavoro (ad esempio attività di ispezione/manutenzione di impianti sotterranei, attività di restauro di siti ipogei, guide turistiche di siti ipogei, ecc.): sono i cosiddetti "temporary

workers”, così come definiti nel documento tecnico “Radiation Protection n. 193” [6].

Per i “temporary workers”, l’approccio graduale descritto nell’art.17 del D.LGS:101/2020 non si applica facilmente, per cui è necessario fornire indicazioni tecniche ai fini della stima dell’esposizione cumulativa al radon o della dose efficace, per garantire un’efficace protezione dall’esposizione al radon.

Infine, con la terza attività, l’attenzione è posta alla identificazione di edifici a maggior rischio (*radon prone buildings*) e con accesso del pubblico, per i quali nell’ambito del PNAR si intende pianificare un’indagine su base nazionale.

Tabella 2: *specifiche tipologie di luoghi di lavoro, ai sensi dell’art. 16, comma 1, lettera c)*

1	Locali chiuso con impianti di trattamento per la potabilizzazione dell’acqua in vasca aperta
2	Impianti di imbottigliamento delle acque minerali (naturali e di sorgente)
3	Centrali idroelettriche

Tabella 3: *criteri per l’individuazione dei punti di misurazione.*

Luoghi di lavoro esentati dalla misurazione	locali di servizio, spogliatoi, bagni, vani tecnici, sottoscala, corridoi
	locali a basso fattore di occupazione: minore di 100 ore/anno

L’ Azione 1.7. “*Criteri per l’individuazione delle aree prioritarie*” ha lo scopo di definire i criteri di individuazione delle aree prioritarie, tenuto conto del criterio riportato nell’art. 11, comma 3, del D.lgs.101/2020.

Questo criterio consiste nel definire “prioritaria” quell’area ove la stima della percentuale di edifici che supera il livello di 300 Bq/m³ è pari o superiore al 15%. I criteri successivi definiti dal PNAR devono essere coerenti con il precedente e con gli obiettivi specifici stessi del PNAR per portare all’individuazione e riduzione della concentrazione di radon nei luoghi di lavoro che superano i 300 Bq/m³ e nelle abitazioni esistenti che superano i 200 Bq/m³ (con priorità a quelle ove si superano i 300 Bq/m³). Per quanto detto:

- quando entra in vigore del PNAR, si mantiene il criterio definito nell'art. 11, comma 3 del D.Lgs.101/2020 (15%);
- a partire dal VI anno dall'entrata in vigore del PNAR, alle precedenti zone individuate, si aggiungono come “aree prioritarie” quelle zone in cui si stima che il superamento dei livelli di riferimento in un numero di edifici superiore al 10%.

Quando questo nuovo criterio entrerà in vigore (dopo 6 anni dall'entrata in vigore del PNAR), il numero di luoghi di lavoro sottoposti a controllo aumenterà ulteriormente in modo significativo.

Per quanto concerne l'Asse 2: *Intervenire*, lo scopo principale è quello di garantire un sistema in grado di ridurre efficacemente i rischi sanitari collegati all'esposizione al radon, di fronteggiare le situazioni di esposizione, definendo interventi appropriati, e di portare ad un abbassamento dei valori di esposizione.

Per tale ragione, sono previste diverse Azioni volte a dare indicazioni tecniche per la progettazione di interventi di risanamento, oltre che per prevenire e ridurre l'ingresso del radon nel caso di nuove costruzioni e di ristrutturazioni. In allegato, inoltre, un'Appendice dal titolo *Appendice «Specifiche tecniche di intervento - Progettazione di interventi mirati»* rappresenta un primo prodotto del PNAR su questo argomento, già a disposizione dei progettisti e degli esperti in interventi di risanamento radon.

Inoltre, relativamente a queste ultime figure tecniche, con l'Azione 2.4 *“Indicazioni riguardanti i requisiti per la qualificazione degli esperti in risanamento da radon”* si intende definire i contenuti del programma didattico e la struttura dei corsi (durata complessiva 60 ore), affinché siano assicurati una preparazione uniforme e uno standard di qualità adeguato per queste nuove figure tecniche. L'Appendice *«Indicazioni riguardanti la formazione degli esperti in interventi di risanamento radon»* è già di ausilio per i soggetti che erogano corsi di qualificazione e di aggiornamento degli esperti ex art.15 del D.Lgs.101/2020.

Infine, l'Asse 3: *Comunicare* ha lo scopo di creare una fonte d'informazione nazionale, in grado di raccogliere ed esporre le conoscenze aggiornate sul radon.

Tra le 5 azioni previste, l'Azione 3.3 è relativa allo *“Sviluppo di un piano formativo rivolto ai lavoratori e alle figure professionali di sicurezza che operano in ambito pubblico e privato”*. In questa azione si prevede di raggiungere l'obiettivo prefissato attraverso la predisposizione di opportuni moduli formativi per i diversi soggetti coinvolti: la disponibilità di questi materiali didattici sui principali portali istituzionali potrà garantire un

approccio uniforme dei soggetti erogatori alla formazione tenuta sia in modalità frontale che a distanza.

I destinatari di questo piano formativo sono i datori di lavoro, i lavoratori e gli RLS, il personale degli uffici tecnici in ambito pubblico e privato, gli RSPP.

La predisposizione di moduli formativi per i diversi soggetti coinvolti consentirà di accrescere le conoscenze e la consapevolezza dei rischi per la salute derivanti dall'esposizione al radon indoor e definire una maggiore partecipazione attiva da parte dei lavoratori.

Particolare attenzione sarà posta alla formazione di coloro che sono coinvolti in attività lavorative che rientrano nel campo di applicazione della norma.

Per quanto detto, nell'Azione 3.3 si prevedono 3 attività, di seguito descritte:

1. Elaborare moduli di formazione generale della durata di 2 ore (e materiale didattico di supporto) per i lavoratori, in particolare per quanti rientrano nelle attività lavorative considerate nel campo di applicazione del decreto legislativo 31 luglio 2020, n.101, anche per l'erogazione come Formazione A Distanza (FAD) asincrona.
--

2. Elaborare moduli di formazione specifica della durata di 4 ore (e materiale didattico di supporto) per i datori di lavoro, RSPP, RLS, anche per l'erogazione come FAD asincrona.

3. Elaborare moduli di formazione specifica della durata di 4 ore (e materiale didattico di supporto) per il personale degli organi di vigilanza e controllo (ARPA/APPA, SSN, INL) e per il personale degli uffici pubblici della PA (uffici tecnici), anche per l'erogazione come FAD asincrona.

CONCLUSIONI

Con il Decreto Legislativo n. 101/2020 e le sue modifiche, e con la pubblicazione del PNAR il quadro legislativo inerente la protezione dall'esposizione al radon nei luoghi di lavoro è stato dettagliatamente trattato nell'ottica di un *approccio graduale* e della *flessibilità*, concetti chiave alla base dell'articolato della Direttiva 59/2013/EURATOM.

L'ampliamento del campo di applicazione, includendo speciali attività lavorative non citate nell'art.17, l'identificazione delle aree prioritarie con criteri in futuro più stringenti, la possibilità di abbassare il livello di riferimento, l'identificazione di requisiti prestazionali per i servizi di dosimetria radon ed altri strumenti normativi e tecnici danno garanzie sulla possibilità di raggiungere in questo ambito gli obiettivi generali del PNAR, quindi una efficace protezione dal radon in ambito occupazionale.

BIBLIOGRAFIA

- [1].Decreto Legislativo 31 Luglio 2020, n. 101 2020. G.U.R.I. n. 201 del 12 agosto 2020 – Serie generale. S. O. n. 29
- [2].Decreto Legislativo 25 Novembre 2022, N. 203. Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101, di attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117. GU Serie Generale n.2 del 03-01-2023.
- [3].Decreto Del Presidente Del Consiglio Dei Ministri 11 gennaio 2024. Adozione del piano nazionale d'azione per il radon 2023-2032. GU Serie Generale n.43 del 21-02-2024 - Suppl. Ordinario n. 10).
- [4].WHO Handbook on Indoor Radon A Public Health Perspective. Geneva: World Health Organization; 2009. ISBN-13: 978-92-4-154767-3.
- [5].INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Protection of the Public Against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation, IAEA Safety Standards Series No. SSG-32, IAEA, Vienna (2015).
- [6]. European Commission: Directorate-General for Energy, Radon in workplaces – Implementing the requirements in Council Directive 2013/59/Euratom, Publications Office, 2020, <https://data.europa.eu/doi/10.2833/552398>

VALUTAZIONE DEI RISCHI CAUSATI DALL'UOMO PER INFRASTRUTTURE CRITICHE COME GLI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGETICA NUCLEARE: ANALISI DEI METODI

Marco Carbonelli (1, 2), Alba Iannotti (1), Riccardo Quaranta (1), Grace P. Xerri(1), Daniele Di Giovanni(1), Luca Romano(1), Andrea Chierici(2) Pasquale Gaudio(1), Francesco d'Errico (3), Guglielmo Manenti (4), Andrea Malizia (4*)

(1) Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Roma Tor Vergata

(2) Pubblica Amministrazione Centrale, Presidenza del Consiglio dei Ministri

(3) Dipartimento di Ingegneria Civile ed Industriale, Università di Pisa

(4) Dipartimento di Biomedicina e Prevenzione, Università di Roma Tor Vergata

*malizia@ing.uniroma2.it

Abstract

Mentre il mondo cerca fonti di energia sostenibili e a basse emissioni di carbonio, la fusione nucleare è emersa come una soluzione promettente con il suo potenziale di generare enormi quantità di energia pulita. Anche la fissione nucleare è considerata da molti paesi che avevano chiuso i programmi di fissione nucleare molti anni fa, come l'Italia. Questo studio analizza i metodi per la valutazione dei rischi degli impianti di fusione e fissione (considerati come infrastrutture critiche per la produzione di energia) in caso di sabotaggio deliberato, attacchi informatici, minacce interne e altre forme di interferenza dolosa, e i principali metodi per valutare le probabilità che determinati eventi possano accadere. Traendo spunti dalla letteratura esistente, dalle opinioni degli esperti e dai casi di studio relativi a infrastrutture critiche analoghe, questo lavoro mira a sensibilizzare sull'importanza di integrare misure di sicurezza robuste nella progettazione, gestione e regolamentazione di questi impianti. Identificando le metodologie per la valutazione del rischio e proponendo strategie proattive per mitigare i rischi, questa ricerca contribuisce allo sviluppo di un'infrastruttura energetica resiliente e sicura per il futuro.

1. Introduzione

Il tema della re-introduzione della produzione di energia attraverso gli impianti nucleari è, oggi ed in prospettiva futura, molto importante per garantire un adeguato approvvigionamento energetico a costi sostenibili

dalle famiglie italiane [1]. Inoltre, prosegue incessantemente il lavoro sulla fusione nucleare ed anche in questo caso, una volta costruito il primo dimostratore (DEMO, ad oggi previsto per il 2060) tali impianti (come quelli a fissione) saranno considerati delle infrastrutture critiche e come tali andranno approcciati per analizzare i rischi correlati (convenzionali e non). Il nostro gruppo di lavoro da sempre si è occupato della valutazione dei rischi in particolare di quelli derivati ad eventi non convenzionali (rischi CBRNe: Chimici, Biologici, Radiologici, Nucleari ed esplosivi). Tale approccio di lavoro, definito in gergo tecnico “multi-hazards”, consente di conoscere differenti casi studio e lezioni apprese riguardanti situazioni emergenziali che, pur avendo origini, sviluppi e conclusioni diverse, hanno come fattore comune il rischio. Vengono in mente, come prima reazione dei non addetti ai lavori, le conseguenze degli eventi di Chernobyl e Fukushima. Ciò che è accaduto in passato non può e non deve spaventare, i motivi di tali affermazioni sono spiegati dalla scienza che ci dice, in maniera chiara, che i rischi correlati alla costruzione di nuovi impianti nucleari in Italia sono molto bassi così come quelli degli impianti a fusione nucleare. Questo non significa ignorare i rischi, ma tenerli sotto controllo costante. In qualsiasi processo produttivo, in qualsiasi attività, in qualsiasi azione che compiamo nella quotidianità ognuno di noi è sempre sottoposto ad un potenziale rischio. Ma va anche sottolineato come non esista un modello di una realtà complessa in cui il rischio possa essere annullato completamente. Esistono, per ogni decisione della nostra vita, dei rischi che possono essere accettabili ed altri che non lo sono. In questo lavoro approfondiremo degli aspetti importanti sui metodi di valutazione dei rischi riferita alla produzione energetica nucleare.

2. Cosa è il rischio

2.1 L'approccio Europeo

La Commissione europea ha adottato nel 2009 [1,2] un “approccio comunitario” alla prevenzione delle catastrofi naturali e provocate dall'uomo che definisce un quadro generale per la prevenzione delle catastrofi. Alla fine del 2010 la stessa Commissione ha pubblicato un documento di lavoro dedicato alla valutazione del rischio ed alla mappatura delle linee guida per la gestione delle catastrofi. In quest'ultimo documento si riconosceva che la condivisione delle esperienze che caratterizzano i paesi europei avrebbe contribuito a ridurre ulteriormente gli impatti dei rischi nei modi più efficienti e accettabili e avrebbe consentito di unire le forze per le sfide future. Nel documento di lavoro si afferma che, secondo la norma ISO-31010 [3], i rischi sono la combinazione delle conseguenze di un evento o pericolo e della probabilità associata del suo verificarsi.

Inoltre, la Commissione Europea [2] definisce le conseguenze come gli effetti negativi di un disastro espresse in termini di impatti umani, impatti

economici e ambientali, e impatti politici/sociali. Per quanto riguarda l'approccio pratico di valutazione del rischio, nelle situazioni in cui è possibile quantificare la probabilità di accadimento di un pericolo di una certa intensità, il documento introduce la grandezza "probabilità di accadimento" P e quando la probabilità di accadimento del pericolo è indipendente dall'entità degli "impatti" I (come nel caso dei pericoli naturali, ad esempio terremoti o tempeste), il rischio R può essere espresso algebricamente come nell'equazione (1) [4]:

$$R=P \cdot I \quad (1)$$

Il documento indica che, quando la dimensione dell'impatto influenza la probabilità di verificarsi (i.e. quando due termini non sono indipendenti l'uno dall'altro, come nel caso di un attacco terroristico o di una maxi-emergenza) il rischio non può essere espresso semplicemente come prodotto di due termini ma deve essere espresso come rapporto funzionale.

Inoltre, nell'analisi presentata in [4] si sottolinea che:

- in molti casi gli impatti dipendono dalla preparazione o dal comportamento preventivo;
- ci sono vantaggi nell'esprimere l'impatto I (o similmente la conseguenza C) in modo più differenziato, cioè in termini di vulnerabilità ed esposizione. Ciò porta, nel caso dell'indipendenza delle diverse variabili, alla seguente relazione matematica di base nell'equazione (2):

$$I=C=V \cdot E \quad (2)$$

- La vulnerabilità V è definita come le caratteristiche e le circostanze di una comunità, di un sistema o di un bene che lo rendono suscettibile agli effetti dannosi di un pericolo;
- L'esposizione E è la totalità delle persone, dei beni, dei sistemi o di altri elementi presenti nelle zone a rischio che sono quindi soggetti a perdite potenziali.

Infine, il documento [4] introduce la formula generale per la valutazione del rischio: il rischio R è in funzione della probabilità di verificarsi di un pericolo P (talvolta espressa nei documenti UE [2] come H dal termine inglese *hazard*, con $P=H$), l'esposizione E (valore totale di tutti gli elementi a rischio) e la vulnerabilità V (impatto specifico sull'esposizione) nell'equazione (3):

$$R=f(P, V, E) \quad (3)$$

Nel caso particolare in cui le tre variabili P , V ed E possono essere considerate per la loro estensione indipendenti l'una dall'altra, tenendo conto dell'equazione precedente, il rischio [2] può essere espresso come nell'equazione (4):

$$R = P \cdot I = P \cdot V \cdot E \quad (4)$$

I tecnici UE sottolineano che l'introduzione del concetto di vulnerabilità rende più esplicito che gli impatti di un pericolo sono anche una funzione delle misure preventive e preparatorie che vengono impiegate per ridurre il rischio. In altre parole, come sottolineato per l'approccio delle Nazioni Unite con la capacità quantitativa, efficaci misure di prevenzione e preparazione possono ridurre la vulnerabilità e quindi il rischio, e, d'altra parte, i fattori di rischio possono avere un impatto sulle misure di gestione del rischio, come mostrato visivamente nella figura 1 discussa in [2].

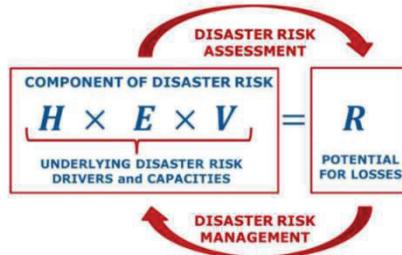


Figura 1. Prospettive diverse dell'analisi del rischio [2]

È importante notare che la Decisione n. 1313/2013/UE su un Meccanismo di Protezione Civile dell'Unione (UCPM) invita gli Stati europei a sviluppare periodicamente valutazioni del rischio [2]. Infine, può essere utile evidenziare un altro riferimento tecnico rilevante per l'UE nella relazione tecnica "Scienza per la gestione del rischio di catastrofi: conoscere meglio e perdere meno" [5], pubblicato nel 2017 per avviare il processo continuo di sintesi delle conoscenze in tutta la gestione del rischio di catastrofe della comunità europea. Quest'ultimo lavoro è stato proposto per i paesi dell'UE dal Disaster Risk Management Knowledge Centre (DRMKC), un'iniziativa della Commissione europea lanciata nel 2016. La DRMKC fornisce un approccio in rete all'interfaccia scienza-politica nella gestione del rischio di disastri promuovendo partnership, conoscenza collettiva e soluzioni innovative.

2.2 L'approccio delle Nazioni Unite

Nel 2016 l'Ufficio delle Nazioni Unite per la riduzione del rischio di catastrofi (UNDRR) ha commissionato lo sviluppo di linee guida sulla valutazione nazionale del rischio di catastrofi (NDRA) come parte di una serie di linee guida tematiche [6] nell'ambito della sua iniziativa "Words into Action" per supportare l'implementazione nazionale del Sendai Framework.

Il Sendai Framework [7] per la riduzione del rischio di catastrofi è un programma delle Nazioni Unite (ONU) per il periodo 2015-2030 che delinea quattro priorità per prevenire nuovi rischi e ridurre quelli esistenti:

1. comprendere il rischio di catastrofi;
2. rafforzare la governance del rischio di catastrofi per gestire il rischio di catastrofi;
3. investire nella riduzione dei disastri per la resilienza;
4. migliorare la preparazione alle catastrofi per una risposta efficace e "costruire meglio" nelle fasi di recupero, riabilitazione e ricostruzione.

L'obiettivo è raggiungere, nei prossimi anni, una sostanziale riduzione del rischio di catastrofi e delle perdite in termini di vite umane, mezzi di sussistenza, salute e beni economici, fisici, sociali, culturali e ambientali di persone, imprese, comunità e Paesi. È importante sottolineare la definizione di disastro adottata dalle Nazioni Unite come un evento dovuto a un fenomeno o un'attività umana che causa la perdita di vite umane, lesioni, danni alla proprietà, disagi sociali ed economici o degrado ambientale. Un disastro può essere di origine naturale, antropica o socio-naturale ma, nell'approccio delle Nazioni Unite, questo termine non include il verificarsi di conflitti armati e attacchi terroristici. Tuttavia, da un punto di vista tecnico, è interessante dettagliare l'approccio delle Nazioni Unite nello scenario internazionale della gestione del rischio.

Le Linee Guida delle Nazioni Unite pubblicate nel 2017 [7] nell'ambito del Sendai Framework descrivono il risultato della collaborazione tra oltre 100 massimi esperti provenienti da autorità nazionali, organizzazioni internazionali, organizzazioni non governative, mondo accademico ed enti del settore privato. Tutti questi esperti hanno focalizzato l'attenzione sulla prima priorità d'azione del Quadro di Sendai: comprendere il rischio di disastri, che è la base per tutte le misure di riduzione del rischio di disastri.

Le Linee Guida presentano una revisione dettagliata delle metodologie, degli approcci e dei meccanismi di governance praticati nella valutazione nazionale del rischio di catastrofi a livello mondiale.

La progettazione delle Linee Guida ha consentito la condivisione dei risultati derivanti dallo studio delle valutazioni esistenti più efficaci.

In ogni caso, l'approccio delle Nazioni Unite alla gestione dei disastri prende spunto dal concetto di rischio proposto nelle norme ISO 31000 e 31010 [6-8] e, per la valutazione del rischio, descrive il rischio in termini di probabilità e impatto, sulla base dell'interazione tra quattro diversi quantità: pericolo, esposizione, vulnerabilità e capacità. La rappresentazione visiva del concetto di rischio per le Nazioni Unite è illustrata nella Figura 2.

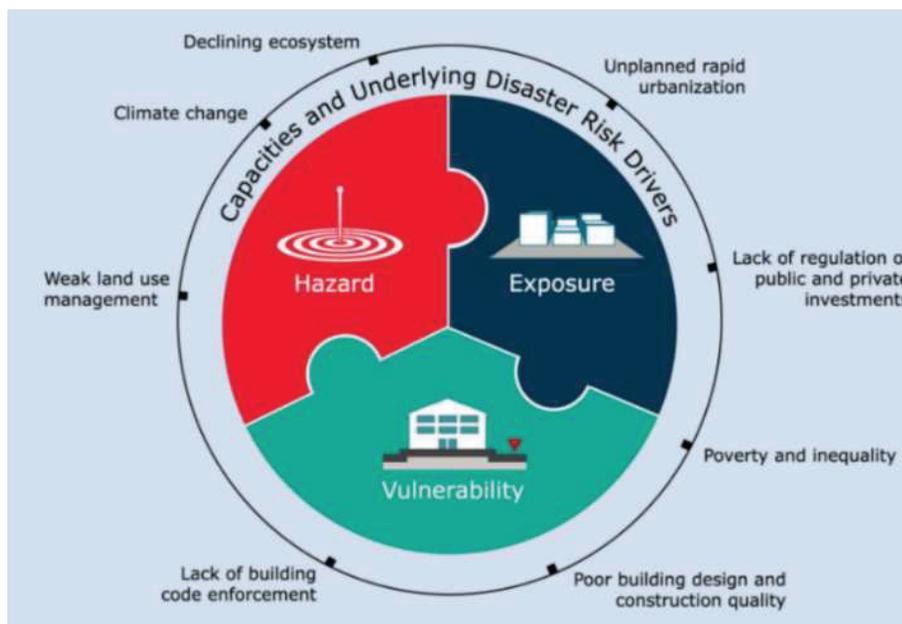


Figura 2. I fattori rappresentati possono influenzare più di una componente del rischio di catastrofe [12]

Per identificare e valutare le migliori misure per ridurre il rischio, l'approccio di valutazione del rischio proposto dalle Nazioni Unite analizza anche i fattori sottostanti di pericolo, esposizione, vulnerabilità e capacità, nonché gli impatti diretti e indiretti.

Le definizioni adottate nell'ultimo decennio dall'ONU [6-8] per queste componenti fondamentali sono le seguenti:

- **Rischio di disastro:** la potenziale perdita di vite umane, lesioni o beni distrutti o danneggiati che potrebbe verificarsi in un sistema, società o comunità in un determinato periodo di tempo, determinato probabilisticamente in funzione del pericolo, dell'esposizione, della vulnerabilità e della capacità.

- **Valutazione del rischio di catastrofe:** un approccio qualitativo o quantitativo per determinare la natura e l'entità del rischio di catastrofe analizzando i potenziali pericoli e valutando le condizioni esistenti di esposizione e vulnerabilità che insieme potrebbero danneggiare persone, proprietà, servizi, mezzi di sussistenza e l'ambiente da cui dipendono.
- **Pericolo:** un processo, fenomeno o attività umana che può causare perdita di vite umane, lesioni o altri impatti sulla salute, danni alla proprietà, disagi sociali ed economici o degrado ambientale. I pericoli possono essere di origine naturale, antropica o socio-naturale. Questo termine, come discusso sopra, per le Nazioni Unite non include il verificarsi o il rischio di conflitti armati e altre situazioni di instabilità o tensione sociale soggette al diritto internazionale umanitario e alla legislazione nazionale. Ogni pericolo è caratterizzato dalla sua posizione, intensità o magnitudo, frequenza e probabilità.
- **Esposizione:** si riferisce alla situazione delle persone, delle infrastrutture, degli alloggi, delle capacità produttive e di altri beni umani tangibili situati in aree a rischio. Le misure di esposizione possono includere il numero di persone o tipi di risorse in un'area. Questi possono essere combinati con la vulnerabilità specifica e la capacità degli elementi esposti a qualsiasi pericolo particolare per stimare i rischi quantitativi associati a quel pericolo nell'area di interesse.
- **Vulnerabilità:** sono le condizioni determinate da fattori o processi fisici, sociali, economici e ambientali che aumentano la suscettibilità di un individuo, una comunità, beni o sistemi agli impatti dei pericoli
- **Capacità:** è la combinazione di tutti i punti di forza, gli attributi e le risorse disponibili all'interno di un'organizzazione, comunità o società per gestire e ridurre i rischi di catastrofe e rafforzare la resilienza.
- **Impatto (o Conseguenza):** è l'effetto totale, compresi gli effetti negativi (ad esempio, perdite economiche) ed effetti positivi (ad esempio, guadagni economici), di un evento pericoloso o di un disastro. Il termine comprende impatti economici, umani e ambientali e può includere morte, lesioni, malattie e altri effetti negativi sul benessere fisico, mentale e sociale dell'uomo.

In generale, per l'ONU [8] è possibile effettuare un'analisi del rischio per singolo pericolo considerando le seguenti componenti:

- **Analisi dei pericoli:** fornisce informazioni su dove, quanto sono grandi e quanto frequenti sono gli eventi pericolosi e su quanto gravi sono i loro effetti (ad esempio scuotimento del terreno per i terremoti, velocità del vento per i cicloni, ecc.).
- **Analisi della vulnerabilità:** fornisce informazioni su come una risorsa identificata reagisce agli effetti del pericolo. L'identificazione delle vulnerabilità comprende i criteri selezionati per la valutazione delle conseguenze/dell'impatto, come le persone, l'economia, l'ambiente e i vantaggi dello sviluppo sostenibile.
- **Analisi dell'esposizione:** fornisce informazioni sulla presenza, le caratteristiche e i valori delle risorse che potrebbero essere interessate da un pericolo, compresi i criteri selezionati per valutare le conseguenze (ad esempio impatto sulle persone, sull'economia, ...).

Per tutte e tre le ultime componenti qui introdotte per l'analisi del rischio, è importante associare un livello di incertezza nei calcoli o nelle stime. Ciò può essere fatto monitorando l'incertezza in ogni fase in cui viene effettuata una stima o un calcolo quantitativamente o qualitativamente.

Una volta considerati questi componenti, è possibile effettuare un'analisi dei rischi specifica per ciascun pericolo. È importante sottolineare che la probabilità è un attributo intrinseco del rischio. Il rischio probabilistico considera molti scenari possibili, la loro probabilità e gli impatti associati. In questo metodo, una quantità significativa di informazioni scientifiche su pericoli, esposizione e vulnerabilità, nonché approfondimenti provenienti da dati storici su perdite e danni, viene raccolta e utilizzata per modellare il fenomeno sottostante il rischio di catastrofe. In tale approccio proposto dalle Nazioni Unite, il rischio R è espresso matematicamente in funzione della probabilità di pericolo H , della vulnerabilità V e dell'esposizione E , ovvero nell'equazione 5:

$$R=f(H,V,E) \text{ (5)}$$

Possiamo osservare che il termine capacità di cui sopra, da un punto di vista matematico, influenza direttamente principalmente la Vulnerabilità, mentre il termine driver, invece, influenza tutte e tre le variabili che definiscono il rischio.

3. Le reti di monitoraggio della radioattività

Riprendendo dal sito di ARPA Lazio [9]:

“

Il decreto legislativo 230/95 e s.m.i. attribuisce al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e al Ministero della salute rispettivamente la responsabilità del controllo sulla radioattività ambientale e del controllo sugli alimenti e bevande per consumo umano e animale.

In Italia questo controllo è articolato in reti di sorveglianza nazionali e reti di sorveglianza regionali.

Le reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale comprendono:

- *rete RESORAD (REte nazionale di SORveglianza sulla RADioattività ambientale) costituita dagli istituti, enti e organismi idoneamente attrezzati per effettuare determinazioni radiometriche in matrici ambientali e alimentari;*
- *reti ISPRA di allarme: rete GAMMA (dose gamma in aria), rete REMRAD (particolato atmosferico);*
- *rete di allarme del Ministero dell'interno;*
- *le reti regionali di sorveglianza della radioattività ambientale sono gestite dalle Regioni e affidate a strutture pubbliche idoneamente attrezzate, tipicamente le Agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente (ARPA/APPA).*

Sono inoltre presenti reti di sorveglianza locale della radioattività ambientale degli impianti nucleari, gestite dal titolare dell'autorizzazione o del nulla osta e dagli esercenti, secondo quanto prescritto dall'art. 54 del d.lgs. 230/95 e s.m.i.

A questo dobbiamo aggiungere il monitoraggio real-time (RETE REMon) effettuato da agenzie governative europee che consente di monitorare e visualizzare, quasi in tempo reale, i valori misurati dai vari sensori dislocati in tutto il territorio europeo attraverso un "Mappa Avanzata" [10]. La "Mappa Avanzata" mostra le misurazioni della radioattività ambientale sotto forma di medie orarie di dose gamma risalenti fino a 35 giorni. Le misurazioni provengono da circa 5000 stazioni. La mappa mostra informazioni essenziali per spiegare vari fenomeni di radioattività ambientale e offre più opzioni per il filtraggio e l'analisi dei dati. A causa della grande quantità di dati visualizzati, questa mappa non è molto adatta ai browser dei telefoni, anche se consente la visualizzazione e l'utilizzo degli elementi più importanti. [10] In Figura 3 un esempio di visualizzazione preso il 26 settembre 2024 alle ore 18:05 C.E.T.

3.1 Mortalità normalizzata per energia prodotta

La mortalità è un parametro da considerare per una corretta valutazione dei fattori di vulnerabilità e pericolo. A tal proposito si riporta un'analisi svolta

da un collega dell'Università degli Studi di Roma Tor Vergata, Dr. Riccardo Rossi, che considera questo aspetto.

L'analisi del rischio legato alla produzione energetica deve considerare anche le statistiche dei morti normalizzate per energia prodotta.

Il sito 'Our World in Data' [17] riporta il numero di morti normalizzato per terawattora di energia elettrica prodotta, analizzando questo numero per tecnologia di produzione energetica.

La produzione di energia elettrica ha un numero di morti normalizzate per terawattora (TWh) che è pari a:

Idrocarburi:

- 24.62 morti/TWh per il carbone
- 18.43 morti/TWh per il petrolio
- 4.63 morti/TWh per le biomasse
- 2.82 morti/TWh per il gas

Fonti rinnovabili:

- 1.3 morti/TWh per l'idroelettrico
- 0.04 morti/TWh per l'eolico
- 0.02 morti/TWh per il solare fotovoltaico

Il nucleare, spesso considerato una delle fonti più pericolose, possiede un tasso di mortalità normalizzata (che include anche l'evento di Chernobyl) pari a 0.03 morti/TWh confrontabile quindi a quelle dell'eolico e del solare fotovoltaico.

A titolo di esempio, è possibile calcolare le morti potenziali che si avrebbero se si utilizzasse una sola tecnologia per soddisfare il fabbisogno energetico nazionale. Nel 2022, la produzione lorda di energia elettrica in Italia è stata di 283.9 TWh [18], il che, combinato con le statistiche precedentemente riportate, comporterebbe un numero di morti annuo stimato a 6990 per il carbone, 5232 per il petrolio, 1314 per le biomasse, 801 per il gas, 369 per l'idroelettrico, 11 per l'eolico, 9 per il nucleare e 6 per il solare fotovoltaico. Queste sono chiaramente delle proiezioni sul territorio nazionale se tutta la produzione di energia fosse riconducibile solo ad una fonte.



Figura 3. Mappa della rete REMon interrogabile a distanza. [10]
<https://remap.jrc.ec.europa.eu/Advanced.aspx>

Le nostre reti Nazionali, quella Europea e quelle degli altri Stati, insieme ad un sistema continuo di scambio dati, consentono un monitoraggio nello spazio e nel tempo dei livelli di radioattività che consente di intervenire con tempestività in caso di rivelazione di una o più misure anomale.

4. Analisi del metodo Carbonelli di valutazione dei rischi non convenzionali: proposta di applicazione sugli impianti di produzione energetica nucleare

Il Dr. Marco Carbonelli nello svolgimento del suo lavoro come esperto di sicurezza non convenzionale e nel suo percorso di dottorato in Ingegneria Industriale presso l'Università degli Studi di Roma Tor Vergata ha sviluppato e perfezionato un metodo per la valutazione dei rischi non convenzionali [13-18] che è stato adattato dal Prof. Malizia in collaborazione con gli autori del paper al caso studio degli impianti nucleari oggetto di questo lavoro.

Nella figura 4 è riportata l'immagine di una tabella in cui gli autori hanno elencato ed individuato (incrementando quando riportato in letteratura con le tipologie non convenzionali) i possibili eventi human-made (indotti dall'uomo) su impianti nucleari divisi per categoria.

Societal hazards and critical infrastructures hazards	Hazardous materials and events involving hazardous substances	Transportation and related facilities/infrastructures
Criminality	Organ halogens	Aviation
Civil disorders	Oil refineries	Railway trains and wagons
Terrorism	Chemical plants	Road
War	Storage depot	Space
Industrial hazards	Explosion	Sea travel (i.e., cruise ships, ferry)
Engineering hazards	Release of flammable, explosive, asphyxiant, corrosive, toxic or radioactive substances	Barges
Waste disposal/Storage Deposition	Contamination (such as from an oil spill)	Pipelines
Power outage	Toxic metals	Airport internal and external areas
Fire	Radioactive materials	Air traffic corridors and flight zones (military and civil)
Broadcasting network	Infestations (i.e., Mealy bug)	Aircraft crash (involving impact, vibration and fire)
Mining or quarrying operations	Epidemics (i.e., COVID-19)	Air disasters
Other nuclear facilities	Human-Made Intentional Fire	Land disasters (landslides etc)
High energy rotating equipment	Explosions intentionally provoked (Munition's explosions, chemical explosions, mine explosions)	Water disasters (If DEMO plant will be built close to the sea or close to a lake or a river it must be considered)
Military facilities (permanent and temporary)	Intentional Leakage Toxic release	
Ground collapse, subsidence	Pollutions (pollution, Acid Rain, Chemical pollution, atmospheric pollution)	
Projectiles	Terroristic attack	
Electromagnetic interference	Bomb threats	
Eddy currents into the ground	CBRNe	
Blockage	Attack with unmanned vehicles (such as drones)	
Impact		
Cyberattack		
Crowd stampede		
Production failure		
Computer system breakdown		
Distribution of defective products		
Structural collapse of physical assets intentionally provoked		
Electromagnetic attacks		

Figura 4. Lista degli eventi human-made per categoria

Gli autori hanno impostato una scala per la valutazione della vulnerabilità riferita al caso studio in esame:

- **7 | Molto Alta.** Sono state identificate una o più vulnerabilità importanti che rendono l'asset estremamente suscettibile a un aggressore e alla specifica minaccia considerata. L'edificio manca di ridondanze/protezione fisica/resilienza e l'intero edificio sarebbe nuovamente funzionale solo dopo un lungo periodo di tempo dall'evento.
- **6 | Alta.** Sono state identificate una o più vulnerabilità importanti che rendono l'asset altamente suscettibile a un aggressore e alla specifica minaccia considerata. L'edificio ha poche ridondanze/protezione fisica/resilienza e la maggior parte delle sue parti sarebbe funzionale solo dopo un lungo periodo di tempo dall'evento.
- **5 | Medio Alta.** È stata identificata una vulnerabilità importante che rende l'asset molto suscettibile a un aggressore e alla specifica minaccia considerata. L'edificio ha ridondanze/protezione fisica/resilienza inadeguate e le funzioni critiche sarebbero operative solo dopo un lungo periodo di tempo dall'evento.
- **4 | Media.** È stata identificata una vulnerabilità che rende l'asset piuttosto suscettibile a un aggressore e alla specifica minaccia considerata. L'edificio ha ridondanze/protezione fisica/resilienza insufficienti e la maggior parte delle sue parti sarebbe funzionale solo dopo un periodo considerevole dall'evento.

- **3 | Medio Bassa.** È stata identificata una vulnerabilità che rende l'asset parzialmente suscettibile a un aggressore e alla specifica minaccia considerata. L'edificio ha incorporato un discreto livello di ridondanze/protezione fisica/resilienza e le funzioni critiche sarebbero operative solo dopo un periodo considerevole dall'evento.
- **2 | Bassa.** È stata identificata una vulnerabilità minore che aumenta leggermente la suscettibilità dell'asset a un aggressore e alla specifica minaccia considerata. L'edificio ha incorporato un buon livello di ridondanze/protezione fisica/resilienza e sarebbe operativo in un breve periodo di tempo dopo l'evento.
- **1 | Molto Bassa.** Non emerge alcuna vulnerabilità rilevante dopo l'analisi. L'edificio ha incorporato eccellenti ridondanze/protezione fisica/resilienza e sarebbe operativo immediatamente dopo l'evento.

Abbiamo quindi la possibilità di assegnare la valutazione di vulnerabilità degli edifici degli impianti nucleari (fissione o fusione) basata su una valutazione che considera:

1. Caratteristiche del sito
2. Architettura
3. Sistemi strutturali
4. Involucro edilizio
5. Sistemi di utilità e infrastrutture di distribuzione interna
6. Sistemi meccanici – HVAC
7. Infrastrutture e sistemi di servizi essenziali interni
8. Sistemi di sicurezza
9. Piano di sicurezza

E su ognuna di queste voci sono valutate le sotto-caratteristiche in termini di vulnerabilità (il dettaglio è possibile consultarlo su [19]).

Per l'analisi della probabilità di accadimento di un evento gli autori propongono come metodo misto:

- Approccio “caldo”: sondaggi su gruppi di esperti di settore;
- Approccio “freddo”: applicazione di metodi matematici per la valutazione della probabilità (vedi metodo Montecarlo).

Conclusioni

In conclusione, la valutazione delle vulnerabilità rappresenta un aspetto cruciale non solo per edifici e infrastrutture critiche, ma anche per impianti energetici avanzati come quelli di fusione e fissione nucleare. La capacità di

identificare e mitigare le debolezze potenzialmente sfruttabili da aggressori è fondamentale per ridurre i rischi in un contesto sempre più complesso e interconnesso. L'innovativo metodo di valutazione delle vulnerabilità degli edifici presentato in questo lavoro, così come le metodologie di analisi dei rischi per impianti nucleari, offrono strumenti chiave per garantire la continuità operativa e la sicurezza in situazioni di crisi.

In particolare, l'approccio strutturato del metodo consente di ottenere una visione approfondita delle criticità di un edificio e di attuare misure correttive efficaci. Allo stesso modo, la crescente attenzione verso la fusione nucleare e il rinnovato interesse per la fissione, considerati soluzioni fondamentali per una transizione energetica pulita, impongono una rigorosa integrazione di misure di sicurezza contro minacce sia interne che esterne. Identificare con precisione le probabilità di eventi avversi, valutare le vulnerabilità e implementare strategie proattive sono passi indispensabili per garantire che queste infrastrutture critiche possano operare in modo sicuro e sostenibile nel lungo periodo.

In sintesi, l'integrazione di tecniche di valutazione delle vulnerabilità per edifici, siti e infrastrutture energetiche non solo rafforza la resilienza contro minacce fisiche e digitali, ma promuove anche una gestione più consapevole e proattiva della sicurezza, a beneficio della società e dell'ambiente.

Bibliografia

- [1] Catanzaro M. (2023). “Il governo apre al rilancio del nucleare italiano”. Nature Italy, doi: <https://doi.org/10.1038/d43978-023-00129-1>
- [2] Poljanšek K. (2019). Recommendations for National Risk Assessment for Disaster Risk Management in EU” Publications Office of the European Union, Luxembourg 2019, ISBN 978-92-79-98366-5, JRC114650
https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC114650/jrc114650_nrarecommendations_updatedfinal_online1.pdf
- [3] IEC-31010:2019 (2019) “Risk management, risk assessment techniques”. <https://www.iso.org/standard/72140.html>
- [4] European Commission “Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management”, European commission staff working paper, Brussels, 2010
https://ec.europa.eu/echo/files/about/COMM_PDF_SEC_2010_1626_F_staff_working_document_en.pdf
- [5] Poljanšek K. (2017). “Science for disaster management, DRMKC Disaster Risk Management Knowledge Centre”. Joint Research Center (JRC), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, ISBN 978-92-79-60679-3, JRC102482.

- <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/science-disaster-risk-management-2017-knowing-better-and-losing-less>
- [6] United Nation Office for Disaster Risk reduction (2017). “National Disaster Risk Assessment: Governance System, Methodologies, and Use of Results”. Report 2017, https://www.unisdr.org/files/globalplatform/591f213cf2fbe52828_wordsint_oactionguideline.nationaldi.pdf
- [7] United Nations (2015). “United Nations, Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030”. UN World Conference in Sendai, Japan. https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordren.pdf
- [8] The United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, Switzerland. (2016). “UNISDR (2016), Open-ended Intergovernmental Expert Working Group on Indicators and Terminology relating to Disaster Risk Reduction: Report of the Second Session (Informal and Formal).” Report https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportenglish.pdf
- [9] <https://www.arpalazio.it/web/guest/ambiente/radioattivita/reti-di-monitoraggio>
- [10] <https://remap.jrc.ec.europa.eu/Advanced.aspx>
- [11] <https://www.euronuclear.org/glossary/nuclear-power-plants-in-europe/>
- [12] <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/cnpp2018/countryprofiles/France/France.htm>
- [13] Carbonelli, M., Quaranta, R., Gaudio, P. et al. Building risk assessment methodology for explosive and non-conventional terrorist attacks. Eur. Phys. J. Plus 139, 669 (2024).
- [14] Carbonelli, M., Quaranta, R., Malizia, A., Gaudio, P., Giovanni, D.d. (2024). An Analysis of Terrorist Attacks on Soft and Hard Targets in the Period 2000-2019. International Journal of Safety and Security Engineering, 14(3), 865-873 [10.18280/ijssse.140318].
- [15] Carbonelli, M., Todaro, C., Iavarone, V., Sesler, F. (2024). "Terrorist attacks to essential services, infrastructures and facilities in G7 countries during the period 2000-2020". International Journal of Safety and Security Engineering, Vol. 14, No. 3, pp. 787-794. <https://doi.org/10.18280/ijssse.140311>
- [16] Carbonelli, M., Iannotti, A., Malizia, A. (2020). Disaster Management of a Major CBRN Accident. In Handbook of Security Science (pp. 1-18). Springer, Cham [10.1007/978-3-319-51761-2_36-1].
- [17] Carbonelli, M., Carestia, M., Quaranta, R. (2021). Threat assessment method for buildings in case of terrorist attacks. International Journal of Safety and Security Engineering, Vol. 11, No. 4, pp. 285-294. <https://doi.org/10.18280/ijssse.110401>



- [18] Carbonelli (2023) “Attacks against Buildings: Threats, Vulnerabilities and Risk Assessment”. Book published in 2023. ISBN: 979-12-210-4808-7 (link: <https://www.cisint.org/attivita/divulgazioni/libri-2/>)
- [19] <https://www.witpress.com/eLibrary/wit-transactions-on-the-built-environment/214/38471>

METODOLOGIA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO CAMPI ELETTROMAGNETICI NEI LUOGHI DI LAVORO

Vanni Lopresto (1) e Laura Filosa (2)

- 1) Direzione Centrale Infrastrutture e Servizi – ENEA, Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l’Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile, Centro Ricerche Casaccia, Roma
- 2) Consulenza Tecnica per la Salute e la Sicurezza Centrale – INAIL, Istituto Nazionale per l’Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, Roma

INTRODUZIONE

In questo articolo si descrive una metodologia semi-quantitativa per valutare e gestire i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione a campi elettromagnetici (CEM) fino a 300 GHz nei luoghi di lavoro, nonché per identificare le priorità di intervento, sulla base dei requisiti della direttiva europea 2013/35/UE e dalla legislazione nazionale. Viene anzitutto fornita una panoramica sintetica sugli effetti dell'esposizione ai CEM e sul relativo quadro normativo in materia di protezione, recentemente modificato in virtù dell'art.10 della legge 214/2023 con riferimento ai limiti in alta frequenza. Inoltre, viene effettuata un'analisi approfondita sul processo di valutazione del rischio nonché sulle misure tecniche e organizzative per la mitigazione del rischio e il loro adattamento alle esigenze specifiche dei lavoratori particolarmente a rischio, sulla base di norme tecniche e guide di buone pratiche emanate da enti di normazione internazionali e nazionali. Infine, viene proposta una metodologia semiquantitativa per la valutazione del rischio da esposizione ai CEM nei luoghi di lavoro basata su una matrice bidimensionale per l'analisi del rischio.

Nella matrice sono riportati gli indici di rischio calcolati come prodotto tra l'indice di gravità di un effetto pericoloso, derivante dall'esposizione a CEM, e la probabilità che si verifichi tale evento. La valutazione della gravità assegnata all'effetto riflette l'esito atteso dell'evento pericoloso, mentre la probabilità di accadimento tiene conto dei fattori legati al luogo di lavoro e alle pratiche lavorative. In relazione all'indice di rischio valutato possono essere individuate le appropriate misure di prevenzione e protezione per la

riduzione del rischio nonché le priorità di intervento, che devono essere adeguate ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio.

EFFETTI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Secondo la definizione dell'articolo 2, lettera *a*), della Direttiva 2013/35/UE **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, il termine "campi elettromagnetici" (o CEM) indica i campi elettrici statici, magnetici statici e i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo con frequenze fino a 300 GHz. In questa banda di frequenza l'energia del campo non può indurre ionizzazione nella materia biologica, cioè alterazione dei legami chimici e delle strutture di atomi e molecole nelle cellule biologiche; pertanto, i CEM sono radiazioni non ionizzanti.

I campi elettromagnetici interagiscono con i sistemi biologici in modi diversi, principalmente in funzione della frequenza, e possono provocare risposte morfologiche o funzionali nei tessuti, che possono avere effetti biologici o sulla salute. Come riportato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità [2], un *effetto biologico* si verifica come risultato dell'esposizione umana ai CEM quando l'interazione con il campo provoca una variazione fisiologica significativa o rilevabile, mentre un *effetto sulla salute* si verifica quando l'effetto biologico è al di là dell'intervallo entro il quale l'organismo può normalmente compensarlo, e questo comporta un *pericolo* per la salute.

Gli effetti accertati derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici, stabiliti sulla base di evidenze scientifiche, sono gli effetti *acuti*. Si manifestano, cioè, entro un breve intervallo di tempo dall'esposizione ogni volta che il livello di esposizione raggiunge un determinato valore di soglia. Una volta superata la soglia, l'entità dell'effetto aumenta proporzionalmente al livello di esposizione. Pertanto, l'effetto biologico rilevante al più basso livello di esposizione rappresenta il criterio scientifico per definire i limiti di esposizione per la protezione dagli effetti acuti.

EFFETTI DIRETTI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

In riferimento agli effetti acuti derivanti dall'interazione diretta dei CEM con un essere umano, si possono distinguere tre modalità di interazione in relazione ai livelli di esposizione e ai meccanismi di risposta dell'organismo [2], come elencato di seguito in ordine crescente rispetto al livello di esposizione:

- livello di esposizione in cui si verifica un'interazione con strutture biologiche elementari, che comporta variazioni fisiologiche che non

sono soggettivamente percepibili né clinicamente significative. Per tali effetti non sono stabiliti valori di soglia;

- livello di esposizione caratterizzato da cambiamenti reversibili a livello morfologico e funzionale in strutture superiori a quelle molecolari, che possono essere percepiti strumentalmente o soggettivamente e che cessano immediatamente o poco dopo la fine dell'esposizione. Sono i cosiddetti *effetti sensoriali* che provocano disturbi transitori che influiscono sulle capacità cognitive o su altre funzioni cerebrali o muscolari e, in determinate situazioni, influenzano negativamente la capacità di agire o lavorare in sicurezza;
- livello di esposizione caratterizzato da cambiamenti morfologici o funzionali al di fuori dell'intervallo in cui l'organismo può normalmente compensarli e che persistono per lungo tempo o addirittura in modo permanente dopo la fine dell'esposizione. Sono i cosiddetti *effetti sanitari* che comportano un danno biologico in quanto superano i limiti di efficacia dei meccanismi di riparazione, adattamento e compensazione dell'organismo.

I valori di soglia degli *effetti sensoriali* e *sanitari* sono definiti in relazione al meccanismo di interazione e alla risposta biologica indotta, nonché all'intervallo di frequenza del campo incidente. In base alla frequenza, gli effetti dei CEM si manifestano sia attraverso *effetti non termici* che si traducono nella stimolazione dei tessuti neuromuscolari, per l'esposizione a campi magnetici statici e quasi statici (0–1 Hz) e a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo a frequenze fino a 10 MHz (basse frequenze), sia attraverso *effetti termici* che si traducono nella deposizione di calore nei tessuti, per l'esposizione a campi elettromagnetici variabili nel tempo a frequenze superiori a 100 kHz (alte frequenze); nell'intervallo di frequenze da 100 kHz a 10 MHz (frequenze intermedie) sono presenti sia gli effetti termici sia quelli di stimolazione.

Poiché gli effetti *non termici* derivanti dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici in bassa frequenza sono indotti da campi transitori o da picchi di brevissima durata, i pertinenti limiti di esposizione sono considerati come valori istantanei. Al contrario, gli effetti *termici* indotti dall'esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza si basano sull'assorbimento di energia e sulla propagazione del calore attraverso i tessuti; pertanto, i limiti di esposizione pertinenti sono considerati come valori mediati su un periodo di tempo.

Nella Figura 1 è rappresentata una descrizione schematica degli effetti dei CEM e dei relativi limiti di esposizione in funzione della frequenza.

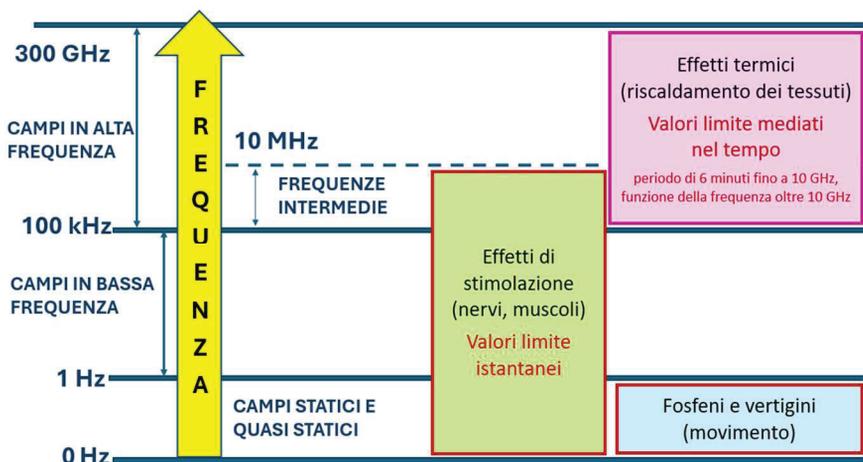


Figura 1: Effetti dei CEM in funzione della frequenza e relativi limiti.

EFFETTI INDIRETTI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Oltre agli effetti pericolosi derivanti dall'interazione diretta del campo con il corpo, i CEM possono causare *effetti indiretti*, cioè effetti derivanti dall'interazione del campo con dispositivi medici o elementi metallici impiantati o indossati sul corpo, nonché con oggetti o elementi presenti nell'ambiente, che possono causare rischi per la salute e la sicurezza [1], come elencato di seguito:

- interferenze con apparecchiature e dispositivi medici attivi impiantati o portati sul corpo (ad esempio, stimolatori cardiaci e defibrillatori, pompe di infusione di farmaci, ecc.);
- interferenza con dispositivi medici passivi (ad esempio, protesi metalliche, clip chirurgiche, *stent*, ecc.) e con oggetti o elementi metallici inclusi nel corpo (ad esempio, schegge, piercing, tatuaggi con pigmenti metallici, ecc.);
- rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici non fissi in campi magnetici statici;
- scariche di scintille e scosse elettriche causate da campi elettrici indotti e correnti di contatto, cioè le correnti attraverso gli arti causate dal contatto con un oggetto conduttore a potenziale diverso da quello del corpo all'interno di un campo elettromagnetico;
- l'innescio di dispositivi elettro-esplosivi (ad esempio, detonatori);

- incendi ed esplosioni derivanti dall'accensione di materiali infiammabili da parte di scintille causate da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche.

Le soglie per gli effetti indiretti dei CEM sono solitamente più basse di quelle per gli effetti diretti. In particolare, i problemi di interferenza con i dispositivi medici attivi possono verificarsi a livelli di esposizione inferiori ai livelli di riferimento raccomandati per la popolazione e dovrebbero quindi essere oggetto di adeguate precauzioni [3].

EFFETTI A LUNGO TERMINE DELL'ESPOSIZIONE A CEM

Attualmente mancano prove scientifiche conclusive sui possibili effetti derivanti da esposizioni prolungate a CEM di basso livello, in quanto è più difficile stabilire un nesso causale tra l'esposizione e l'effetto stesso, che può avere un'incidenza caratterizzata da fluttuazioni statistiche o un'origine multifattoriale. Nonostante ciò, nel 2001, la IARC, Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro, ha classificato l'esposizione ai campi magnetici a bassissima frequenza (50/60 Hz) come possibilmente cancerogena per l'uomo (Gruppo 2B), sulla base di una limitata evidenza di un aumento del rischio di leucemia infantile osservata in studi epidemiologici [4]. Nel 2011, sempre sulla base di limitate evidenze epidemiologiche, la IARC ha inserito anche i CEM a radiofrequenza nel Gruppo 2B, con riferimento ad alcuni tumori cerebrali e del nervo acustico per utilizzo intensivo di telefoni cellulari [5], come riportato dallo studio *Interphone* [6]. Tuttavia, la IARC ha sottolineato che questi risultati non sono né conclusivi né sufficienti a dimostrare un nesso causale di una possibile associazione tra l'esposizione cronica ai campi elettromagnetici e il rischio di sviluppare un tumore, in quanto non è stato possibile escludere con ragionevole certezza errori o *bias*.

Pertanto, allo stato attuale delle conoscenze, le limitate evidenze relativamente ai possibili effetti avversi derivanti dall'esposizione a lungo termine ai CEM non sono ritenute sufficienti dalle più autorevoli organizzazioni internazionali per accertare relazioni dose-effetto che consentano di definire valori soglia e, di conseguenza, restrizioni per le esposizioni subacute o croniche ai CEM. Tuttavia, alcune legislazioni nazionali, tra cui quella italiana, hanno stabilito restrizioni per l'esposizione della popolazione ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine dei CEM (campi a frequenza di rete e a radiofrequenza) sulla base del principio di precauzione [7].

QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

I limiti di esposizione ai CEM raccomandati dalla Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP) si basano su prove scientifiche consolidate con l'obiettivo di proteggere dagli effetti accertati, ossia gli effetti acuti diretti e indiretti che si verificano quando i livelli di esposizione superano determinati valori di soglia [8][9][10][11][12]. I limiti di esposizione per i lavoratori sono definiti introducendo opportuni fattori di riduzione (da 5 a 10, a seconda dell'intervallo di frequenza) rispetto ai valori di soglia accertati per l'insorgenza di effetti avversi, per tenere conto dei fattori di incertezza dovuti, ad esempio, alla variabilità interindividuale e all'incertezza nella valutazione del campo. Ulteriori fattori di riduzione cautelativi (da 2 a 5, a seconda dell'intervallo di frequenza) sono applicati per la definizione dei limiti di esposizione per la popolazione, in quanto essa comprende individui generalmente ignari dei possibili rischi e che non beneficiano delle misure di tutela attuate per i lavoratori (ad esempio, informazione, formazione, sorveglianza sanitaria), nonché individui appartenenti alle categorie potenzialmente più vulnerabili (ad esempio, bambini, anziani, soggetti affetti da patologie anche gravi o portatori di dispositivi medici).

Nelle sezioni seguenti viene descritto il quadro normativo sulla tutela dall'esposizione ai CEM nell'Unione Europea e in Italia, evidenziando le peculiarità della legislazione italiana rispetto a quella europea.

QUADRO NORMATIVO EUROPEO SULL'ESPOSIZIONE A CEM

La Direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici [1] delinea un quadro di valori limite di esposizione (VLE) e di livelli di azione (LA), derivati dai limiti occupazionali delle linee guida ICNIRP 1998 [8], riguardanti gli effetti termici delle esposizioni a campi elettromagnetici variabili nel tempo (da 100 kHz a 300 GHz), e delle linee guida ICNIRP 2009 [9] e ICNIRP 2010 [10]. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** per quanto riguarda gli effetti non termici dell'esposizione a campi magnetici statici e a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (da 1 Hz a 10 MHz).

Analogamente, la Raccomandazione 1999/519/CE del Consiglio [3] delinea un quadro di limiti di base (LB) e livelli di riferimento (LR) per la limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz), che si basano sui limiti per la popolazione delle linee guida dell'ICNIRP

del 1998 [8]. Le restrizioni specificate nella Raccomandazione 1999/519/CE sono state approvate dal Comitato scientifico direttivo della Commissione europea (articolo 10 della Raccomandazione del Consiglio 1999/519/CE) e sono state confermate dalla Commissione nel 2016 come lo stato dell'arte e, quindi, come la base per le norme tecniche dei prodotti destinati all'uso dalla popolazione [13].

Sia i LB della Raccomandazione 1999/519/CE sia i VLE della Direttiva 2013/35/UE sono espressi in termini di grandezze di base che correlano l'effetto osservato con il livello di esposizione all'interno del corpo umano, cioè in termini di grandezze dosimetriche. Pertanto, i LB e i VLE sono quantità non misurabili direttamente nell'ambiente, ma richiedono una valutazione mediante esperimenti di laboratorio o tecniche di dosimetria numerica. I LR della Raccomandazione 1999/519/CE e il LA della Direttiva 2013/35/UE sono, invece, valori precauzionali definiti al fine di semplificare il processo di verifica della conformità, rispettivamente, ai LB e ai VLE; essi sono espressi in termini di grandezze misurabili nell'ambiente in assenza del soggetto esposto, derivate dalle grandezze di base in condizioni di esposizione standardizzate nel caso peggiore. Per la protezione dagli effetti indiretti, quali scariche elettriche, correnti di contatto e interferenze con dispositivi medici impiantati e indossati, sono stati definiti ulteriori LR e LA.

La conformità ai LR o ai LA garantisce che i pertinenti LB o i VLE non siano superati; tuttavia, il superamento dei LR o dei LA non implica necessariamente il superamento dei LB o VLE. In caso di superamento dei LR o dei LA, è necessario dimostrare che i relativi LB o VLE sono rispettati e che possono essere esclusi rischi per la sicurezza. In alternativa, devono essere attuate misure tecniche e/o organizzative, come le disposizioni per i luoghi di lavoro riportate nell'articolo 5 della Direttiva 2013/35/UE.

QUADRO NORMATIVO NAZIONALE SULL'ESPOSIZIONE A CEM

La Direttiva 2013/35/UE è stata recepita nell'ordinamento italiano attraverso il decreto legislativo n. 159 del 1° agosto 2016 (D.Lgs. 159/2016) [14], che ha modificato il Titolo VIII (agenti fisici) del decreto legislativo n. 81 del 9 aprile 2008 "*Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro*" (D.Lgs. 81/2008) [15], riscrivendo l'intero Capo IV (Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione ai campi elettromagnetici), adeguando il Capo VI (sanzioni) e sostituendo l'Allegato XXXVI (limiti di esposizione ai campi elettromagnetici).

I limiti di esposizione di cui all'Allegato XXXVI del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. sono identici a quelli riportati negli Allegati II e III della Direttiva

2013/35/UE; tuttavia, i *livelli di azione* (LA) della Direttiva 2013/35/UE sono denominati *valori di azione* (VA) nel D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. Inoltre, il recepimento italiano ha introdotto, nella clausola 6 dell'articolo 208 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., l'obbligo per il datore di lavoro di comunicare all'Organo di vigilanza territorialmente competente, mediante una relazione tecnica, il previsto superamento del VA *inferiore* per il campo magnetico o del VLE relativo agli effetti sensoriali. Tale obbligo non si riferisce al superamento accidentale dei limiti – nel qual caso il datore di lavoro deve aggiornare la valutazione dei rischi e le misure adottate per ripristinare le condizioni di sicurezza, ai sensi dell'art. 210, comma 7 – bensì ai superamenti previsti e programmabili dei limiti relativi agli effetti sensoriali, e solo se giustificati dalla prassi o dal processo produttivo.

Nel quadro normativo italiano sull'esposizione dei lavoratori ai CEM, si deve altresì tenere conto del combinato disposto del D.Lgs. 81/2008 e della legge n. 36 del 22 febbraio 2001 per la protezione dei lavoratori e della popolazione dalle esposizioni a campi elettromagnetici (Legge quadro 36/2001) [16], insieme ai relativi decreti attuativi del Presidente del Consiglio dei ministri dell'8 luglio 2003 (DPCM 8/7/2003), ossia:

- DPCM 8 luglio 2003 – basse frequenze (BF): “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti” [17];
- DPCM 8 luglio 2003 – alte frequenze (AF): “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz” [18] **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, come modificato dall'articolo 14, comma 8 del decreto legge n. 179 del 18 ottobre 2012 [19] e dall'articolo 10 della legge 30 dicembre 2023, n. 214 [20].

I due DPCM 8/7/2003 e s.m.i. incorporano l'insieme delle restrizioni all'esposizione della popolazione ai CEM delineate nella Raccomandazione 1999/519/CE, ad eccezione delle esposizioni riconducibili agli *elettrodotti alla frequenza di rete (50 Hz)* [17] e ai *sistemi fissi di telecomunicazione e trasmissione (100 kHz – 300 GHz)* [18], per i quali i suddetti decreti stabiliscono restrizioni specifiche, più conservative rispetto a quelle della Raccomandazione 1999/519/CE [3], come descritto di seguito:

- Limiti di esposizione (LE), valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, intesi come valori di *immissione*, definiti ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione [16];
- Valori di attenzione (VAtt), valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, intesi come valori di *immissione*, che non devono essere superati nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere [17][18] e nelle pertinenze esterne ad uso abitativo [19]; essi costituiscono misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine [16];
- Obiettivi di qualità (OdQ), valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, intesi come valori di *immissione*, stabiliti ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai CEM [16]; si applicano nella progettazione di nuovi elettrodotti e nella progettazione di nuovi insediamenti nella prossimità di elettrodotti [17], nonché nelle aree esterne altamente frequentate nella prossimità di impianti fissi di telecomunicazione e radiotelevisivi [18][19].

Un'altra particolarità di rilievo introdotta dalla Legge Quadro 36/2001 è la distinzione tra esposizione *professionale e non professionale* dei lavoratori ai CEM [16]. La Legge Quadro definisce come *esposizione professionale* ai CEM “qualsiasi tipo di esposizione dei lavoratori che, a causa della loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” (articolo 3, comma 1, lettera f)) e come *esposizione della popolazione* “qualsiasi tipo di esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e dell'esposizione intenzionale a fini diagnostici o terapeutici” (articolo 3, comma 1, lettera g)). In virtù di tale definizione, le esposizioni a CEM dei lavoratori estranee e non necessarie alla specifica mansione assegnata – anche dette esposizioni *non professionali* – sono da assimilare all'esposizione della popolazione, a cui si applicano i principi generali definiti nel Titolo VIII, Capo I e Capo IV del D.Lgs. 81/08 e s.m.i. e le restrizioni dei DPCM 8/7/2003 e s.m.i.

Una trattazione dettagliata del quadro normativo italiano e delle relative indicazioni operative in materia di protezione dalle esposizioni ai campi elettromagnetici è contenuta nella "*Guida alla valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza derivante dall'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro*",

pubblicata nel gennaio 2021 dal Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) come guida CEI 106-45 [21].

VALUTAZIONE DEL RISCHIO CEM

Il processo di valutazione del rischio da CEM, di cui all'articolo 209 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. [15], può essere suddiviso in quattro macrofasi, più o meno ampie e dettagliate a seconda della complessità del luogo di lavoro e delle caratteristiche delle sorgenti di CEM presenti. Il processo si sviluppa attraverso l'identificazione delle sorgenti di CEM e dei lavoratori esposti, la valutazione dell'esposizione mediante misurazioni e/o calcoli o sulla base delle informazioni disponibili a partire dalle informazioni riportate nel manuale d'uso e manutenzione dell'apparecchiatura, nelle banche dati riconosciute [22], nella Guida Pratica della Commissione europea [23] e nelle norme tecniche del CENELEC e del CEI, Guida CEM 106-45 [24] e, se necessario, con calcoli/misurazioni. Infine, la valutazione del rischio residuo deve tener conto delle eventuali misure di prevenzione e/o protezione (organizzative, procedurali e tecniche) per ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori ai CEM – che dovranno essere riportate nel Documento di Valutazione dei Rischi (DVR) di cui all'articolo 17, comma 1, lettera *a*) del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.

Di norma, una semplice valutazione qualitativa del rischio da CEM può essere sufficiente nei luoghi di lavoro in cui sia verificato che tutte le sorgenti di CEM e tutte le apparecchiature in uso siano conformi *a priori* ai limiti per la popolazione, come indicato nella norma CEI EN 50499 [24], nonché siano state considerati gli eventuali effetti sulla salute e la sicurezza dei lavoratori esposti a rischi particolari di cui all'art. 209, comma 5, lett. *d*) del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. – ossia i lavoratori portatori di dispositivi medici attivi o passivi, impiantati o portati sul corpo, e le lavoratrici in stato di gravidanza. Qualora ciò non sia verificato o si ritiene che i livelli di esposizione ai CEM siano probabilmente più intensi dei limiti per la popolazione, è necessario effettuare una valutazione più approfondita, che può includere una valutazione quantitativa basata su calcoli o misurazioni per stabilire l'entità dei livelli di esposizione. In tal caso, i risultati della verifica dei livelli di esposizione possono essere confrontati con i limiti di esposizione applicabili per fornire una valutazione quantitativa dell'entità del rischio.

Un possibile approccio *semi-quantitativo* per la valutazione approfondita del rischio da CEM è stato proposto dagli autori in un precedente lavoro pubblicato nel 2022 [25]. Tale approccio si basa su una matrice bidimensionale, che riporta gli indici di rischio calcolati come il prodotto di

due indici relativi, rispettivamente, alla *gravità* di un effetto potenzialmente pericoloso indotto dall'esposizione a CEM e alla *probabilità* di accadimento di tale evento, come descritto nella formula (1):

$$R = D \times P \times K \quad (1)$$

in cui:

- R è l'indice di rischio;
- D è l'indice di *gravità* del danno derivante da un effetto pericoloso;
- P è l'indice di *probabilità* di accadimento di un effetto pericoloso;
- K è un parametro (≤ 1) che tiene conto delle eventuali misure di prevenzione e/o protezione attuate.

Gli indici P e M sopra riportati possono essere quantificati utilizzando una scala suddivisa, ad esempio, in quattro valori, ciascuno dei quali corrisponde, rispettivamente, a una probabilità di accadimento più o meno elevata e a una gravità del danno più o meno significativa. I valori di questi indici possono essere ponderati con un parametro ($K \leq 1$) che tiene conto delle eventuali misure di prevenzione e protezione attuate – tra cui la zonizzazione descritta nell'allegato E alla norma CEI EN 50499 [24] – che consentono di ridurre, rispettivamente, la probabilità di accadimento e la gravità del danno. Per quanto riguarda la probabilità, essa può essere ponderata in base al luogo e all'organizzazione del lavoro, mediante un indice di occorrenza a numeratore e, a denominatore, mediante dei fattori di riduzione del rischio di esposizione ai CEM quali, ad esempio, procedure operative, formazione e informazione, sorveglianza sanitaria. La matrice così definita permette di identificare le priorità di intervento.

VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI GRAVITA' DI UN EFFETTO

Nella Tabella 1 sono riportati i valori degli indici di *gravità* attribuibili a un effetto pericoloso (D) che può derivare dall'esposizione ai CEM in un luogo di lavoro, insieme all'esito della valutazione (giudizio) e ai relativi criteri di definizione, elaborati sulla base delle indicazioni della Guida Pratica della Commissione europea [23]. Gli indici sono proposti suddividendoli secondo una scala di quattro valori (1–4) in relazione al livello di gravità valutato (da *lieve* a *molto grave*).

Tabella 1: Indici di gravità di un effetto pericoloso per la salute o la sicurezza e relativi criteri di definizione [23].

Indice di gravità (D)	Giudizio	Criteri di definizione
1	Lieve	Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti sensoriali fastidiosi rapidamente reversibili e/o inabilità temporanea.
2	Moderato	Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti sulla salute reversibili e/o inabilità reversibile
3	Grave	Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti sulla salute non reversibili e/o parzialmente invalidanti
4	Molto grave	Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti letali o totalmente invalidanti

Nella Tabella 2 sono illustrati gli effetti pericolosi, diretti e indiretti, derivanti dall'esposizione ai CEM (colonna 1), in relazione ai livelli di esposizione (colonna 2), alla stima della gravità dei possibili danni (colonna 3), e i relativi indici di quantificazione del danno (*D*) (colonna 4). La tabella è stata elaborata dagli autori [25] tenendo conto sia dei valori limite occupazionali applicabili [1][15], sia delle indicazioni nella Guida Pratica relativamente ai criteri per la valutazione degli effetti pericolosi che possono derivare dall'esposizione ai CEM [23].

La classificazione della scala di gravità proposta nella Tabella 2 può essere adattata o modificata in base al luogo di lavoro e alla pratica lavorativa oggetto di valutazione.

Tabella 2: Esiti e gravità degli effetti pericolosi per la salute o la sicurezza derivanti dall'esposizione ai CEM [23][25]

Effetti pericolosi	Livelli di esposizione	Gravità	Indice di gravità (D)
Sensazioni di vertigini e nausea Percezione di lampi di luce (fosfeni)	> VLE sensoriale induzione magnetica esterna (0 Hz) > VA inferiore induzione magnetica (fino a 400 Hz)	Lieve	1
Micro scariche elettriche	> VA inferiore campo elettrico		
Disturbi uditivi da microonde	VLE sensoriale (effetti termici)		
Formicolio dovuto a lieve stimolazione nervosa	> VA superiori		
Sensazione di calore superficiale	> VA effetti termici	Moderata	2
Moderata stimolazione nervosa con contrazione muscolare	> VLE sanitari (effetti non termici)		
Percezione di calore, sudorazione per moderato aumento della temperatura dei tessuti	> VLE sanitari (effetti termici)	Grave	3
Propulsione di oggetti ferromagnetici in campi magnetici statici	> VA rischio propulsivo (in caso di sorgenti CMS > 100 mT)		
Interferenza con dispositivi medici impiantabili o indossabili	> LR popolazione > VA interferenza DMIA (CMS > 0,5 mT)	Grave	3
Contrazione dei muscoli, aritmia cardiaca	>> VLE sanitari (effetti non termici)		
Aumento considerevole della temperatura dei tessuti, stress termico, ustioni	>> VLE sanitari (effetti termici)	Grave	3
Accensione di atmosfere infiammabili Innesco di detonatori	> VA inferiore campo elettrico (scariche elettriche)	Molto grave	4

VALUTAZIONE DELLA PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO

La valutazione della *probabilità* di accadimento di un effetto pericoloso deve tenere conto di fattori quali l'accesso alle fonti di esposizione ai CEM, la natura dei compiti svolti dai lavoratori e le relative procedure operative.

Nella Tabella 3 sono riportati gli indici di probabilità di un effetto pericoloso (*P*) indotto dall'esposizione ai CEM in un luogo di lavoro e i relativi criteri di definizione, elaborati sulla base delle indicazioni della Guida Pratica della Commissione europea [23]. Gli indici sono suddivisi proponendo una scala di quattro valori (1–4) in relazione al livello di probabilità valutato (da *improbabile* a *molto probabile*).

Tabella 3: Indici della probabilità di accadimento di un effetto pericoloso per la salute o la sicurezza e relativi criteri e definizioni [23]

Indice di probabilità (P)	Giudizio	Criteri di definizione
1	Improbabile	La mancanza rilevata potrebbe provocare un danno per la concomitanza di più eventi improbabili e indipendenti. Non sono noti episodi già verificatisi. Il verificarsi del danno ipotizzato susciterebbe incredulità.
2	Possibile (poco probabile)	La mancanza rilevata può provocare un danno solo in circostanze sfortunate di eventi. Sono noti solo rarissimi episodi già verificatisi. Il verificarsi del danno ipotizzato susciterebbe grande sorpresa.
3	Probabile	La mancanza rilevata può provocare un danno anche se non in modo automatico o diretto. Già noto, all'interno dell'unità produttiva, qualche episodio in cui alla mancanza rilevata ha fatto seguito a un danno. Il verificarsi del danno ipotizzato susciterebbe una moderata sorpresa.
4	Molto probabile	Esiste una correlazione diretta tra la mancanza rilevata ed il verificarsi del danno ipotizzato per i lavoratori. Si sono già verificati danni per la stessa mancanza rilevata in situazioni simili. Il verificarsi del danno alla mancanza rilevata non susciterebbe alcun stupore (in altre parole l'evento sarebbe largamente atteso).

MATRICE DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Sulla base dei valori dell'indice di rischio (*R*) è possibile definire una matrice di analisi del rischio, che sintetizza la valutazione delle situazioni di rischio

presenti in un luogo di lavoro analizzando sia il tipo di esposizione, in relazione alle mansioni svolte e a eventuali condizioni di particolare sensibilità al rischio, sia le caratteristiche della sorgente di CEM, in relazione ai livelli di emissione e luogo in cui essa è installata, sintetizzati nella Tabella 4.

Tabella 4: Matrice di valutazione del rischio ($R = D \times P$)

	Probabilità (P)			
Gravità (D)	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	4	6	8
3	3	6	9	12
4	4	8	12	16

Le misure di prevenzione e protezione per ridurre i rischi e le azioni di miglioramento per minimizzare l'esposizione dei lavoratori ai CEM possono essere identificate sulla base del livello di tollerabilità del rischio valutato, insieme al relativo ordine di priorità degli interventi, come illustrato nella Tabella 5.

Ai fini della valutazione del rischio da CEM, gli autori suggeriscono di fissare un livello di rischio pari a $R = 1$ come *rischio accettabile*, cioè il rischio che può essere considerato non significativo e per il quale non sono necessarie misure di prevenzione o protezione, anche se potrebbero essere richieste misure specifiche per i lavoratori esposti a rischi particolari. Ciononostante, è possibile pianificare azioni di miglioramento a medio-lungo termine in applicazione del principio di ottimizzazione e di miglioramento continuo per mirare, ove possibile, a raggiungere esposizioni a valori di CEM al di sotto dei limiti di esposizione stabiliti per la popolazione.

Tabella 5: Scala di valutazione del rischio CEM e priorità degli interventi
[25]

Livello di rischio	Livello di tollerabilità	Livello di priorità d'intervento
Rischio molto alto ($R > 8$)	Rischio inaccettabile Rischio che, di fatto, vieta di effettuare il lavoro. Occorre isolare la fonte di rischio dai lavoratori; se tecnicamente non fattibile, prima di esporre i lavoratori al rischio individuato bisogna attuare immediatamente interventi sostitutivi, effettuare un'adeguata formazione ai lavoratori esposti e limitare in ogni caso il tempo di esposizione.	Priorità P1 Le azioni correttive sono indilazionabili e devono essere attuate immediatamente.
Rischio alto ($4 < R \leq 8$)	Rischio non tollerabile Sono necessarie azioni correttive per ridurre il rischio al livello minimo ragionevolmente ottenibile. L'intervento di risanamento è da eseguirsi a breve termine, ponendo in atto nel frattempo degli interventi sostitutivi per ridurre temporaneamente il rischio presente, e verificando periodicamente sia la formazione dei lavoratori esposti sia l'attuazione e l'efficacia dei provvedimenti sostitutivi.	Priorità P2 Le azioni correttive sono da programmare e attuare con urgenza. (Il DL deve definire un arco temporale congruo misurabile)
Rischio medio ($2 \leq R \leq 4$)	Rischio tollerabile Rischio che può essere accettato a condizione di applicare misure per la riduzione del rischio stesso, al fine di ridurlo al livello minimo ragionevolmente ottenibile. Le azioni correttive e/o migliorative sono da attuare nel breve-medio termine, verificando periodicamente sia la formazione dei lavoratori esposti sia l'attuazione e l'efficacia dei provvedimenti.	Priorità P3 Le azioni correttive e/o migliorative sono da programmare e attuare nel breve-medio termine. (Il DL deve definire un arco temporale congruo misurabile)
Rischio basso ($R = 1$)	Rischio accettabile (irrelevante) Rischio con il quale si convive. Rischio irrilevante, o per le caratteristiche proprie o in seguito all'applicazione delle misure di prevenzione. Programmazione di eventuali interventi di miglioramento nel medio-lungo periodo. È richiesto il monitoraggio per assicurare che siano mantenuti i controlli.	Priorità P4 Le azioni migliorative sono da programmare e attuare nel medio-lungo termine. (Il DL deve definire un arco temporale congruo misurabile)

CONCLUSIONI

Il processo di valutazione del rischio da campi elettromagnetici nei luoghi di lavoro delineato nel presente articolo tiene conto di quanto previsto dalla Direttiva 2013/35/UE e dalla norma tecnica CEI EN 50499, nonché del combinato disposto della Legge quadro 36/2001 e relativi decreti attuativi DPCM 8/7/2003 e del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.

Viene, inoltre, proposta una metodologia semiquantitativa per la valutazione del rischio da campi elettromagnetici basata su una matrice bidimensionale. Nella matrice sono riportati gli indici di rischio calcolati come prodotto tra l'indice di gravità di un effetto pericoloso e la probabilità che si verifichi tale evento. La valutazione della gravità assegnata all'effetto deve riflettere l'esito atteso dell'evento pericoloso, mentre la probabilità che esso si verifichi deve tenere conto di fattori legati al luogo di lavoro e alle pratiche lavorative. L'assegnazione definitiva dei punteggi di gravità e la relativa dimensione della matrice di analisi dei rischi è una questione lasciata al giudizio del valutatore, essendo influenzata dal contesto del luogo di lavoro oggetto di valutazione, dalla pratica lavorativa, dalla intensità del campo accessibile e da altri fattori locali, da valutare caso per caso.

In relazione all'indice di rischio valutato possono essere individuate le misure di prevenzione e protezione per la riduzione del rischio nonché le priorità di intervento, che dovranno essere adeguate ai lavoratori esposti a rischi particolari, quali i portatori di dispositivi medici attivi e passivi, impiantato o portati sul corpo, e le lavoratrici in gravidanza.

I risultati del processo di valutazione del rischio devono essere documentati nel Documento di Valutazione dei Rischi insieme alle azioni di miglioramento per mirare, laddove possibile, a raggiungere esposizioni a valori di CEM al di sotto dei limiti di esposizione stabiliti per la popolazione.

La metodologia semiquantitativa proposta in questo lavoro potrebbe essere utilizzata anche per effettuare una valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza nei casi in cui fossero autorizzate deroghe al rispetto dei VLE secondo le condizioni stabilite dall'art. 212 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Direttiva (EU) N. 35/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio del 26 giugno 2013 sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (ventesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) che ha abrogato la direttiva

2004/40/CE a decorrere dal 29 giugno 2013. G.U.U.E L179/1 del 26-6-2013.

- [2] World Health Organisation, The International EMF Project (<https://www.who.int/initiatives/the-international-emf-project>).
- [3] Raccomandazione del Consiglio delle Comunità europee, 12 luglio 1999 “Limitazione dell’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz (1999/519/CE)”. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* L 199/59, 30 luglio 1999.
- [4] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields*. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum 2002:80:1-395. PMID: [12071196](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12071196/).
- [5] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields*. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum 2013:102(Pt 2):1-460. PMID: [24772662](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24772662/).
- [6] Interphone study on mobile phone use and brain cancer risk Report – International Agency for research on Cancer (IARC), May 2010 (https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr200_E.pdf).
- [7] R. Stamm. *Comparison of international policies on electromagnetic fields*, National Institute for Public Health and the Environment, RIVM, The Netherlands, 2018 (<https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/Comparison%20of%20international%20policies%20on%20electromagnetic%20fields%202018.pdf>).
- [8] ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz). *Health Phys* 1998;74(4):494-522. PMID: 9525427.
- [9] ICNIRP Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields. *Health Phys* 2009;96(4):504-14. DOI: 10.1097/01.HP.0000343164.27920.4a. PMID: 19276710.
- [10] ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). *Health Phys* 2010;99(6):818-36. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181f06c86. PMID: 21068601.

- [11] ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electric fields induced by movement of the human body in a static magnetic field and by time varying magnetic fields below 1 Hz. *Health Phys* 2014;106(3):418-25. DOI: 10.1097/HP.0b013e31829e5580. PMID: 25208018.
- [12] ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Phys* 2020;118(5):483-524. DOI: 10.1097/HP.0000000000001210. PMID: 32167495.
- [13] Letter GROW/C3/DP/mm (2016) 2534933 to CENELEC TC 106X, 29th April 2016.
- [14] Decreto Legislativo 1/8/2016, N. 159 “Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE”. G.U. serie generale n.192 del 18/8/2016.
- [15] Decreto Legislativo 09/4/2008 N.81 “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”. S.O. N.108/L alla G.U. n. 101 del 30/4/2008.
- [16] Legge 22/2/2001, N. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”. G.U. n. 55 del 7 marzo 2001.
- [17] DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”. GU n. 200 del 29 agosto 2003.
- [18] DPCM 8 luglio 2003 “Limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz”. GU n. 199 del 29 agosto 2003).
- [19] Legge di conversione 17 dicembre 2012, n. 221, Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179 recante Ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese (c.d. Decreto Crescita 2.0), coordinato con la legge di conversione 17 dicembre 2012, n. 221”. Art. 14 “Interventi per la diffusione delle tecnologie digitali”, commi 10,

11 e 12 *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n. 294, 18 dicembre 2012.

- [20] Legge 30 dicembre 2023, n. 214, Legge annuale per il mercato e la concorrenza 2022 (23G00220). *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n. 303 del 30 dicembre 2023.
- [21] Guida CEI 106-45 (2021-01) Guida CEM – Guida alla valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza derivante dall’ esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro.
- [22] Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome – D.Lgs. 81/2008 Titolo VIII, Capo IV e s.m.i. sulla prevenzione e protezione dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici: Indicazioni operative.
- [23] Guida Non Vincolante Di Buone Prassi per l’attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici. Volume 1 – Guida pratica, Volume 2 – Studi di casi, Volume 3 – Guida per le PMI. Unione Europea, 2015.
- [24] Norma CEI EN 50499 (2020-11) Procedura per la valutazione dell’esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici.
- [25] L. Filosa and V. Lopresto. Semi-quantitative methodology to assess health and safety risks arising from exposure to electromagnetic fields up to 300 GHz in workplaces according to Italian regulations. (2022) *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)* DOI: 10.1080/10803548.2022.2077511.

MODERNI STRUMENTI DI SUPPORTO ALLA VALUTAZIONE E ALLA SEGNALEZIONE DEL RISCHIO: LA NUOVA VERSIONE 1.6 DEL FRAMEWORK “DVRPLUS” COME PIATTAFORMA INTERATTIVA IN REALTÀ AUMENTATA.

Raffaele d’Angelo (1), Gennaro Bufalo (2), Antonio Lanzotti (3), Andrea Tarallo (3), Domenico Coccoresese (3), Giuseppe Marannano (4)

- 1) Consulenza tecnica per la salute e la sicurezza (Ctss), Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro (INAIL), Campania, Napoli
- 2) Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli
- 3) Fraunhofer Joint Lab IDEAS, Università di Napoli Federico II, Napoli
- 4) Dipartimento di Ingegneria dell’Università degli Studi di Palermo, Palermo

INTRODUZIONE

Dalla letteratura scientifica [1, 2, 3] non risulta che vi siano software per dispositivi mobili, di facile utilizzo, interattivi, che siano di supporto per la gestione del rischio dal momento del primo sopralluogo, alla redazione del Documento di Valutazione del Rischio, fino all’informazione dei lavoratori, e che inoltre sfruttino nuove tecnologie di industria 4.0 come la Realtà Aumentata. Con la prospettiva di realizzare un tale tipo di software, è stata iniziata una collaborazione tra il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell’Università Federico II e la Consulenza Tecnica per la Salute e Sicurezza della Direzione Regionale Campania dell’INAIL che ha consentito lo sviluppo di un framework, denominato DVRplus (DVR+), per aiutare nei loro diversi compiti gli “attori della sicurezza”, in particolare il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP) ed i Lavoratori.

Questo framework è stato concepito come un’infrastruttura che fornisce componenti software flessibili di aiuto agli utilizzatori per accelerare lo sviluppo delle loro applicazioni in tema di sicurezza e per facilitarne l’implementazione e l’uso. Inoltre, può rappresentare anche un utile strumento per il continuo monitoraggio delle attività implementate.

Tale tipo di framework può essere immaginato come una raccolta di attrezzi (i componenti software) che possono essere accoppiati e utilizzati liberamente per costruire una propria applicazione; ciò migliora la capacità di manutenzione, la flessibilità e la scalabilità del software nel suo complesso. Si determina, così, anche una sua facile applicabilità alle piccole e medie imprese [4, 5].

Il framework viene revisionato nel tempo con miglioramenti, o aggiunta di componenti, anche tenendo conto dei suggerimenti delle utenze; attualmente si è alla revisione 1.6.

Avendo incluso strumenti di monitoraggio e di scambio di informazioni tra gli “attori della sicurezza”, in particolare con i lavoratori (es. verifica dei dispositivi di sicurezza da indossare, scambio di informazioni sui rischi presenti, invio di messaggi, ecc.), il framework opera anche come piattaforma interattiva. In questo caso, per fornire un ambiente più visivo e immersivo per un maggiore coinvolgimento dei partecipanti [1], si è fatto uso delle moderne tecnologie di industria 4.0 come la Realtà Aumentata.

DVRplus è quindi un particolare software, completamente gratuito, che fa uso di una App su cellulare o Tablet. L’App è scaricabile da Apple Store e Play Store, ed è gestibile anche da PC attraverso un collegamento ad un sito internet appositamente predisposto dall’Università Federico II all’indirizzo <https://www.dvrplus.it> (la registrazione e l’uso del sito sono gratuiti).

Si prevede di rendere l’applicazione anche indipendente dal particolare sito dando la possibilità di installare la parte gestionale su un proprio computer con un proprio sito; questo consente alle piccole e medie imprese di poter essere completamente autonoma senza vincoli di fidelizzazione e problemi di privacy. Evidentemente, tutte queste caratteristiche sono difficilmente riscontrabili per un’applicazione commerciale.

MATERIALI E METODI

La Piattaforma DVRplus è quindi basata su un’architettura multiutente, dove alcuni con diritti amministrativi (ad es. un responsabile della sicurezza) possono creare contenuti, e altri utilizzatori, non privilegiati (es. lavoratori o utilizzatori occasionali come un visitatore), possono consultare le informazioni precedentemente salvate, eseguire compiti indicati, e fare segnalazioni (es. di anomalie). Sono, pertanto, implementati tre diversi profili di utilizzatori:

- *Amministratore di Sistema del server DVR+*, che amministra la piattaforma software e autorizza la registrazione dei Gestori. In questo caso l’Amministratore è il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell’Università Federico II che ha predisposto un server su cui è installato il software di gestione (come evidenziato precedentemente, per rendere l’applicazione indipendente anche da questo sito si prevede di dare la possibilità di installare questa parte gestionale su un proprio computer con un proprio sito).
- *Gestore* (es.: responsabile della sicurezza), che è un utilizzatore autorizzato (dall’ Amministratore) ad usare i vari componenti software (attrezzi, realtà aumentata) per creare i contenuti e le applicazioni da mettere a disposizione degli Utenti. Inoltre, autorizza la registrazione degli Utenti.

- *Utente* (es.: lavoratore), può solo utilizzare le informazioni, i contenuti, e le applicazioni realizzati dal Gestore; inoltre può inviare segnalazioni al Gestore.

Il Gestore e l'Utente operano con due differenti applicazioni che si integrano:

- *una interfaccia web* (attraverso un semplice browser) da PC, Tablet o Cellulare, collegandosi con rete internet al sito di riferimento <https://www.dvrplus.it> (dell'Università Federico II di Napoli); ovviamente l'interfaccia si differenzia se si accede come Gestore o come Utente.
- *una App* (sistema Android o Apple) da Tablet o Cellulare. Anche in questo caso l'interfaccia si differenzia se si accede come Gestore (App-Gestore) o come Utente (App-Utente).

Il sistema attualmente prevede quindi una gerarchizzazione con l'Università che come Amministratore di Sistema dal suo sito/Server autorizza l'uso dell'App-Gestore all'RSPP, che a sua volta autorizza l'uso dell'App-Utente al Lavoratore; successivamente il sito dell'Università potrà essere sostituito dal sito/PC dell'Impresa che vorrà adottare tale sistema. L'applicazione web è rivolta alla visualizzazione e gestione dei dati personali dei Gestori e degli Utenti (dati di registrazione) e delle loro realizzazioni e azioni effettuate (es. accessi, compiti effettuati, memorizzazione di schede di sicurezza, registrazione di Dispositivi di Protezione Individuali da utilizzare o utilizzati, ecc.). Da un punto di vista strettamente tecnico, l'architettura di DVRplus è costituita da un front-end (DVR+ app per smartphone/tablet) sviluppato con Unity e un back-end web basato su PHP e SQL (DVR+ web application server; su Server/PC); per costruire e gestire i contenuti in Realtà Aumentata utilizzati dall'App, è stata scelta la piattaforma software ARCore di Google (poiché non richiede l'uso del GPS nell'ambiente reale).

RISULTATI E DISCUSSIONE

L'App è maggiormente utilizzata sul "campo", infatti contiene diversi strumenti operativi ("attrezzi"). In linea generale, per la determinazione dei tipi di attrezzi, è stato considerato che l'RSPP elabora le informazioni del proprio lavoro in contenuti e gestisce le modalità della somministrazione dei contenuti, nel tempo e nello spazio di lavoro, ai lavoratori (finalizzando il tutto per la loro formazione e informazione).

Quindi, le relative azioni/operazioni da considerare sono, ad esempio: raccogliere, selezionare, raggruppare le informazioni; costruire modalità, presentare, trasmettere con le modalità i contenuti, ecc. Il tutto finalizzato alla loro migliore fruizione da parte dei lavoratori. Quindi, i tipi di attrezzi sono

realizzati proprio per facilitare queste operazioni. Nell'aprire l'App DVRplus, possiamo vedere un primo elenco di questi strumenti (Fig.1). Come si può intuire dall'elenco, alcuni di questi strumenti sono di aiuto anche per realizzare il Documento di Valutazione dei Rischi (DVR); non a caso è stato scelto per l'App il nome DVR. L'App, però, non ha nessun diretto riferimento al DVR o alla sua struttura. Si ha, quindi, una ampia libertà di scelta per come impiegare questi strumenti. Per brevità, si descriverà uno solo di questi strumenti che impiega la Realtà Aumentata (AR) e che viene denominato "sopralluogo AR" nell'App-Gestore e "Accedi ad AR" nell'App-Utente (rispettivamente, figura 1a e 1b).



Figura 1. Una pagina dell'App DVR+, vista su un cellulare, con un primo elenco di alcuni strumenti disponibili (cliccando sul singolo strumento si accede alla relativa funzione): a) *vista App-Gestore*, b) *vista App-Utente*.

Con questo strumento in modalità Gestore l'App consente di riprendere, con la telecamera del dispositivo portatile su cui è installata, posizioni (o oggetti) presenti in un ambiente e di associarvi molto facilmente delle icone alle quali collegare delle informazioni multimediali (es. filmato, immagine, audio, note, file, ecc.) che lo stesso Gestore ha realizzato o ha riferito ad altre fonti (ad esempio da internet). Riprendendo l'ambiente da una qualsiasi posizione le icone appariranno sullo schermo del dispositivo come se fossero realmente presenti (realtà aumentata); in Figura 2 si riporta come esempio di quanto descritto il caso di una postazione di lavoro al computer.

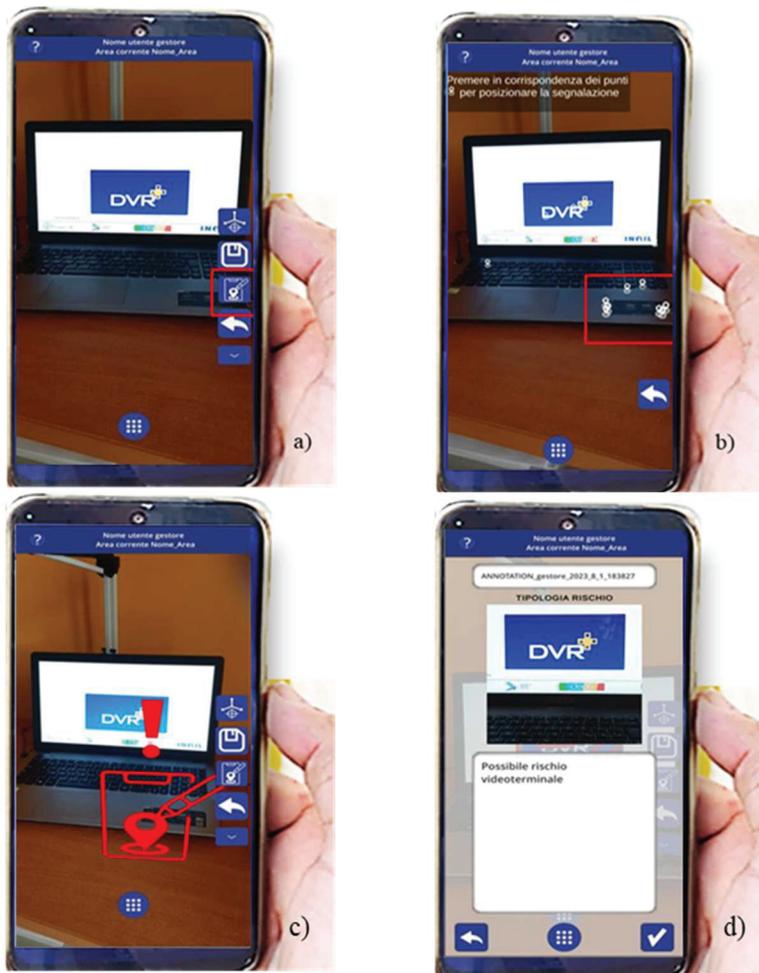


Figura 2. Creazione di contenuti aumentati con DVR+: a) *scena inquadrata con la telecamera del tablet o cellulare*; b) *scelta di una posizione della scena alla quale associare una icona cliccando su uno dei cerchietti virtuali presenti (generati dall'App in maniera dinamica muovendo il dispositivo)*; c) *creazione da parte dell'App di una icona in realtà aumentata (riportata in rosso) che apparirà nella posizione scelta (visibile per qualsiasi Utente che inquadrerà successivamente quella posizione)*; d) *associazione al simbolo di un'informazione multimediale (in figura come semplice esempio è riportata una scritta e una foto della scena inquadrata). Per un Utente, cliccando sul simbolo apparirà l'informazione multimediale associata.*

Lo stesso strumento, in modalità Utente, con un qualsiasi dispositivo portatile su cui è installata l'App, nel momento in cui si inquadreranno le stesse

posizioni (o gli stessi oggetti) farà apparire le icone precedentemente associate. Cliccando su tali icone sarà possibile riprodurre le informazioni multimediali a loro collegate (Figura 2). Per evitare ambiguità (ad esempio per una successiva modifica dell'ambiente ripreso) durante l'associazione posizione-icona è catturata un'immagine che verrà mostrata automaticamente all'atto di cliccare sull'icona (Figura 2d). L'APP è dotata di un ulteriore strumento che è quello della lettura di QR Code, in tal modo, per una maggiore sicurezza, si può realizzare anche una ridondanza delle informazioni inserite con la Realtà Aumentata. Tra i diversi strumenti è presente la funzione di "navigatore" per accompagnare l'Utente lungo percorsi/attività prestabiliti dal Gestore. In questo caso si ha l'attivazione di un timer per il rilevamento del tempo di percorrenza/attività che verrà automaticamente segnalato al Gestore. Il tempo di esecuzione per ogni utente viene salvato nel database remoto ed è accessibile dal Gestore-responsabile della sicurezza. Ciò consente di usare l'app anche ai fini di un addestramento (ad esempio predisponendo attività in materia di sicurezza). Le posizioni dei pericoli e le informazioni inserite sono salvate su un server remoto ed associate ad un determinato luogo di lavoro. I luoghi, a loro volta, sono associati alle aziende. Ogni azienda può definire le aree di lavoro che vuole rendere interattive nella gestione dei rischi. DVR+ supporta il Gestore nella valutazione e segnalazione dei rischi attraverso apposite voci (strumenti) nel menù che richiamano distinte categorie di rischio (moduli). Ogni modulo permette quindi la segnalazione di una determinata tipologia di pericolo. È possibile inoltre prescrivere i Dispositivi di Protezione Individuali (DPI) da utilizzare, e allegare link a documentazione specifica come le modalità d'uso dei DPI e le schede di sicurezza dei prodotti chimici. L'uso della Realtà Aumentata consente così di allertare e controllare l'effettiva ricezione dell'informazione sui DPI da utilizzare, o sui rischi, nel momento in cui si è presenti in una determinata area di lavoro. Allo stesso modo, altre voci (poche perché generiche ma personalizzabili a seconda dei casi) consentono di attivare timer per avvisi sulle manutenzioni/verifiche periodiche delle apparecchiature, come pure per la manutenzione/scadenza dei DPI o di quelli collettivi (DPC), di protezione attiva e passiva antincendio.

CONCLUSIONI

DVR+ è una piattaforma dati accessibili da dispositivi mobili mediante App e dal Web su server. L'App per dispositivi mobili, tra le sue diverse funzioni innovative, consente, tramite tecnologie di Realtà Aumentata, di arricchire l'ambiente di lavoro con icone personalizzabili collegate ad avvisi multimediali di sicurezza immediatamente disponibili (riprendendo l'ambiente con la telecamera del dispositivo e cliccando sulle icone). DVR+ è stato progettato con un approccio partecipativo e sono stati effettuati diversi test di usabilità [6, 7] per migliorare l'interfaccia del software; infatti,

attualmente si è arrivati alla versione 1.6. Migliorare la fruibilità di tali contenuti significa potenziare il flusso di informazioni tra tutti gli attori della sicurezza e, in particolare, tra i lavoratori; pertanto, gli Autori, facendo parte del Team di progettazione e sviluppo dell'App e dell'applicazione server, colgono con il presente lavoro l'occasione per invitare i lettori ad utilizzare l'App DVR+ e fornire suggerimenti per il suo continuo miglioramento.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G.M. Méndez, C. Velázquez, Augmented Reality in Industry 4.0 Assistance and Training Areas: A Systematic Literature Review and Bibliometric Analysis *Electronics* 2024, 13(6), 1147; doi: 10.3390/electronics13061147
- [2] M.C. Leva, N. Balfe, B. McAleer, M. Rocke, Risk registers: Structuring data collection to develop risk intelligence, *Safety Science*, Vol. 100, Part B, 2017, Pages 143-156, ISSN 0925-7535; doi: 10.1016/j.ssci.2017.05.009
- [3] Tsai MK, Yau NJ. Enhancing usability of augmented-reality-based mobile escape guidelines for radioactive accidents. *J Environ Radioact.* 2013 Apr; 118:15-20; doi: 10.1016/j.jenvrad.2012.11.001. Epub 2012 Dec 7. PMID: 23220541.
- [4] R. D'Angelo, A. Lanzotti, G. Bufalo, F. Carbone, A. Tarallo, "Augmented Reality: key enabling technology for training and information of workers" (2019), *Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2019, 10(3), 113-116; doi: 10.36125/ijoehy.v10i3.352.
- [5] G. Bufalo, R. d'Angelo, A. Lanzotti, A. Tarallo, C. Novi, Tecnologie di industria 4.0 a supporto della redazione del DVR per distributori di carburante: esperienze di monitoraggio ambientale e biologico. *Atti del 9° Incontri Mediterranei di Igiene Industriale*, Lecce, 32-41, 19 e 20 Ottobre 2023.
- [6] S. Patalano, A. Lanzotti, D.M. Del Giudice, F. Vitolo, S. Gerbino, 2017: On the Usability Assessment of the Graphical User Interface related to a Digital Pattern Software Tool. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, vol. 11, Issue 3, pp. 457-469 (2017)
- [7] G. Di Gironimo, G. Matrone, A. Tarallo, et al., A virtual reality approach for usability assessment: case study on a wheelchair-mounted robot manipulator. *Engineering with Computers* 29, 359–373, 2013; doi: 10.1007/s00366-012-0274-x

IDENTIFICAZIONE DELLE CRITICITÀ NELL'USO IN SICUREZZA DELLA TECNOLOGIA LASER IN AMBITO ODONTOIATRICO: ANALISI CAMPIONARIA MEDIANTE QUESTIONARIO/CHECK-LIST

Maurizio Diano (1), Elisa Fazio (2), Andrea Bogi (3), Angelo Tirabasso (4), Lucia Longo (5), Claudia Giliberti (6)

1. Unità Operativa Territoriale CVR, Direzione Regionale Calabria, Inail, Catanzaro
2. Tecnico della prevenzione nell'ambiente e nei luoghi di lavoro, Roma
3. Laboratorio di Sanità Pubblica, AUSL Toscana Sud Est
4. Laboratorio Rischi Agenti Fisici, DIMEILA, Inail
5. Dipartimento di Organi di Senso, Università Sapienza, Roma
6. Laboratorio Valutazione dei Rischi e degli Strumenti per la Tutela del Lavoratore, DIT, Inail, Roma

INTRODUZIONE

Un laser (acronimo di Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) è un dispositivo che amplifica la luce, generando fasci luminosi monocromatici, coerenti, caratterizzati da alta potenza ed elevata direzionalità, che coprono frequenze che spaziano dall'infrarosso all'ultravioletto.

I laser sono impiegati in campo medico da oltre quarant'anni, inizialmente soprattutto nell'oftalmologia, estendendosi poi successivamente ad altre discipline, tra cui la dermatologia, la ginecologia, la neurochirurgia e l'otorinolaringoiatria.

A partire dagli anni Settanta del secolo scorso, tali apparati hanno cominciato ad essere utilizzati nella cura delle affezioni del cavo orale e più recentemente anche in odontoiatria [1], per trattamenti specifici come quelli endodontici, parodontali e di odontoiatria estetica, rappresentando un'alternativa alla chirurgia tradizionale.

L'adozione di Apparati Laser in Odontoiatria (ALOd) permette di rendere alcuni trattamenti più confortevoli per il paziente, e in particolare: riduce il sanguinamento e il gonfiore gengivale, riduce il dolore durante l'intervento, sterilizza efficacemente la zona di trattamento, limita i traumi ai tessuti e riduce il rischio di infezione e recidive, consentendo di ottenere, rispetto alle tecniche d'intervento tradizionali, innegabili vantaggi sia in termini di risultati che di recupero funzionale post-intervento [2]. Mentre l'esperienza e la preparazione del personale aumentano con la diffusione di tali apparati in ambito odontoiatrico, non ugualmente si consolida la consapevolezza della

necessità del loro utilizzo in sicurezza, nel pieno rispetto di specifiche norme e documenti tecnici.

In questo lavoro, sulla base dei documenti tecnici, è stata elaborata una apposita check-list, impostata in modo tale da guidare il professionista odontoiatra nell'applicazione delle procedure di prevenzione e protezione da adottare per un utilizzo in sicurezza degli apparati laser, e proposta a 50 odontoiatri.

I risultati mostrano una carente percezione dei rischi legati all'uso dei laser, dovuta a una limitata consapevolezza dei potenziali pericoli, da cui emerge la necessità di una formazione mirata sulla sicurezza del personale che utilizza ALOd.

I LASER IN AMBITO ODONTOIATRICO

In campo odontoiatrico sono utilizzati più tipi di laser, ognuno con lunghezza d'onda diversa, impiegati nel trattamento sia di tessuti duri (denti e osso), che di tessuti molli, ed i principali sono: laser a stato solido (Nd:YAG; ErCr:YSGG; Er:YAG); laser a gas (CO₂); laser a semiconduttore (diodi).

In tabella 1 sono riportati i laser maggiormente usati in ambito odontoiatrico, con il sistema di erogazione utilizzato.

Tipo di laser	Mezzo attivo	Lunghezza d'onda	Sistema di erogazione
Gas	Argon (Ar)	488 nm – 515 nm	Fibra ottica
Gas	Elio-Neon (He-Ne)	633 nm	Fibra ottica
Gas	Anidride carbonica (CO ₂)	9600 nm – 10600 nm	Braccio articolato, guida d'onda
Stato solido	Gallio-Alluminio-Arsenico (GaAlAs)	532 nm	Fibra ottica
Stato solido	Granato di Ittrio ed Alluminio drogato al Neodimio (Nd:YAG)	1064 nm	Fibra ottica
Stato solido	Granato di Ittrio, Scandio e Gallio drogato con Erblio e Cromo (Er,Cr:YSGG)	2780 nm	Fibra ottica
Stato solido	Granato di Ittrio ed Alluminio drogato con Erblio (Er:YAG)	2940 nm	Fibra ottica, braccio articolato, guida d'onda
Semiconduttore	Diodo	635 nm – 670 nm – 810 nm – 830 nm – 980 nm	Fibra ottica

Tabella 1 – laser maggiormente usati in ambito odontoiatrico con il sistema di erogazione utilizzato.

In particolare, nel caso del laser Nd:YAG, il materiale attivo è una barretta di granato (silicato) d'ittrio e alluminio drogato al neodimio, che emette alla lunghezza d'onda di 1064 nm. È utilizzato in modalità pulsata, e risulta particolarmente adatto nella piccola chirurgia orale, in particolare nella cura delle malattie parodontali, nella terapia endodontica, soprattutto nella desensibilizzazione delle radici esposte.

È il laser più comunemente utilizzato in odontoiatria ed è uno strumento chirurgico che combina le funzioni di taglio, come un bisturi tradizionale, con il controllo dell'emostasi e la decontaminazione dell'area trattata, caratteristiche simili a quelle dell'elettrobisturi.

Grazie alla sua capacità di emettere impulsi in tempi brevissimi, può essere impiegato senza anestesia locale, poiché l'azione avviene più rapidamente della trasmissione dello stimolo nervoso, rendendolo particolarmente adatto per trattamenti sui bambini.

Tuttavia, l'uso di questo laser richiede attenzione e rispetto di specifici protocolli per evitare danni ai tessuti. È indicato per quasi tutti gli interventi di chirurgia orale, specialmente quelli legati a patologie parodontali come gengivectomie, sterilizzazione delle tasche e trattamento di ipertrofie e iperplasie gengivali. Inoltre, grazie alla sua alta affinità per l'emoglobina, garantisce un'efficace emostasi anche in situazioni operative critiche.

La famiglia del laser all'erbio comprende sia l'Er:YAG, con lunghezza d'onda 2940 nm, sia l'ErCr:YSGG (granato di ittrio, scandio, gallio, drogato con erbio e cromo) con lunghezza d'onda variabile da 2690 a 2780 nm. Le lunghezze d'onda di questi laser corrispondono ai picchi di assorbimento dell'acqua, del collagene e dell'idrossiapatite, materiale costituente la dentina, rendendo tali strumenti molto efficaci nella vaporizzazione dei tessuti duri, grazie all'effetto termomeccanico. L'intensità dell'effetto è fortemente influenzata dal contenuto d'acqua del tessuto bersaglio; in particolare, il tessuto carioso, contenendo circa il 25% di acqua, viene rimosso facilmente grazie all'effetto termico, mentre l'ablazione della dentina sana e dello smalto è più lenta, data la loro bassa percentuale di acqua (8-12% e 2%, rispettivamente). Questa caratteristica consente di trattare selettivamente la lesione cariosa, preservando il tessuto sano.

Il laser a gas CO₂ emette luce a lunghezze d'onda di 9600 e 10600 nm ed è il laser chirurgico per eccellenza. È indicato per l'implantologia e per interventi di chirurgia orale sui tessuti molli, soprattutto nella cura delle lesioni precancerose. Opera attraverso la vaporizzazione dei liquidi intra ed extracellulari, innalzando la temperatura nel tessuto trattato fino a 1400 °C, mentre nei tessuti vicini la temperatura rimane a livelli tali da non comprometterne la vitalità. Ha buone proprietà emostatiche, aiutando a controllare il sanguinamento durante interventi in zone con abbondante vascolarizzazione.

Infine, il laser a diodi utilizza un semiconduttore solido, in particolare l'arseniuro di gallio e alluminio, per generare radiazione con lunghezza d'onda compresa tra 810 e 980 nm, in modalità continua e pulsata. Uno dei principali vantaggi di questo laser è la sua compattezza, che lo rende facilmente trasportabile. È comunemente impiegato nello sbiancamento dentale, per la decontaminazione del canale radicolare, in endodonzia e in parodontologia per trattare gengiviti e tasche gengivali, nonché in chirurgia e in diverse patologie orali, inclusi il trattamento dei tessuti molli e le affezioni infiammatorie [3].

NORME LEGISLATIVE E TECNICHE PER LA GESTIONE DEL RISCHIO LASER

L'uso degli ALOd, oltre ai vantaggi già menzionati, può comportare una serie di rischi, che possono essere di tipo diretto, cioè attribuibili al fascio e alla esposizione indesiderata del fascio stesso con occhi e cute, e indiretto, relativi alle possibili interazioni del fascio con l'ambiente ed il paziente.

Il tipo e l'entità dell'eventuale effetto dipende dalla lunghezza d'onda del laser, dalla potenza, dalla modalità di emissione in continuo o a impulsi, dal tempo di esposizione. In particolare, se il fascio laser non colpisce la zona da trattare, ma viene accidentalmente direzionato verso l'occhio, tale organo può subire danni variabili a seconda della lunghezza d'onda: si possono verificare bruciate della retina con radiazioni nel campo visibile e vicino infrarosso, e cataratte o bruciate corneali, per interazione con radiazione nel medio e lontano infrarosso, ma anche cheratiti, cataratta e discomfort visivo a carico di cornea e cristallino. In caso di interazione con la cute, i rischi sono riconducibili a ustioni e fotosensibilizzazione [4, 5].

Il rischio di esposizione accidentale agli occhi diventa significativo se il percorso ottico del raggio laser è inferiore alla Distanza Nominale di Rischio Oculare (DNRO), che è la distanza alla quale la densità di potenza (o di energia) del fascio risulta uguale al valore dell'Esposizione Massima Permissa (EMP), pari al massimo livello di radiazione laser a cui si può essere esposti senza subire danni sia a breve che a lungo termine, il cui valore dipende da numerosi parametri, quali: la lunghezza d'onda della luce laser, la durata dell'impulso, il tempo di esposizione, la divergenza e il diametro del fascio uscente dall'apertura dell'apparato.

Inoltre, la situazione è ulteriormente complicata dal fatto che alcuni ALOd emettono radiazioni nell'infrarosso, quindi non risultano visibili. Comportamenti non corretti, quali non coprire le superfici riflettenti nella sala in cui è utilizzato l'ALOd, possono aumentare il rischio di riflessioni accidentali, aumentando la possibilità che il raggio laser colpisca l'occhio.

Inoltre, la fibra ottica, attraverso la quale la luce laser viene erogata sul tessuto bersaglio, può rompersi, portando a una perdita del fascio lungo il cavo;

l'applicatore può danneggiarsi a causa dell'usura, portando a fasci non focalizzati, con dispersioni in direzioni diverse da quella del target.

Il D.Lgs 81/2008, nel titolo VIII Capo V, si occupa della protezione dei lavoratori dai rischi legati all'esposizione a radiazioni ottiche artificiali (ROA). In particolare, l'articolo 213 stabilisce le prescrizioni minime per proteggere i lavoratori, ponendo particolare attenzione ai rischi per gli occhi e la pelle, e rinvia all'allegato 37, parte seconda, per i valori numerici dei limiti definiti in termini di EMP. Il legislatore sottolinea l'importanza di identificare le aree a rischio, di segnarle adeguatamente e di limitarne l'accesso.

Le misure di sicurezza da adottare nell'utilizzo di apparati laser sono specificate in una serie di norme tecniche e documenti, tra le quali:

- CEI EN 60825-1:2015 - Classificazione delle apparecchiature, prescrizione e guida per l'utilizzatore;
- CEI EN 60825-4:2006 - Barriere per Laser;
- CEI EN 60601-2-22:2014 - Norme particolari per la sicurezza degli apparecchi Laser terapeutici e diagnostici;
- UNI EN ISO 11554:2018 - Metodi di prova della potenza del fascio, dell'energia e delle caratteristiche temporali;
- UNI EN 207:2017 - Filtri e protettori dell'occhio contro radiazioni Laser;
- IEC TR 60825-14:2022 - A user's guide.

Al fine di supportare gli attori coinvolti nel processo di valutazione del rischio da esposizione a sorgenti laser, il Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome, in collaborazione con INAIL ed ISS, ha pubblicato le "Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08. Parte 6: Radiazioni Ottiche Artificiali", scaricabile dal sito web Portale Agenti Fisici (www.portaleagentifisici.it). Tale documento, elaborato dal sottogruppo tematico per gli agenti fisici e approvato dal Gruppo Tecnico Interregionale Prevenzione Igiene e Sicurezza sui Luoghi di Lavoro il 21/07/21, è strutturato in forma di risposte alle domande più frequenti e rappresenta un riferimento fondamentale di buona prassi per tutti gli attori coinvolti nel processo di valutazione del rischio da esposizione a ROA [6].

A partire dai documenti sopra menzionati, possiamo definire i principali requisiti e le misure di prevenzione da attuare per operare in sicurezza su un sistema laser, primo fra tutti la suddivisione di tali sistemi in classi, dalla prima alla quarta, in modo crescente in funzione del livello di rischio associato al dispositivo. In particolare, secondo la norma CEI EN 60825-1, sono stabilite 8 classi, riportate in tabella 2, insieme ai requisiti di sicurezza e alle misure di prevenzione da attuare per proteggere pelle e occhi dei lavoratori esposti.

	Classe 1	Classe 1M	Classe 1C	Classe 2	Classe 2M	Classe 3R	Classe 3B	Classe 4
Descrizione classe	Nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili sono sicuri	Nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili sono sicuri, possono essere pericolosi se il lavoratore utilizza ottiche	Nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili sono sicuri	Sono sicuri solo per brevi esposizioni oculari	Sono sicuri solo per brevi esposizioni a occhi nudi, possono essere pericolosi se il lavoratore utilizza ottiche	Basso rischio di esposizione, il rischio aumenta se i lavoratori non sono formati	Pericolosi per esposizione diretta al fascio	Pericolosi per occhi e cute. Rischio incendio
Area controllata	Non necessaria	Localizzata o delimitata	Localizzata o delimitata	Non necessaria	Localizzata o delimitata	Delimitata	Delimitata e protetta da interblocco	Delimitata e protetta da interblocco
Comando chiave	Non richiesto	Non richiesto	Solo se previsto dal produttore	Non richiesto	Non richiesto	Non richiesto	Richiesto	Richiesto
Formazione all'utilizzo	Seguire istruzioni del produttore	Raccomandata	Seguire istruzioni del produttore	Seguire istruzioni del produttore	Raccomandata	Richiesta	Richiesta	Richiesta
DPI (occhiali)	Non richiesti	Non richiesti	Da stabilire dopo valutazione del rischio	Non richiesti	Non richiesti	Da stabilire dopo valutazione del rischio	Richiesti per operatore e paziente	Richiesti per operatore e paziente
Misure di prevenzione	Per il normale utilizzo non sono necessarie	Non modificare la collimazione e la messa a fuoco	Da usare solo a contatto con cute e altri tessuti ad esclusione di quelli oculari	Non fissare il fascio	Non modificare la collimazione e la messa a fuoco. Non fissare il fascio	Evitare esposizione oculare e cutanea diretta	Evitare esposizione oculare e cutanea diretta. Evitare riflessioni accidentali	Evitare esposizione oculare e cutanea diretta e diffusa. Evitare riflessioni accidentali

Tabella 2 – Requisiti di sicurezza per le diverse tipologie di Laser definite in CEI EN 60825-1:2015.

Requisiti particolarmente stringenti sono stabiliti per i laser delle classi 3 e 4, in particolare per le classi 3B e 4, che sono le più pericolose e necessitano di una valutazione del rischio particolarmente attenta. Per queste classi occorre definire e delimitare la Zona Laser Controllata (ZLC), e all'ingresso di ogni via di accesso alla zona controllata devono essere esposti segnali di avvertimento e di pericolo; deve inoltre essere apposto un sistema di segnalazione luminosa che, collegato direttamente ai dispositivi di attivazione del fascio, ne possa segnalare lo stato di funzionamento. In particolare, gli apparecchi laser di classe 4 devono essere muniti di un attenuatore o arresto del fascio, facente parte dell'apparecchio in modo permanente, in grado di evitare, quando l'apparecchio è in attesa di funzionare, che l'uscita di radiazione superi livelli di potenziale pericolo per le persone presenti. Sono, inoltre, richiesti ulteriori requisiti di sicurezza, come ad esempio una chiave di comando che permetta l'utilizzo dell'apparecchio solo alle persone autorizzate e un sistema di arresto automatico del fascio in caso di radiazione eccedente i livelli prestabiliti.

Per la protezione personale, è necessario il funzionamento del dispositivo solo in zone controllate, evitare riflessioni speculari, proteggere gli occhi di operatori e pazienti con l'utilizzo di DPI (dispositivi di protezione individuale) con grado di protezione adeguato, secondo le specifiche fornite dalla norma UNI EN ISO 207:2017; va infatti tenuto in conto che le principali cause degli incidenti laser sono legate proprio ad una scorretta scelta degli occhiali di protezione e/o ad un utilizzo di occhiali danneggiati.

L'aumento dell'uso delle sorgenti laser in ambito medico evidenzia l'importanza di affrontare le questioni legate alla sicurezza di queste apparecchiature durante l'intero ciclo di vita. Le normative tecniche richiedono una comprensione approfondita dei principi di funzionamento dei

laser medici, delle varie tipologie disponibili, delle loro applicazioni e dei diversi tipi di rischi, oltre alle strategie per gestirli. In questo contesto, la figura dell'Esperto Sicurezza Laser (ESL) (storicamente denominato Addetto Sicurezza Laser, o ASL, per l'ambito sanitario), non menzionata nel D.Lgs 81/08, ma prevista da normative tecniche e dalle sopracitate Indicazioni Operative, riveste un ruolo cruciale nella gestione appropriata di questi rischi all'interno delle strutture sanitarie. La funzione dell'ESL è quella di affiancare il datore di lavoro nell'effettuazione della valutazione del rischio iniziale, per la determinazione delle necessarie misure di prevenzione e protezione e per la stesura di un regolamento comprendente le procedure per il corretto utilizzo del sistema laser presente in azienda o per l'installazione di un nuovo apparato, o per l'implementazione di nuove procedure. Tale figura, interna o esterna all'azienda, va sempre nominato nei casi di utilizzo di sistemi contenenti laser di classe 3B e/o di classe 4. Sarebbe opportuno che il parere di questa figura fosse richiesto preliminarmente all'acquisto dei laser e/o sulla idoneità del locale di utilizzo, in modo da prevenire eventuali condizioni di non conformità.

MATERIALI E METODI

È stata elaborata un'apposita check-list, impostata in modo tale da guidare il professionista odontoiatra nell'affrontare e gestire le procedure di sicurezza riportate nelle norme tecniche e nei documenti sopra citati.

Sono stati coinvolti 50 odontoiatri operanti in studi privati in tutto il territorio nazionale, all'interno dei quali si fa uso di dispositivi laser, ed è stato chiesto loro di indicare, in modo del tutto anonimo, quali misure, tra quelle riportate, fossero regolarmente applicate nella propria attività professionale.

Inizialmente sono stati raccolti dati sulla tipologia di laser utilizzato, anche in termini di classe del dispositivo, sulle pratiche odontoiatriche per le quali se ne fa uso e sulla frequenza del loro utilizzo, sull'esperienza maturata nel loro utilizzo, sulla nomina dell'ESL nella struttura, sulle procedure attivate per la manutenzione ordinaria e straordinaria degli apparati, sulla collocazione del laser in un'area dedicata.

Successivamente, si è fatto specifico riferimento alle condizioni di accesso alla zona controllata, alla gestione delle eventuali superfici riflettenti, alla presenza sia della segnaletica di pericolo, che dei dispositivi luminosi di avvertimento del laser in funzione, al ruolo dell'ESL, all'uso e alla manutenzione degli occhiali di protezione, per gli operatori e per il paziente.

RISULTATI

Il campione analizzato è costituito prevalentemente da odontoiatri professionisti di ambo i sessi, appartenenti a una fascia di età compresa tra 29

e 73 anni, con esperienza nell'uso di ALOd da meno di 1 anno ad oltre 20 anni. I risultati mostrano che la tipologia di laser più frequentemente utilizzata è quella a diodo (nell'85% dei casi) nella modalità di emissione pulsata e continua (41,3%), con cadenza di impiego settimanale (56%) ed uso prevalente per la chirurgia orale (59%), la parodontologia (26%), e l'igiene dentale. Sebbene nella maggioranza dei casi i laser utilizzati appartengano alle classi 3B e 4, nel 20% dei casi il ruolo di ESL non è assegnato, per il 41% del campione il ruolo di ESL è attribuito a personale medico, per il 24% è il responsabile del presidio, mentre il 7% non sa. Nella maggior parte dei casi (65%) l'ALOd è usato in un vano appositamente dedicato della struttura e la manutenzione è prevalentemente eseguita sul tempo di utilizzo dei macchinari (42%). Secondo gli intervistati, la ZLC coincide con l'intera sala di lavoro (83%); considerando che gli spazi negli studi odontoiatrici sono generalmente ridotti e che gli ALOd del campione analizzato sono prevalentemente in classe 3B e 4, con DNRO di alcuni metri, è probabile che l'area in cui è possibile superare l'EMP sia più ampia delle dimensioni del locale stesso. Questo implica che l'intero ambiente in cui si utilizza il laser deve essere reso sicuro, con l'implementazione di misure protettive quali un dispositivo di interblocco sulla porta, cartelli di avviso, segnali luminosi e procedure per l'accesso controllato nel locale. Si ricorda che il sistema di interblocco può essere derogato solo quando l'interruzione dell'emissione potrebbe comportare un incremento di rischio per il soggetto trattato, come ad esempio durante un intervento chirurgico che utilizzi il laser.

Per quanto riguarda la conoscenza della classe dell'ALOd in uso, il 50% dei professionisti intervistati afferma di non conoscere tale dato. Questo risultato evidenzia non solo una scarsa percezione del rischio associato all'uso dei laser ma anche una insufficiente formazione e informazione sulla sicurezza legata all'utilizzo di tali apparati, nonostante il 61% affermi di possedere un'attestazione di competenza sul rischio associato a tale attività. Ad un'analisi più approfondita, la formazione dichiarata è risultata non qualificata, riferibile alla partecipazione a seminari o corsi tecnici pre-utilizzo organizzati dai produttori o rivenditori degli ALOd, piuttosto che da enti formativi accreditati sulla sicurezza. Inoltre, il 72% del campione non verifica la presenza di superfici riflettenti o lisce (come finestre, porte-finestre, specchi, superfici metalliche e vetri) nella sala in cui è usato l'ALOd; ne consegue un'assenza di adozione delle specifiche misure protettive previste, quali copertura delle finestre con tende ignifughe o utilizzo di teli su superfici riflettenti.

Per quanto riguarda la segnaletica di sicurezza, il 72% afferma che sulla porta di accesso alla sala in cui si usa l'ALOd è presente la segnaletica di pericolo che indica la presenza di radiazione laser all'interno dell'ambiente. Al contrario, il 78% riferisce l'assenza sulla porta di accesso alla sala in cui si usa l'ALOd di dispositivi luminosi di avvertimento del laser in funzione. Va

sottolineato che tale misura per la gestione del rischio, seppur riportata nella normativa tecnica, secondo gli intervistati appare di difficile attuazione nei gabinetti odontoiatrici. Ciò suggerisce l'opportunità di una revisione delle FAQ ROA, che tenga conto delle applicazioni specifiche dell'ALOd in ambito sanitario.

Inoltre, il 67% del campione verifica sempre la chiusura della porta di accesso alla sala in cui sta utilizzando l'ALOd, per evitare esposizioni accidentali e l'85% controlla l'integrità e la funzionalità della fibra ottica o del manipolo prima di ogni utilizzo.

Per quanto riguarda la protezione degli occhi dell'operatore e del paziente, la maggioranza degli operatori dichiara di indossare regolarmente occhiali protettivi quando accede alla zona a rischio (ZLC) e l'87% ne controlla sempre il grado di usura e/o l'eventuale danneggiamento prima di usare l'ALOd. Nel 91% dei casi vengono forniti occhiali protettivi al paziente sottoposto a trattamento con ALOd. Anche quando, in una stessa struttura, sono presenti e utilizzati più dispositivi laser, dalle interviste emerge la presenza di procedure specifiche per evitare scambi accidentali dei DPI per gli occhi.

La maggior parte del campione dichiara, inoltre, che non si sono mai verificate né situazioni particolari che hanno reso necessario sostituire gli occhiali protettivi, né incidenti/infortuni riconducibili all'uso dell'ALOd.

Infine, riguardo alla sorveglianza sanitaria, il 55% dei dentisti riferisce di non essersi mai sottoposto a controlli oculistici specifici preventivi né a controlli periodici, anche per l'assenza di percezione di essere esposti al rischio laser.

CONCLUSIONI

Sulla base dei documenti e delle norme tecniche per la gestione del rischio laser in ambito odontoiatrico, è stata elaborata un'apposita checklist/questionario impostata in modo tale da guidare il professionista odontoiatra nell'applicazione delle misure di sicurezza necessarie a minimizzare i rischi connessi all'utilizzo di apparati laser.

A 50 odontoiatri operanti in studi privati è stato chiesto di indicare quali misure, tra quelle riportate, fossero regolarmente applicate nella propria attività professionale. Dalle risposte ricevute è stato possibile individuare le misure di carattere tecnico o procedurale che, per motivazioni legate all'organizzazione del lavoro, risultano di difficile attuazione in uno studio/ambulatorio odontoiatrico e quelle che, invece, non sono attuate per mancanza di idonea formazione specifica. In questo modo si è potuto tracciare un quadro preliminare sulla consapevolezza dei rischi legati all'utilizzo degli apparati laser in ambito odontoiatrico.

In generale, si è constatato uno scarso livello di conoscenza, formazione e attenzione alla sicurezza, desumibile dalla carente presenza negli ambulatori

odontoiatrici delle figure preposte alla gestione della sicurezza degli apparati (ad es. ESL).

Se ne conclude che la realizzazione di azioni formative specialistiche, finalizzate a definire e chiarire tutti gli obblighi di sicurezza stabiliti nelle norme tecniche, sono fondamentali per una corretta gestione del rischio associato all'uso degli ALOd.

BILIOGRAFIA

[1] Sliney, D., & Wolbarsht, M. Future applications of lasers in surgery and medicine: a review. 1989. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 82, pp. 293-296.

[2] Hegde, M. N. Lasers in dentistry: an unceasing evolution. 2018. *Journal of Otolaryngology-ENT Research*, 10(6), pp. 422-426. DOI: 10.15406/joentr.2018.10.00395

[3] Anitha, P.K., Sukumaran, A. Lasers and their Applications in the Dental Practice. 2020. *International Journal of Dentistry and Oral Sciences*, 7(11), pp. 936-943. DOI:10.19070/2377-8075-20000185

[4] Parker, S. Laser regulation and safety in general dental practice. 2007. *British Dental Journal*, 202(9), pp. 523-532. DOI: 10.1038/bdj.2007.370

[5] Malcangi G., Patano A., Trilli I., Piras F., Ciocia A.M., Inchingolo A.D., Mancini A., Hazballa D., Di Venere D., Inchingolo F., De Ruvo E., Dipalma G., Inchingolo A.M., 2023. Therapeutic and Adverse Effects of Lasers in Dentistry: A Systematic Review. *Photonics*, 10: 650.

[6] <https://www.portaleagentifisici.it>, Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province autonome, "Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08 – Parte 6: Radiazioni Ottiche Artificiali", 2022

INDAGINE SULLE ABITUDINI ALIMENTARI, NELLA STAGIONE ESTIVA, DEI LAVORATORI D'UFFICIO. PRIMI RISULTATI.

Michele del Gaudio (1)

1) Inail UOT CVR di Avellino

PREMESSA

Negli ultimi anni, in Italia, sono state registrate temperature estive superiori a 30 °C con picchi prossimi ai 40 °C. Anche i lavoratori degli uffici, considerati meno a rischio per esposizione ad alte temperature, subiscono inevitabilmente gli effetti di questa nuova condizione. Non tutti gli uffici sono correttamente climatizzati ed anche per quelli in cui è presente un sistema di climatizzazione è stato necessario considerare gli effetti dello sbalzo termico tra le condizioni termo-igrometriche interne e quelle esterne [1].

In una visione “One Health” l’adattamento dei lavoratori a condizioni ambientali più calde deve comportare modifiche del loro stile di vita ed in particolare la scelta di una corretta alimentazione.

LA CORRETTA ALIMENTAZIONE

Gli alimenti costituiscono il “carburante” necessario agli organismi umani per sopravvivere e contrastare gli effetti dell’ambiente. Seguire un corretto regime alimentare permette anche di prevenire o comunque controllare le principali malattie metaboliche che negli ultimi anni sono state sempre di più registrate nella popolazione in età lavorativa. Il livello di prestazione dei lavoratori può essere condizionato dall’insorgenza di patologie acute o croniche ma anche in assenza di esse, una alimentazione scorretta può abbassare il livello di attenzione riducendo la produttività fisica e mentale e addirittura predisporre ad infortuni. I principali organismi internazionali e nazionali hanno intensificato le campagne informative ed in particolare è aumentata l’attenzione sulle conseguenze delle condizioni climatiche estive. Gli alimenti consumati dalle varie popolazioni e quindi anche dai lavoratori sono scelti in base ad usi locali e quindi anche alle condizioni ambientali. Le recenti variazioni climatiche estive richiedono di porre maggiore attenzione all’alimentazione che può influire sensibilmente sulla qualità della vita e sulle prestazioni dei lavoratori.

Anche se con qualche differenza nelle definizioni, normalmente vengono individuati tre pasti principali: colazione, pranzo e cena, ed almeno due spuntini [2].

La colazione, anche in estate, dovrebbe rappresentare il pasto principale perché essa segue il periodo più lungo di digiuno della giornata ed è l'occasione per assumere i nutrienti necessari ad affrontare le calde giornate estive, non bisogna esagerare con i grassi e con gli zuccheri ma preferire cibi che forniscono lentamente energie durate la mattinata. Gli alimenti consigliati sono frutta, yogurt, frutta secca e cereali integrali semplici come riso soffiato e fiocchi d'avena. Nei cibi elaborati industriali bisogna leggere le etichette perché non sempre è facile capire il contenuto di grassi e di zuccheri. Per chi preferisce alimenti salati è possibile mangiare pane integrale con formaggi freschi (ricotta, fiocchi di latte).

Secondo il “piatto del Mangiar sano di Haward” [3] i pasti principali debbono essere costituiti per il 50% da frutta e verdura, un 25% di proteine preferibilmente vegetali o provenienti da carni bianche e pesce e da un 25 % di carboidrati come indicato in Figura 1. Possono essere anche previsti due spuntini che aiutano a smorzare la fame di pranzo e cena.

È preferibile ridurre le carni rosse, gli affettati, i formaggi stagionati e le frittiture che rallentano la digestione.

Per idratarsi è bene assumere almeno 2 litri di acqua al giorno ed evitare bibite gassate zuccherate, alcolici e non eccedere con bevande a base di caffeina.

IL PIATTO DEL MANGIAR SANO

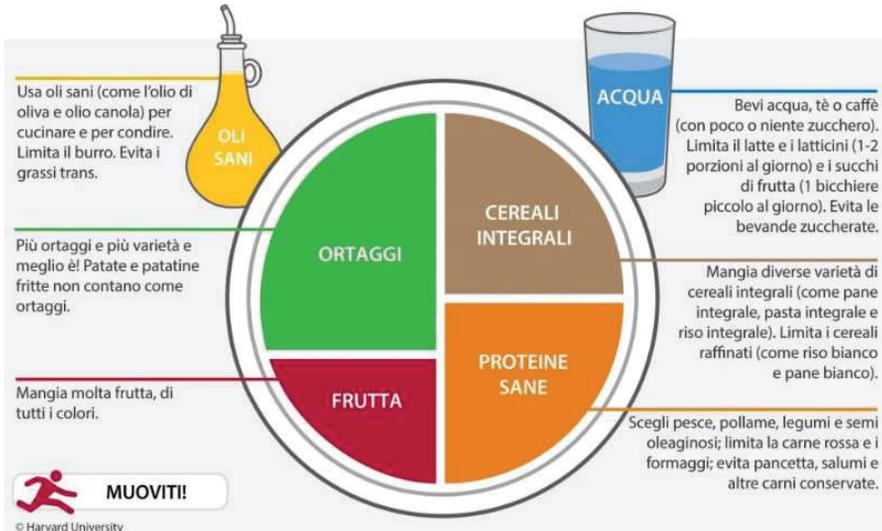


Figura 1- Piatto del mangiar sano di Haward.

IL QUESTIONARIO SULLE ABITUDINI ALIMENTARI

Per indagare sulle abitudini alimentari dei lavoratori d'ufficio è stato predisposto un questionario in cui i soggetti potevano indicare gli alimenti consumati nella stagione estiva, l'ora e il luogo e in cui venivano consumati. Sono stati previsti i tre pasti principali e tre spuntini rispettivamente a metà mattinata, a metà pomeriggio e prima di andare a letto. È stato chiesto inoltre ai lavoratori di stimare il consumo d'acqua nella giornata e possibilmente di indicare le quantità assunte nelle varie ore della giornata.

Il questionario è stato somministrato durante i mesi di luglio ed agosto 2024, caratterizzati da temperature particolarmente elevate. Hanno partecipato circa cento lavoratori impiegati in attività d'ufficio nei settori pubblico e privato e distribuiti su tutto il territorio nazionale. I soggetti erano per il 64% donne e per il 36% uomini.

Il 20% dei soggetti ha dichiarato di seguire una dieta per perdere peso. La fascia d'età dei partecipanti prevalente era compresa fra i 41 e 60 anni.

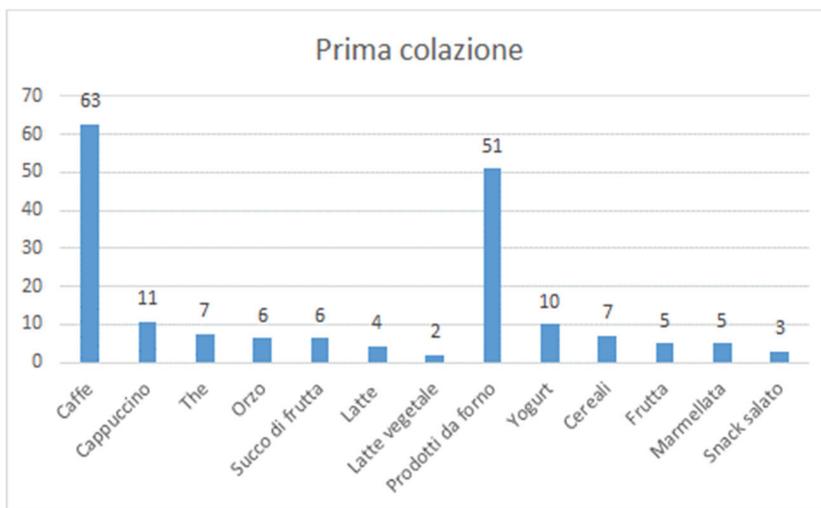


Grafico 1 – Alimenti e bevande preferiti per la prima colazione.

La colazione viene consumata prevalentemente a casa e, come indicato nel grafico 1, il 63% del campione di lavoratori preferisce consumare caffè mentre gli altri consumano principalmente the, cappuccino, orzo e succhi di frutta. Tutte le bevande della colazione, ad eccezione dei succhi di frutta, vengono consumate calde. I prodotti da forno vengono preferiti dal 51% dei lavoratori, il 10% preferisce lo yogurt, e il 5 % la frutta.

Una curiosità può essere rappresentata dal fatto che il the viene scelto come bevanda per la colazione solo da lavoratori del nord Italia.

Nel 63% dei casi i lavoratori fanno uno spuntino a metà mattinata con gli alimenti indicati nel grafico 2.

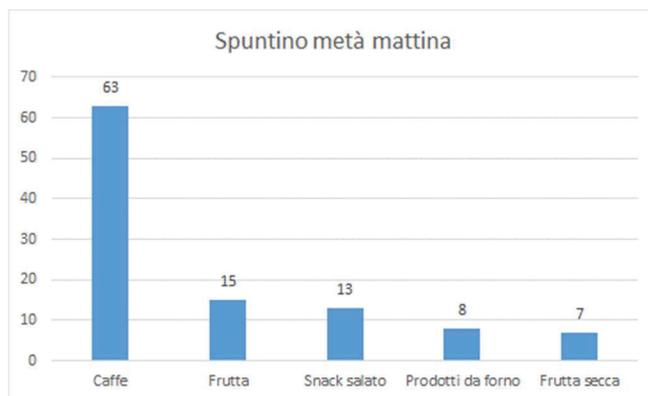


Grafico 2 – Alimenti e bevande preferiti per lo spuntino di metà mattinata.

Questa pausa viene realizzata fuori casa in bar o altri luoghi di ristoro e il 24% dei lavoratori fa la pausa consumando solo un caffè.

Nel grafico 3 sono indicati gli alimenti consumati a pranzo. Nel 67% dei casi il pranzo viene consumato dai lavoratori in ufficio, tranne che nei giorni in cui svolgono il lavoro in modalità smart working presso la propria abitazione.

Il primo piatto, accompagnato da verdure, viene scelto nella maggior parte dei casi o in alternativa viene scelto un secondo di carne. In pochi casi si sceglie una bevanda diversa dall'acqua (vino, bibita gassata).

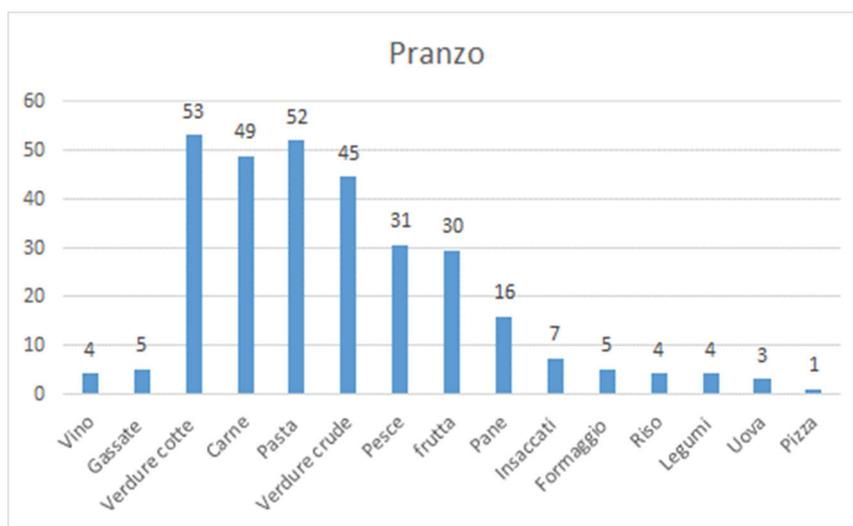


Grafico 3 – Alimenti e bevande preferiti per il pranzo.

Il 61% dei lavoratori fa uno spuntino nel pomeriggio e come mostrato nel grafico 4, nel 20% dei casi consuma frutta, nel 17% caffè e per meno del 10% un altro alimento. Nel 10% dei casi il solo caffè o la sola frutta costituiscono l'intero spuntino.

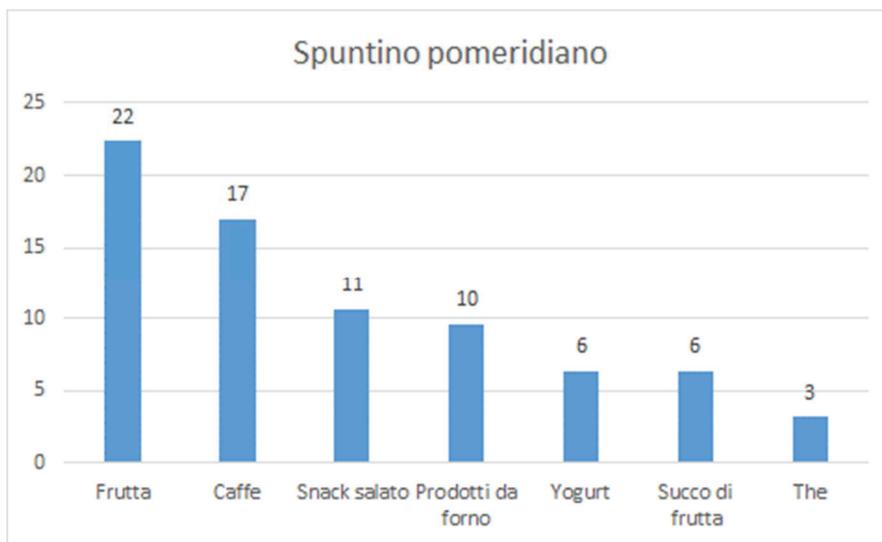


Grafico 4 – Alimenti e bevande preferiti per lo spuntino pomeridiano.

Per la cena, come indicato nel grafico 5, nella maggior parte dei casi si consuma un secondo di carne o di pesce con contorno e nel 22 % dei casi viene consumato un piatto di pasta. Il vino viene consumato nel 15 % dei casi. Questo pasto viene consumato nel 93% dei casi a casa.

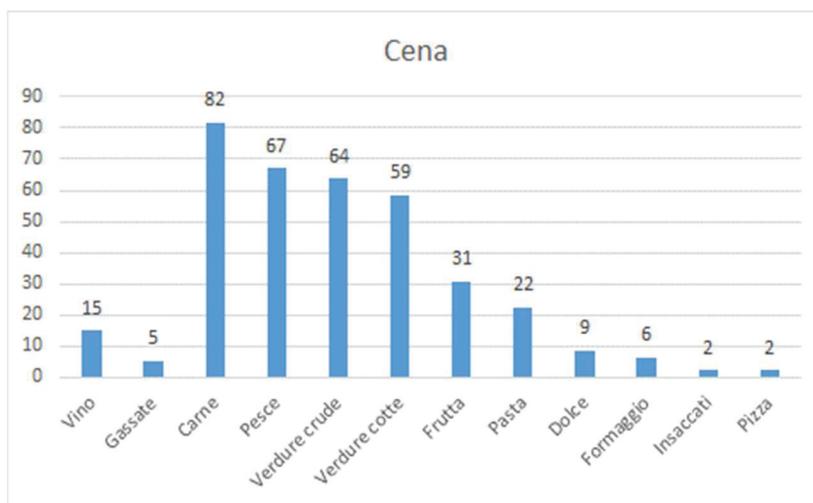


Grafico 5 – Alimenti e bevande preferiti per la cena.

Infine, c'è chi consuma un piccolo spuntino anche nel dopo cena ma si tratta del 12 % degli intervistati che assumono l'ultimo caffè o gustano un dolce oppure un gelato.

Il sondaggio ha anche chiesto ai lavoratori di stimare la quantità d'acqua assunta durante la giornata. Come mostrato nel grafico 6, meno del 50% dei lavoratori assume più di 2 litri di acqua al giorno. Dalle ulteriori informazioni fornite il consumo avviene durante tutta la giornata con quantità leggermente più elevate nelle ore antimeridiane.

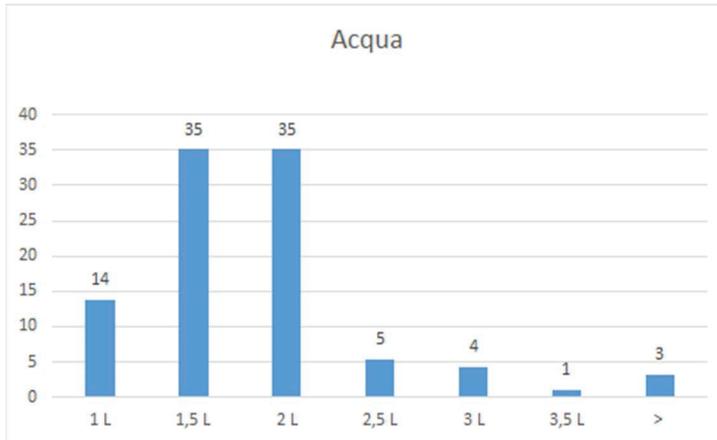


Grafico 6 – consumo giornaliero di acqua.

L'analisi dei questionari non ha evidenziato differenze per le diverse fasce d'età nelle preferenze degli alimenti.

ANALISI DEI DATI

Mediante un questionario sono stati intervistati circa cento lavoratori italiani ed i risultati hanno permesso di verificare quanto sono seguite le raccomandazioni delle organizzazioni di prevenzione della salute mondiali e nazionali.

Dai dati registrati, appare evidente come la prima colazione non sia considerata uno dei pasti principali, tanto che spesso è costituita solo da un caffè ed un dolcetto. Non vengono assunte sufficienti quantità di frutta fresca, frutta secca o cereali integrali in grado di fornire le energie necessarie ad affrontare la giornata calda, fornendo liquidi e soprattutto nutrienti a lento rilascio.

Anche per motivi di orario e di distanza dalla propria abitazione, il pranzo viene normalmente consumato in ufficio con cibi portati da casa o acquistati in locali d'asporto e ciò probabilmente condiziona la scelta degli alimenti. Anche a pranzo la frutta non è spesso consumata e sono preferiti prodotti cotti che sono di più facile gestione fuori di casa.

Nel campione esaminato è risultato ridotto il consumo di prodotti salati come salumi o formaggi stagionati. Le bevande gassate e zuccherate sono poco

gradite, mentre il vino viene consumato, soprattutto a cena, dal 15 % dei Lavoratori. Il consumo di caffè è, come prevedibile, molto ampio durante tutta la giornata.

Forse anche per tradizione, la pasta è l'alimento più consumato a pranzo mentre a cena è preferita la combinazione secondo con contorno. La sera in pochi casi ci si concede anche un dolce o un gelato.

Tra gli alimenti si nota un limitato consumo di pane se non in occasione di pasti costituiti da panini. Sorprendentemente, la pizza, che rappresenta il tipico fast food italiano, è stata indicata in pochi casi.

I lavoratori d'ufficio intervistati in poche casi hanno indicato il ristorante come luogo in cui consumano i pasti.

CONCLUSIONI

I lavoratori d'ufficio non sono considerati normalmente a rischio da esposizione al caldo ma con i recenti cambiamenti climatici possono essere esposti anch'essi a condizioni gravose ancor più pericolose per soggetti che, anche inconsapevolmente, hanno delle fragilità che li rendono ancora più sensibili.

In ambienti non condizionati e scarsamente ventilati si possono creare le condizioni per il verificarsi del temuto colpo di calore. Il sistema di termoregolazione umana si difende dal caldo attivando dei meccanismi per la dispersione del calore in eccesso e la sudorazione è il meccanismo principale con cui il corpo umano cerca di disperdere calore ma la perdita di liquidi e di altri componenti che ne consegue può favorire malesseri anche gravi.

Non è inoltre da sottovalutare anche il rischio legato alle differenze di temperatura che si creano fra i luoghi climatizzati e l'ambiente esterno.

Un adeguato consumo di acqua ed una corretta alimentazione possono compensare queste perdite e prevenire i malesseri.

Il questionario ha permesso di stabilire quanto i lavoratori sono attenti al loro stile di vita e quindi anche alla loro alimentazione nella stagione estiva.

Sono sicuramente da sottolineare la carenza di nutrienti nella prima colazione, un insufficiente consumo di frutta e verdura da parte di molti lavoratori e un insufficiente consumo di acqua da parte del 50% degli intervistati. Un dato positivo è lo scarso consumo di formaggi salati e salumi che per il loro contenuto in sale contribuiscono a sottrarre liquidi all'organismo. Pochi scelgono bevande gassate o zuccherate, mentre le bevande alcoliche sono limitate e consumate soprattutto di sera e, come era logico aspettarsi in Italia, è molto diffuso il consumo di caffè. Questo dato è importante perché gli alcolici ed il caffè hanno anche un effetto diuretico che contribuisce a sottrarre liquidi all'organismo

In estate aumenta il rischio di tossinfezioni dovute alla cattiva conservazione dei cibi e, come indicato anche da raccomandazioni del WHO [4], è importante utilizzare una borsa frigo per trasportare i cibi da consumare in ufficio anche quando questi sono cotti. Anche nell'acquisto di prodotti d'asporto è importante guardare con attenzione ciò che si compra e preferire prodotti che non siano facilmente deteriorabili o che siano in cattivo stato di conservazione.

Dal questionario è anche emerso che durante la settimana lavorativa pochi lavoratori consumano i pasti, soprattutto quelli serali, presso ristoranti probabilmente perché essi preferiscono concedersi il pranzo fuori casa nei giorni non lavorativi.

Il campione di lavoratori esaminato non è stato scelto con un rigore scientifico e quindi può non aver coperto sufficientemente tutte le abitudini alimentari dei lavoratori, ma alla luce di quanto discusso emerge la necessità di informare meglio i lavoratori su come migliorare la loro alimentazione integrando la dieta con gli alimenti che possono aiutare a combattere gli effetti del caldo distribuendoli correttamente nel corso della giornata e promuovendo una maggior consumo giornaliero di acqua magari rendendola maggiormente disponibile presso il luogo di lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. del Gaudio et Al.i. *La Valutazione del Microclima, L'esposizione al caldo e al freddo. Quando è un fattore di discomfort. Quando è un fattore di rischio per la salute.* Inail 2018. ISBN 978-88-7484-114-1.
- [2] M. del Gaudio et al *Corretta alimentazione dei lavoratori esposti ad ambienti severi caldi.* atti del Convegno dBA 2018 297 – 305 Bologna 17 ottobre 2018.
- [3] Healthy Eating Plate Haward
<https://nutritionsource.hsph.harvard.edu/healthy-eating-plate/>
- [4] *Five Keys to safer food manual* - World Health Organization 2006
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241594639>.

RISCHIO DA ESPOSIZIONE AD ATMOSFERE IPERBARICHE: STATO DELL'ARTE E NUOVI INDICATORI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Floriana Sacco⁽¹⁾, Angelo Tirabasso⁽¹⁾, Enrico Marchetti⁽¹⁾, Giovanni Calcagnini⁽²⁾, Eugenio Mattei⁽²⁾, Cecilia Vivarelli⁽²⁾, Rita Businaro⁽³⁾, Federica Armeni⁽³⁾, Beatrice Mengoni⁽³⁾, Giovanna Tranfo⁽¹⁾, Daniela Pignini⁽¹⁾, Angelo Rodio⁽⁴⁾, Luigi Fattorini⁽⁵⁾

⁽¹⁾ INAIL, DIMEILA Monte Porzio Catone, Roma

⁽²⁾ ISS, Dipartimento Malattie Cardiovascolari, Endocrino-metaboliche e Invecchiamento, Roma

⁽³⁾ SAPIENZA, Dipartimento di Scienze e Biotecnologie Medico-Chirurgiche, Università di Roma

⁽⁴⁾ Università degli studi di Cassino e del Lazio meridionale, Dipartimento Scienze Umane, Sociali e della Salute, Frosinone

⁽⁵⁾ SAPIENZA, Dipartimento di Fisiologia e Farmacologia "Vittorio Erspamer", Roma

INTRODUZIONE

Per LAVORATORI ESPOSTI AD ATMOSFERE IPERBARICHE si intendono tutti i lavoratori che effettuano la loro attività in condizioni iperbariche, cioè in ambienti in cui la pressione è di almeno del 10% superiore alla pressione a livello del mare.

Il fattore specifico di rischio da esposizione ad atmosfere iperbariche è introdotto dal Decreto Legislativo 81/08. Tale aspetto viene inserito tra i fattori di rischio fisici nel Titolo VIII:

Articolo 180 - Definizioni e campo di applicazione

1. Ai fini del presente Decreto Legislativo per agenti fisici si intendono 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.

L'esposizione ad ambiente iperbarico può causare sia effetti di tipo acuto che di tipo cronico (barotrauma, intossicazione da gas inalati, patologie decompressive), con conseguenze più o meno gravi, che vanno dall'irritazione cutanea alla morte. I sintomi compaiono o durante o a seguito dell'esposizione, nel passaggio dall'ambiente in sovrappressione alla pressione atmosferica di partenza.



Il termine “immersione” deve essere interpretato come esposizione ad un aumento della pressione della miscela respiratoria.

Il rischio da esposizione ad atmosfera iperbarica è sempre da valutare tenendo in considerazione gli altri fattori di rischio lavorativi a cui il soggetto è esposto nelle differenti condizioni lavorative.

Le attività lavorative interessate dalle atmosfere iperbariche si possono dividere in due grandi gruppi:

ATTIVITA' IPERBARICHE IN AMBIENTE UMIDO: sono tutte quelle attività per le quali la pressione iperbarica è generata dal liquido nel quale il soggetto è immerso:

- SOMMOZZATORI IN SERVIZIO LOCALE
- SUBACQUEI DI BASSO E ALTO FONDALE
- SUBACQUEI ADDETTI AD ATTIVITA' RICREATIVE
- SUBACQUEI DEI CORPI DELLO STATO
- RICERCATORI SUBACQUEI
- PESCATORI SUBACQUEI PROFESSIONALI
- ALTRE ATTIVITA' SUBACQUEE

ATTIVITA' IPERBARICHE A SECCO: sono tutte quelle attività per le quali la pressione iperbarica è generata da compressori

- CASSONISTI
- LAVORI DI ESCAVAZIONE NEI TUNNEL
- TECNICI E MEDICI IPERBARICI (che entrano nelle camere iperbariche)

VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Il rischio da esposizione ad **ATMOSFERE IPERBARICHE** è un rischio multifattoriale che va valutato tenendo in considerazione gli altri rischi specifici del contesto lavorativo in cui si opera. I rischi specifici da atmosfere iperbariche sono legati sia all'adattamento dell'organismo alle variazioni della pressione esterna sia alle variazioni della pressione parziale dei differenti gas che vengono inalati dall'operatore.

A differenza degli altri agenti fisici, poiché non esiste un capo specifico del Decreto 81/2008 per questo agente, è necessario ai fini della valutazione del rischio, fare riferimento all'articolo 181 secondo il quale la valutazione del rischio deve far riferimento alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi.

Ad oggi la procedura di Valutazione del Rischio AI consiste in:

- Predisposizione programma di lavoro (analisi delle condizioni meteo marine, analisi dei compiti da svolgere, profilo di immersione da seguire, scelta delle miscele respiratorie, controllo delle bombole, verifica della congruità dell'attrezzatura di lavoro, ecc.)
- Lettura e approvazione del programma di lavoro da parte dei lavoratori esposti prima dell'immersione
- Compilazione del registro di immersione pre e post (orario di ingresso e di uscita, analisi delle situazioni anomale eventualmente verificatesi, report delle condizioni fisiche e sintomatiche, ecc.)

Però, al momento non si hanno evidenze scientifiche certe che correlino la dose (intesa come combinazione profondità massima-tempo di esposizione), le caratteristiche fisiologiche del soggetto ed il relativo rischio. Infatti, eventuali correlazioni presenti in letteratura sono frutto di meri calcoli teorici che, evidentemente, hanno un basso fattore di affidabilità.

Il laboratorio Rischio Agenti Fisici del Dipartimento Medicina, Epidemiologia Igiene del Lavoro e Ambientale dell'INAIL, sia nei progetti istituzionali che nei BRIC (bandi di ricerca in collaborazione con università e altri enti di ricerca), sta portando avanti ormai da un decennio, studi e campagne di misure con l'obiettivo di individuare degli indici precoci di rischio.

L'obiettivo di questo lavoro è, infatti, presentare i risultati del comportamento di alcuni parametri fisiologici oggettivi valutati durante l'esposizione a diverse pressioni in un ambiente controllato come la piscina termale Y-40 di Montegrotto Terme). I parametri investigati sono relativi all'analisi quantitativa e qualitativa di biomarcatori presenti nei liquidi biologici che sono correlati al rilascio di fattori infiammatori in acuto e in cronico. Inoltre, si è valutata l'attività cardiaca sotto sforzo durante l'esposizione in quanto indice di carico di lavoro svolto dal soggetto.

SPERIMENTAZIONE PRESSO MONTEGROTTO TERME

La struttura Y-40 situata a Montegrotto Terme ad oggi è la piscina con acqua termale più profonda del mondo. Un gruppo composto da 7 soggetti di cui 4 subacquei professionisti della COM.DIVE di La Spezia e 3 subacquei ricreativi con brevetto è stato sottoposto ad una sperimentazione riassunta nella seguente tabella:

CAMPAGNA DI MISURE MONTEGROTTO TERME 7-11 APRILE 2024

	CODICE	NOME		PROFONDITA'(in m)		TEMPI DI PRELIEVO
CODIFICA VOLONTARI	1	ricreativo	CODIFICA PROFON	-20	CODIFICA TEMP	pre-esposizione
	2	ricreativo		-30		post-esposizione
	3	ricreativo		-40		a 30 m dall'esposizione
	4	professionista				a 120 m dall'esposizione
	5	professionista				
	6	professionista				
	7	professionista				
IMMERSIONI GIORNO 1 (8 aprile 2024)						
VOLONTARI	PROFONDITA	TEMPI				
1	A	T1	T2	T3		
5	A	T1	T2	T3		
6	A	T1	T2	T3		
4	C	T1	T2	T3		
7	C	T1	T2	T3		
IMMERSIONI GIORNO 2 (9 aprile 2024)						
VOLONTARI	PROFONDITA	TEMPI				
4	A	T1	T2	T3	T4	
7	A	T1	T2	T3	T4	
1	B	T1	T2	T3	T4	
2	B	T1	T2	T3	T4	
3	B	T1	T2	T3	T4	
5	C	T1	T2	T3	T4	
6	C	T1	T2	T3	T4	
IMMERSIONI GIORNO 3 (10 aprile 2024)						
VOLONTARI	PROFONDITA	TEMPI				
5	B	T1	T2	T3	T4	
6	B	T1	T2	T3	T4	
4	B	T1	T2	T3	T4	
7	B	T1	T2	T3	T4	
1	C	T1	T2	T3	T4	
2	C	T1	T2	T3	T4	

Ogni soggetto si è immerso per 3 giorni a 3 profondità diverse (-20m, -30m, -40m) con criterio randomico.

A ciascun soggetto sono stati effettuati 4 prelievi in ciascuna giornata con le tempistiche indicate in tabella:

T0= a riposo, prima dell'immersione

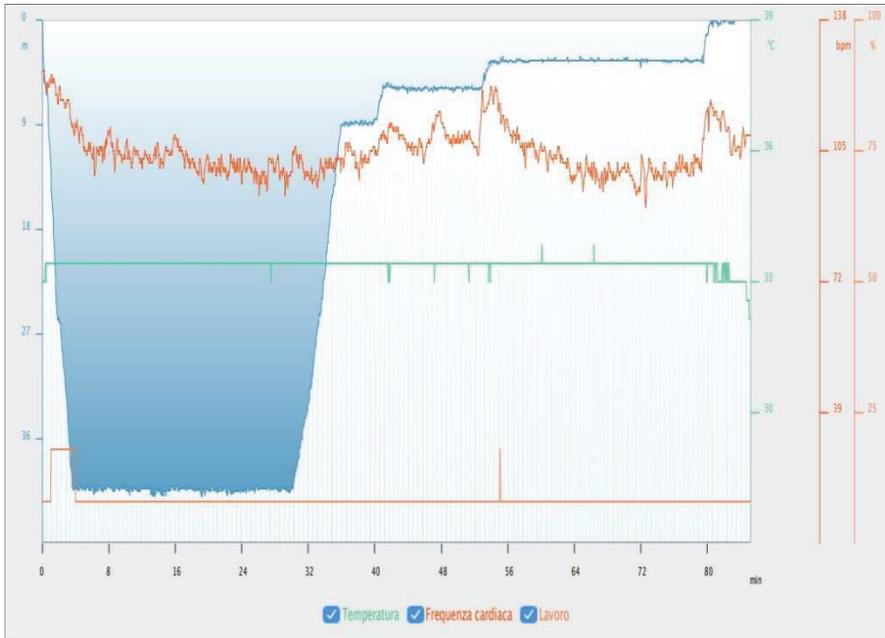
T1= appena usciti dall'acqua

T2= dopo 90 m dall'esposizione

T3= dopo 120m dall'esposizione

I soggetti, oltre alla normale attrezzatura di lavoro (muta, maschera, pinne, bombole, ecc.) sono stati muniti di un data logger posizionato sul torace sotto la muta e alloggiato in una scatola di PVC a tenuta stagna, per effettuare un ECG a singola derivazione con due elettrodi (per approfondimenti si rimanda alla sezione dedicata al monitoraggio dell'attività cardiaca).

Nella seguente figura viene proposto un esempio di profilo d'immersione:



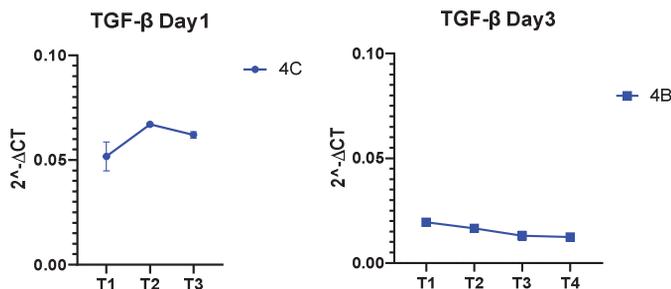
In fase di anamnesi a ciascun soggetto è stato somministrato un questionario per la valutazione delle abitudini alimentari. Inoltre, è stato eseguito un esame bioimpedenziometrico per la valutazione di massa grassa, massa muscolare e percentuale di idratazione cellulare.

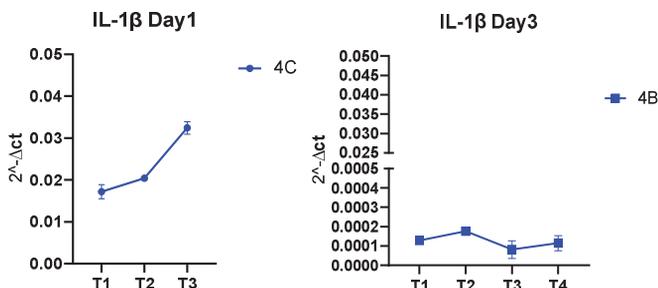


MONITORAGGIO DELLO STRESS OSSIDATIVO E INFIAMMAZIONE CELLULARE

Secondo alcuni Autori l'immersione innesca lo sviluppo di uno stato proinfiammatorio sistemico attraverso la regolazione alterata dei geni nei pathways immunitari (Tillmans et al., 2019; Mrakic-Spota et al., 2020). Dumić et al. hanno invece riferito che la regolare immersione subacquea promuove uno stato antinfiammatorio, contribuendo così alla cardioprotezione e conferendo molteplici benefici per la salute. È noto infatti che un'inflammation cronica di basso grado costituisce il principale fattore di rischio per lo sviluppo di malattie cardiovascolari e neurodegenerative, e che un'attività fisica di lunga durata e l'esposizione ad iperossia intermittente portano ad un'aumentata produzione di specie reattive dell'ossigeno e quindi alla promozione di uno stress ossidativo in grado di indurre reazioni infiammatorie che si ripercuotono sull'organismo provocando squilibri in numerosi parametri omeostatici. Le attività condotte in ambiente iperbarico sono aumentate negli ultimi anni, grazie anche al progresso delle strumentazioni e alla conseguente varietà di tipologie lavorative introdotte. Tali gruppi di lavoratori possono essere esposti a rischio acuto, legato principalmente alle tecniche di decompressione, o possono essere esposti a un rischio cronico, dovuto al prolungarsi delle attività in ambienti iperbarici. Soprattutto in quest'ultimo caso poco si sa degli eventuali squilibri omeostatici prodottisi in seguito al prolungarsi della pratica lavorativa: studi longitudinali volti a determinarne gli effetti cronici sulla salute sono al momento assai carenti. Le poche pubblicazioni al riguardo suggeriscono che anche in assenza di danni acuti questi lavoratori sviluppino alterazioni vascolari e stati infiammatori cronici, aumento della coagulazione e presenza di microparticelle circolanti in relazione all'aumento di ROS (Kiboub et al. *Front Physiol.* 2018; 9:937). La risposta dei lavoratori alla permanenza protratta in ambienti iperbarici è stata finora valutata mediante l'analisi quantitativa e qualitativa di biomarcatori presenti nei liquidi biologici. In tal senso biomarcatori sierici di stress ossidativo e di infiammazione sono stati studiati in diverse condizioni iperbariche, in particolar modo per approfondire eventuali squilibri nel sistema immunitario e in alcuni parametri fisiologici (Dumić et al. *Front Cardiovasc Med.* 2022 ;14; 9:855682; Monnoyer et al. *Front Physiol.* 2021 ;12:791525; Kiboub et al. *Front Physiol.* 2018; 9:937). Precedenti studi avevano evidenziato che immersioni effettuate ad una profondità di 20-30 metri erano in grado di modulare i livelli plasmatici della citochina IL-6, che viene rilasciata sia da cellule dell'immunità innata che da muscoli scheletrici dopo contrazione (Žarak et al. *Physiol Rep.* 2021; 9:(e14691). Sono state condotte analisi di proteomica e di biologia molecolare sui principali mediatori infiammatori

prima e a diversi tempi dopo l'immersione nelle diverse condizioni sperimentali. È stata valutata l'espressione di geni coinvolti nell'attività immunitaria e nel signalling infiammatorio, sono stati valutati i livelli sierici di citochine e adipochine pro- infiammatorie. Il nostro studio è volto ad indagare le condizioni che aumentano il rilascio di fattori infiammatori in acuto e in cronico (tempo zero delle immersioni). I subacquei hanno effettuato tre immersioni, una al giorno, a una profondità di 20-30-40 m. I nuovi prelievi sono stati ottenuti prima dell'immersione (T1), subito dopo l'immersione (T2) e dopo 90 (T3) e 180 minuti (T4). Il prelievo è stato aggiunto a una soluzione di EDTA e processato nelle successive 24 h, separando il plasma dalla parte corpuscolata. L'anello delle cellule mononucleate è stato recuperato e utilizzato per estrarre l'RNA totale. È stato effettuato il dosaggio (Real-time quantitative PRC analysis per l'mRNA e ELISA per le concentrazioni plasmatiche) delle citochine pro-infiammatorie IL-1 β , IL-6 e TNF- α , e delle citochine anti-infiammatorie IL-10 e TGF- β . Il nostro obiettivo è stato quello di indagare lo sviluppo di attività anti-infiammatoria e anti-ossidante indotte dall'esposizione ad ambiente iperbarico. Lo stress ossidativo e l'infiammazione sono due processi altamente collegati. L'infiammazione indotta dallo stress ossidativo è causata principalmente dall'attivazione di NF- κ B mentre Nrf2 regola la trascrizione dei fattori antiossidanti e diminuisce l'attivazione di NF- κ B con un conseguente aumento dell'espressione di citochine anti-infiammatorie, come ad esempio IL-10. Tali biomarcatori possono essere utilizzati per la valutazione del rischio conseguente a stress ambientale, e sono frequentemente utilizzati per monitorare la salute dei lavoratori.

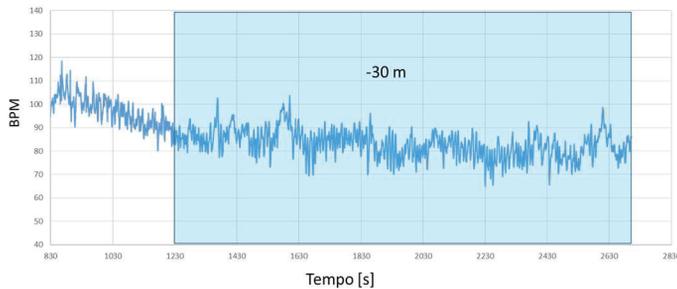




In figura si mostra un esempio esplicativo dei risultati nella seduta sperimentale di Montegrotto 2024. I risultati ottenuti indicano un aumento dell'mRNA della citochina pro-infiammatoria IL-1 β e un incremento della citochina anti-infiammatoria TGF- β nel primo giorno di immersione. Mentre nel terzo giorno di immersione si osserva un effetto ormetico post-immersione con la diminuzione dell'espressione della citochina pro-infiammatoria.

MONITORAGGIO ATTIVITA' CARDIACA IN AMBIENTE IPERBARICO

Il monitoraggio della risposta del Sistema Nervoso Autonomo (SNA) è stato indicato come possibile marker di stress e di rischio in ambiente iperbarico [Hernado et al 2021, 8]. La risposta del SNA può essere valutata in modo non invasivo attraverso la misura della frequenza cardiaca (Heart rate - HR) e della variabilità della frequenza cardiaca (Heart Rate Variability – HRV), a partire dal segnale ECG di superficie. Diversamente da quanto avviene in ambiente normobarico, dove esiste un'ampia ed accettata letteratura sulle metodiche di misura e sulle interpretazioni delle modifiche della HR e della HRV, pochi dati esistono relativamente ai valori di normalità ed ai valori in risposta ad eventi stressanti, in ambiente iperbarico. Al fine di mettere a punto un protocollo per definire valori di normalità durante immersioni, sono state misurate le variazioni di HR e HRV in volontari, durante il protocollo di immersione in ambiente umido a -30 e -40 metri, come descritto in precedenza. I parametri di HRV sono stati inoltre misurati in condizioni di base (REST) e durante ortostatismo attivo (TILT), sia in aria che in acqua. I test eseguiti hanno mostrato un chiaro trend di progressiva diminuzione della frequenza cardiaca passando dalla superficie alla profondità di 30 e 40 metri.



	HR [bpm]				
	Surface	-30 m	-40m	Delta -30	Delta -40
Subj 1	91.7	86.8	72.6	-5.3%	-20.9%
Subj 2	93.4	84.4	75.7	-9.6%	-18.9%
Subj 3	75.8	67.5	62.3	-11.0%	-17.9%

La stima dei parametri HRV è stata fortemente influenzata dalla frequenza respiratoria. Il fisiologico rallentamento della frequenza respiratoria comporta l'impossibilità di separare nel segnale HRV la componente parasimpatica dalla componente ortosimpatica. È stato suggerito in letteratura un metodo per superare questa limitazione. L'applicazione di questo metodo prevede, tuttavia, la misura continua dell'attività respiratoria, che non era disponibile in questo protocollo.

È stato infine provato un protocollo per lo studio dell'effetto dei cambiamenti di posizione del corpo (orizzontale vs verticale) sui parametri HR e HRV, essendo questo oggetto di controversia in letteratura. In tre volontari la misura dell'HRV è stata effettuata in clinostatismo ed ortostatismo, in aria e poi ripetuta in acqua. I dati preliminari ottenuti sembrano mostrare che, in acqua, non ci sia un effetto di attivazione simpatica dovuta all'assunzione della posizione verticale. È stato ipotizzato che l'effetto di compressione dell'acqua sui distretti inferiori del corpo contrasta il pooling venoso dovuto dalla forza di gravità. Questo dato, che toglie un potenziale confounding nell'analisi dell'HR e dell'HRV, richiede una conferma su una più ampia popolazione.

CONCLUSIONI

Le analisi ematiche mostrano come l'esposizione ad atmosfere iperbariche determina una risposta infiammatoria che è legata alla profondità e durata dell'immersione. Quando l'esposizione è ripetuta su più giornate si osserva un fenomeno di ormesi (le risposte fisiologiche cambiano con il tempo, processo adattativo). Questo si evidenzia con un minore livello di

infiammazione in terza giornata rispetto alla prima, indipendentemente dalle quote di immersione.

Per quel che riguarda i valori di Frequenza Cardiaca e di variabilità della stessa, i dati preliminari raccolti evidenziano un decremento di circa il 20% nella frequenza cardiaca a riposo alla profondità di 40 metri, una riduzione della frequenza respiratoria che rende difficile la stima “tradizionale” del bilanciamento autonomico tramite misura della variabilità della frequenza cardiaca, ed un effetto neutrale della posizione del corpo.

Alla luce delle risultanze del presente lavoro si evidenzia come questo tipo di attività sia stressante sia per quanto riguarda i parametri cardio-vascolari che metabolici e che lo stress conseguente può indurre fenomeni patologici. Quindi, le attività professionali in atmosfere iperbariche andrebbero ulteriormente studiate per definire degli indici di rischio da inserire nel Testo Unico (81/2008), al momento non presenti per questo agente fisico.

BIBLIOGRAFIA

1. Portale Agenti Fisici -Sezione Atmosfere Iperbariche ([Atmosfere Iperbariche \(portaleagentifisici.it\)](http://portaleagentifisici.it))
2. Tillmans et al., 2019 ; Mrakic- Sposta et al., 2020
3. Kiboub et al. Front Physiol. 2018; 9:937
4. Dumić et al. Front Cardiovasc Med. 2022 ;14; 9:855682
5. Monnoyer et al. Front Physiol. 2021 ; 12:791525
6. Kiboub et al. Front Physiol. 2018 ; 9:937
7. Žarak et al. Physiol Rep. 2021; 9:14691
8. Hernado et al 2021, 8

Si ringrazia **TALASSA sport srl** per la gentile collaborazione

APPLICAZIONE DELLE INDICAZIONI OPERATIVE PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO DA ESPOSIZIONE AD ULTRASUONI ALLA CARATTERIZZAZIONE DELL'EMISSIONE DI BAGNI E SONICATORI

Raffaele Mariconte (1), Diego Annesi (2), Rosaria Falsaperla (2), Andrea Bogi (3), Claudia Giliberti (1)

(1) Laboratorio Valutazione dei Rischi e degli Strumenti per la Tutela del Lavoratore, DIT, INAIL

(2) Laboratorio Rischi Agenti Fisici, DIMEILA, INAIL

(3) Laboratorio di Sanità Pubblica, AUSL Toscana Sud Est

INTRODUZIONE

Gli ultrasuoni (US) sono ampiamente impiegati in ambito industriale, medico e civile, comportando una potenziale esposizione per i lavoratori e per la popolazione che il più delle volte è inconsapevolmente esposta.

In ambito occupazionale, il decreto 81/2008 [1] inserisce gli US tra gli agenti fisici che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori (Titolo VIII, art. 180) e per i quali esiste l'obbligo di effettuare la valutazione del rischio (l'art. 28 impone la valutazione di "...*tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori...*"). Pertanto, se il processo lavorativo o la mansione comportano una significativa esposizione del lavoratore ad US, si dovrà necessariamente procedere ad eseguire una valutazione dei rischi specifica, attraverso la quale dovranno essere individuate le misure adeguate di prevenzione e protezione e garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di salute e sicurezza per i lavoratori esposti.

In assenza di un capo specifico nel D.Lgs. 81/08 e di limiti cogenti a livello nazionale, a dicembre 2022 sono state pubblicate le "*Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da US, ai sensi dell'81/08*" [2] (denominate FAQ US, 2022), elaborate dal Gruppo Tematico Agenti Fisici e approvate dal Gruppo Tecnico Interregionale Prevenzione Igiene e Sicurezza sui Luoghi di Lavoro. L'approccio seguito nella stesura delle FAQ US è coerente con quello adottato per le indicazioni operative relative ad altri agenti fisici, già approvate dal Coordinamento Tecnico.

Il documento è quindi strutturato in forma di risposte alle domande più frequenti, prevede cinque sezioni su: Effetti sulla salute degli US e sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti, Metodiche e strumentazione per la misura degli US in aria, Valutazione del rischio, Gestione del rischio e Vigilanza. Il documento rappresenta un riferimento fondamentale di buona prassi per tutti gli attori coinvolti nel processo di valutazione del rischio.

Il presente lavoro illustra i principali contenuti delle FAQ US e la loro applicazione nell'esecuzione di una campagna di misure dedicata alla caratterizzazione dell'emissione ultrasonora di bagni e sonicatori utilizzati nei laboratori di ricerca.

INDICAZIONI OPERATIVE PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO DA ULTRASUONI

Dal punto di vista fisico, gli US sono onde acustiche caratterizzate da frequenze oltre i 20 kHz, al di sopra del tipico limite superiore di udibilità, che rimane comunque soggettivo e variabile con l'età.

Le lunghezze d'onda per le frequenze ultrasoniche in aria sono molto piccole, dell'ordine di qualche mm; tutti gli oggetti incontrati nella propagazione dal fascio ultrasonoro (ostacoli, superfici di separazione, fenditure) hanno pertanto dimensioni lineari molto maggiori della lunghezza d'onda degli US, con la conseguenza che i fenomeni di diffrazione divengono trascurabili. Ne consegue che, in fase di esecuzione della mappatura dei livelli di US in un ambiente, va considerato che rispetto alle onde sonore essi rimangono confinati in prossimità delle sorgenti di emissione, sono molto direzionali e si creano facilmente zone d'ombra. L'attenuazione dell'aria è molto rilevante, pertanto ai fini pratici si può affermare che gli oltre i 300 kHz la loro propagazione in aria risulta praticamente inibita, con la conseguenza che le frequenze di interesse in aria non superano i 100 kHz.

Gli ambiti di applicazione sono molteplici, oltre alle note applicazioni in ambito medico, per la diagnostica e la terapia, gli US sono ampiamente utilizzati in ambito industriale per processi di saldatura, incollaggio, incisione, foratura, per i controlli non distruttivi e per la pulizia, usando l'effetto di cavitazione nei liquidi. Alcune sorgenti possono generare US non intenzionalmente, in particolare in presenza di elevate pressioni, flussi d'aria, parti in movimento molto rapido, ad esempio nel caso di motori, pompe, ventilatori, turbine a gas/vapore, compressori.

Gli effetti che l'esposizione ad US in aria può comportare sono molteplici: dagli effetti sull'apparato uditivo, sui quali la letteratura è piuttosto scarsa e datata, a effetti soggettivi come mal di testa e vertigini, che insorgono dopo pochi minuti di esposizione, senza correlazioni con la durata dell'esposizione, a effetti termici, più rilevanti alle alte frequenze. Vanno inoltre considerati anche gli effetti cosiddetti indiretti, relativi all'influenza che gli US possono avere sul funzionamento di dispositivi medici come protesi acustiche, pacemaker, lenti a contatto, e gli effetti legati all'esposizione da contatto, che si verifica quando non vi è interposizione di aria o di un liquido tra la sorgente di US ed il tessuto esposto, condizione che aumenta notevolmente l'energia trasferita al corpo.

Le evidenze scientifiche mostrano che in aria esposizioni di pochi secondi a livelli superiori a 105 dB a 25 kHz e superiori a 145 dB nell'intervallo fra 25 kHz e 100 kHz, possono portare ad un innalzamento temporaneo della soglia uditiva [3]. Tale fatto, in analogia a quanto avviene per il rumore, porta a supporre che gli US fino alla frequenza di 100 kHz possano avere effetti anche permanenti sull'apparato uditivo. Secondo gli studi di Acton [4], gli effetti soggettivi invece si manifestano entro pochi minuti dall'inizio dell'esposizione, per frequenze intorno a 20 kHz, a livelli compresi tra 75 e 105 dB [5].

In Italia non ci sono limiti cogenti per gli US, mentre, a livello internazionale, basandosi sugli studi a disposizione, sono stati proposti differenti limiti e metodologie di valutazione, molto spesso basati su singoli livelli in bande di terzi di ottava.

Tra gli organismi Protezionistici, Enti e Associazioni, i riferimenti più rilevanti sono il documento dell'International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association (IRPA-INIRC) "Interim guidelines on limits of human exposure to airborne ultrasound" [6]; le linee guida Canadesi del 1991 "Guidelines for the Safe Use of Ultrasound: Part II Industrial and Commercial Applications" [7] pubblicate dal Ministero della Sanità e del Welfare canadese e il documento Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices dell'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) [8].

Tenendo conto dei dati di letteratura e delle proposte internazionali, nelle FAQ US, cautelativamente, si consiglia di fare riferimento all'impostazione delle linee guida canadesi, che tra 20 e 50 kHz riportano limiti di esposizione per i lavoratori identici a quelli previsti dall'IRPA-INIRC, esplicitamente considerati come "ceiling values", valori massimi istantanei non superabili. Il rispetto di tali limiti, riportati in tabella 1, consente di prevenire l'insorgenza di effetti sia uditivi che soggettivi nei lavoratori esposti.

I soggetti più a rischio per esposizione a US sono i lavoratori particolarmente sensibili, indicati all'Articolo 183 del decreto 81, ossia donne in stato di gravidanza e minori, a cui si aggiungono lavoratori che indossano protesi acustiche, lenti a contatto, pacemaker, soggetti ipoacusici. In analogia al rischio rumore, ulteriori condizioni soggettive e cofattori espositivi, che possono incrementare il rischio, riguardano patologie pregresse a carico dell'organo dell'udito, il fumo l'esposizione a sostanze ototossiche e l'uso di farmaci ototossici.

È compito del medico competente, che partecipa attivamente alla valutazione del rischio, tenere conto, nell'effettuazione dell'attività di sorveglianza sanitaria, della presenza del rischio derivante dall'esposizione a US, soprattutto per i lavoratori particolarmente sensibili. Per tali soggetti è richiesta una protezione aggiuntiva, ossia almeno il rispetto dei limiti per la

popolazione, tenendo comunque conto che potrebbero non essere sufficientemente protettivi.

Frequenza centrale della banda in terzi d'ottava [kHz]	SPL - Livello di pressione sonora [dB re: 20 µPa]
20	75
25	110
31,5	110
40	110
50	110
63	110
80	110
100	110

Tabella 1 – Livelli di esposizione consigliati dalle FAQ US riferibili alle linee guida Health Canada, considerati come “ceiling values”

Nella gerarchia degli interventi, il controllo del rischio deve essere effettuato intervenendo primariamente sulla sorgente, per quanto possibile, o lungo il cammino di propagazione degli US, con attenuazione mediante schermi, tipicamente realizzati con lastre di policarbonato, e con individuazione, delimitazione e segnalazione delle aree attorno alla sorgente ove si riscontra il superamento dei valori limite della popolazione in generale. In tal caso, l'affissione di opportuna cartellonistica consente di evitare l'esposizione accidentale anche dei soggetti che potrebbero essere più sensibili.

L'operatore può essere protetto tramite DPI uditivi, che tuttavia ad oggi sono certificati solo per la banda udibile, anche se dati di letteratura e prove eseguite fanno supporre che l'attenuazione non diminuisca con l'aumentare della frequenza. Tale fatto suggerisce che essi possano essere presi in considerazione anche per la protezione da US. Nell'impiego dei DPI uditivi per la protezione da US, vanno tenute in conto eventuali problematiche legate all'iperprotezione per quanto riguarda l'udibilità e l'intelligibilità di segnali di allarme e messaggi verbali.

Con riferimento agli articoli 28 e 181 del D.Lgs. 81/08, il datore di lavoro valuta tutti i rischi derivanti da esposizione a US, ma questo non comporta necessariamente la necessità di effettuare misurazioni, poiché indicazioni sui livelli di emissione dell'apparato e sulle misure di tutela per un utilizzo in sicurezza degli apparati potrebbero essere deducibili da altre fonti quali: manuali di uso e manutenzione, procedure e banche dati, sezione Ultrasuoni del PAF, dati di letteratura.

Nella necessità di eseguire misurazioni, la grandezza fisica più idonea da misurare e confrontare con i limiti è rappresentata dal livello sonoro massimo

con ponderazione temporale Slow ($L_{f_{\max}}$ [dB]) in 1/3 ottava da 10 kHz a 100 kHz.

La strumentazione di misura da impiegare, in assenza di standard internazionali che definiscano in maniera chiara ed univoca i requisiti della stessa, può essere costituita da fonometri in classe 1 (per la parte udibile) dotati di banda bassante e frequenza di campionamento utili per le frequenze US da indagare, accoppiati a microfoni con capsule da ½” o in caso di emissioni superiori ai 40 kHz, da ¼”.

La strategia di misura da utilizzare può essere simile a quella per il rumore, tenendo conto, per la valutazione dell’incertezza, almeno dei contributi della ripetibilità delle misure e dell’incertezza strumentale, come fornita dal produttore.

La relazione tecnica deve essere redatta da personale qualificato e deve essere completa ed esaustiva, secondo i requisiti generali del D.Lgs. 81/08 e quelli indicati nelle specifiche sezioni delle linee guida del Coordinamento Tecnico (FAQ US).

Fondamentale è il ruolo della formazione e dell’informazione dei lavoratori esposti, per renderli consapevoli delle condizioni di rischio e di suscettibilità individuale.

SORGENTI DI ULTRASUONI NEI LABORATORI DI RICERCA: BAGNI AD ULTRASUONI E SONICATORI

Le metodologie di valutazione e gestione del rischio, riportate nelle Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da US ai sensi del decreto 81/08, sono state utilizzate per valutare specifiche sorgenti quali bagni ad US e sonicatori.

Si tratta di sorgenti che utilizzano la cavitazione per specifici scopi nei laboratori di ricerca. Il termine cavitazione si riferisce a una gamma di fenomeni che consistono nella formazione di cavità gassose (bolle) all’interno del mezzo; per bassi valori di pressione acustica di picco, la bolla oscilla rapidamente ma non scoppia. All’aumentare della pressione acustica di picco, la bolla diventa instabile mentre si contrae, collassando sotto l’inerzia del liquido circostante, esercitando un’azione meccanica sulla superficie degli oggetti immersi.

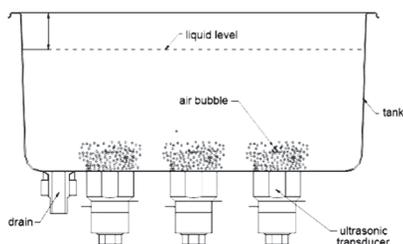
Tale processo è utilizzato per il cleaning ad US per rimuovere una grande varietà di contaminanti quali sporco, olio, grasso, inchiostro, vernice, colla da materiali come metalli, vetro, ceramica immersi in un liquido attivato dagli US. Tale sistema viene anche utilizzato nei laboratori per la preparazione di campioni in provette.

Ad intensità più elevate, la cavitazione può essere sfruttata anche per fornire energia per processi biochimici come estrazione, lisi, disintegrazione e de-agglomerazione di materiali biologici e condizionamento di superfici. A tale

scopo, gli strumenti preposti sono rispettivamente i bagni ad US ed i sonicatori.

Figura 1 – Schema di un bagno a US

Per quanto riguarda i bagni ad US, (figura 1) le componenti essenziali includono un generatore di segnale, un serbatoio solitamente in acciaio inox,



riempito con una soluzione acquosa contenente acqua e detergente, una serie di trasduttori piezoelettrici (spesso disposti in array) che, posizionati sul fondo e/o sui lati della vasca, producono onde di pressione, generando la cavitazione in acqua o nella soluzione acquosa.

La frequenza di lavoro di tali sistemi influisce sulla dimensione delle cavità gassose prodotte nel liquido in cui sono immersi gli oggetti da pulire: maggiore è la frequenza del generatore, minore sarà la loro dimensione (tabella 2). Nei laboratori di ricerca, le frequenze di lavoro di tali dispositivi sono generalmente comprese tra 40 e 50 kHz e le dimensioni delle vasche sono piuttosto contenute, con una capacità da 2 a 4 litri circa.

Applicazione	Cleaning industriale	Cleaning di precisione	Cleaning critico	Cleaning megasonico
Dimensione delle particelle	20-400 μm	1-20 μm	0.2-1.0 μm	< 0.2 μm
Contaminanti	Frammenti grossolani di metalli, residui di saldatura, scaglie di taglio laser, trucioli	Scaglie di metallo, frammenti sottili, composti per lappatura	Residui da manipolazione, impronte digitali, polveri	Particelle di dimensioni inferiori al micron
Settore	Ferramenta, idraulica, prodotti di consumo, automobilistico, aeronautico	Automobilistico di precisione, medico, aerospaziale, farmaceutico	Dischi rigidi, ottica, componenti elettronici	Fabbricazione dei chip, hard disk, ottica di precisione
Frequenze kHz	25- 40	80 - 120	200 - 400	800 – 1000/5000

Tabella 2 – Principali applicazioni delle frequenze ultrasoniche nel campo del cleaning

I sonicatori (figura 2) sono strumenti composti da un generatore che converte l'energia elettrica in ultrasuoni spesso alla frequenza di 20 kHz, da un trasduttore che trasforma questa energia in vibrazione meccanica longitudinale di uguale frequenza, da un booster che amplifica tale vibrazione e da una sonda, detta sonotrodo, che immersa nel liquido senza entrare in contatto con il contenitore, trasmette l'energia vibrazionale ai prodotti da trattare.

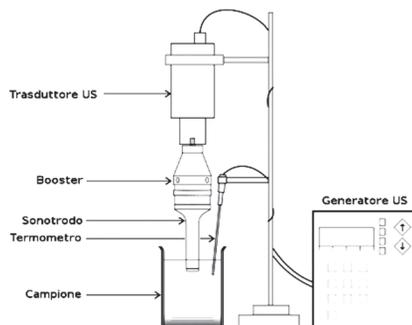


Figura 2 – Schema di un tipico sonificatore

Per queste tipologie di sorgenti, in cui gli US vengono generati e si propagano in acqua, la differenza di impedenza fra l'acqua e l'aria tipicamente comporta un'elevata riflessione all'interfaccia. Di conseguenza, la quasi totalità dell'energia ultrasonica rimane confinata nell'acqua. Tuttavia, in alcuni casi, l'emissione residua di US in aria potrebbe comunque essere rilevante: di conseguenza è necessario valutarne l'intensità e confrontarla con i valori di insorgenza dei diversi effetti sui lavoratori esposti che operano su tali apparati, al fine di garantirne la sicurezza e la salute.

MATERIALI E METODI

In accordo con le procedure stabilite nelle FAQ US, per la realizzazione della campagna di misura è stata utilizzata una catena di misura Brüel & Kjaer® composta da un analizzatore di segnale Pulse®, modello 3161-A011, impostato nel range di frequenza 10-100 kHz e microfono da 1/4", modello 4939. Vista l'elevata direzionalità degli US, si è sempre prestato attenzione ad orientare il microfono verso la sorgente; in particolare esso è stato posizionato a 150 cm dal piano di calpestio e a 50 cm di distanza dalla sorgente, nella tipica posizione dell'orecchio di un lavoratore che opera sulla strumentazione (figura 3).

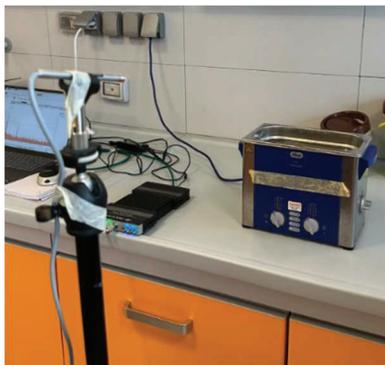


Figura 3 – Posizionamento del microfono per la rilevazione degli ultrasuoni

I rilievi sono stati eseguiti negli ambienti di ordinario utilizzo delle attrezzature, per ogni condizione di funzionamento.

Al fine di ottenere una valutazione maggiormente cautelativa, ed in accordo al documento delle FAQ US, per il confronto con i limiti è stato utilizzato il descrittore $L_{fS_{max}}$. Tale descrittore, considerando la natura emissiva essenzialmente di tipo tonale (monocromatica/sinusoidale, armonica) delle sorgenti ultrasonore analizzate, può rappresentare un valido indicatore di impulsività e di discomfort, con riferimento agli effetti soggettivi degli US. Per la valutazione dell'incertezza, si sono considerati i contributi della ripetibilità, calcolando la deviazione standard su tre misure ripetute, e il contributo dato dall'incertezza strumentale pari a $\pm 2,0$ dB, come fornita dal produttore. L'incertezza estesa è stata calcolata tenendo conto di un fattore di copertura $k = 1,645$. Per ciascuna configurazione, il valor medio delle tre misure effettuate, sommato all'incertezza estesa, è stato confrontato con i limiti riportati in tabella 1.

RISULTATI

La campagna di misura è stata eseguita su 30 bagni a US, di cui 29 per applicazioni di laboratorio e 1 per applicazioni industriali, e 4 sonicatori, per un totale di 89 prove eseguite nelle varie configurazioni di lavoro. La frequenza nominale di lavoro di tutti i dispositivi era compresa tra 20 e 59 kHz. Le apparecchiature, nell'80% dei casi, erano utilizzate da oltre 5 anni e il 60% operava solo in condizioni stazionarie, mentre il restante 40% presentava diverse condizioni operative. Nelle prove eseguite, il livello massimo misurato di $L_{fS_{max}}$ è risultato compreso tra 75 dB e 128 dB.

Per i bagni ad US, delle 79 prove eseguite, nel 67% dei casi è stata analizzata la modalità stazionaria che, oltre ad essere la più utilizzata, è anche quella

che comporta emissioni più elevate, con valori massimi rilevati di $L_{fS_{max}}$ compresi tra 95 e 128 dB. Nel restante 33% dei casi, sono state analizzate anche le altre modalità operative possibili:

- *sweep*: le emissioni vengono modulate in frequenza, oscillando tra una frequenza minima ed una massima attorno alla frequenza nominale di lavoro, garantendo una distribuzione omogenea del campo ultrasonoro;
- *degas* (degassificazione): sono generati treni d'onda composti di più frequenze per brevi intervalli di tempo; in questo modo il liquido viene velocemente liberato dall'aria in esso disciolta, al fine di ottenere una più efficace pulizia ad US;
- *impulsive, dynamic* (modalità operative simili al degas);
- funzionamento con e senza coperchio, se disponibile, in plastica o metallo.

Il primo risultato di rilievo è che indipendentemente dalle frequenze di lavoro, le emissioni nella banda dei 20 kHz, sono risultate quasi sempre superiori ai 75 dB, limite in corrispondenza del quale si segnala in letteratura l'insorgenza di effetti soggettivi nei lavoratori esposti (valore medio di $L_{fS_{max}}$ a 20 kHz pari a $87,3 \pm 10,5$ dB).

Se si considera la sola frequenza di lavoro di ogni bagno ad US, i livelli di emissione $L_{fS_{max}}$ nelle bande di terzi di ottava di 31,5 - 40 - 50 kHz, presentano valori medi massimi (rispettivamente di $114,2 \pm 2,8$ - $118,8 \pm 4,0$ - $115,4 \pm 6,2$ dB) superiori alla soglia per l'insorgenza degli effetti sull'apparato uditivo nei lavoratori esposti, indipendentemente dalla stessa. I livelli medi in corrispondenza delle altre bande di terzi di ottava non di lavoro sono risultati sempre inferiori a 110 dB ed in particolare, nella banda dei 20 kHz, sono risultati inferiori di circa 30 dB rispetto al livello medio massimo, ma risultano comunque generalmente superiori alla soglia di insorgenza degli effetti soggettivi (75 dB). Tale risultato evidenzia che la salute uditiva dei lavoratori esposti deve essere preservata con adeguate misure di prevenzione e protezione.

In corrispondenza delle bande di terzi di ottava appartenenti al range udibile (10 - 12,5 - 16 kHz), i livelli medi misurati sono al limite della soglia del disturbo uditivo (che in banda larga è compreso tra 60 e 65 dBA, in ambienti di lavoro ordinari), nel caso di utilizzo dei dispositivi per lunghi intervalli di tempo durante la giornata lavorativa. Tale condizione risulta confermata dagli utilizzatori stessi, che riferiscono discomfort uditivo durante il funzionamento dei bagni ad US che, nella maggior parte dei casi, sono posizionati su un piano di lavoro in laboratorio, con ogni ciclo di attività generalmente dell'ordine di 10 - 15 minuti.

Un'ulteriore analisi ha riguardato lo studio della ripetibilità e stabilità delle misure eseguite sui bagni ad US. In tal caso, a fronte di una buona ripetibilità delle misure, si riscontrano, soprattutto nelle bande di terzi di ottava del range

udibile (10 - 12.5 - 16 kHz), numerosi outliers, probabilmente dovuti sia alla contaminazione da sorgenti sonore ambientali in alta frequenza presenti durante le misure, sia ad eventuali problematiche legate alla stabilità del piezoelettrico.

Per quanto riguarda i 4 sonicatori analizzati durante la campagna di misura, delle 10 prove eseguite, nella maggioranza dei casi (60%) è stata analizzata la modalità stazionaria. I dispositivi analizzati operano tutti alla frequenza di 20 kHz e prevedono quasi sempre la presenza di un case con sportello. In unico caso, lo strumento era privo di case e utilizzato sul banco di lavoro in laboratorio; in tutti gli altri casi, lo strumento era posizionato in una stanza separata, utilizzato sempre dal personale con lo sportello chiuso, indossando anche DPI uditivi. Le misurazioni sono state eseguite al 20% e al 40% della potenza, secondo le indicazioni fornite dall'operatore, in relazione alle tipiche modalità di utilizzo di queste apparecchiature nell'attività di laboratorio. In tal caso, nel campione analizzato, i livelli di $L_{fS_{max}}$ più elevati sono stati riscontrati esclusivamente nella banda dei 20 kHz (valore medio di $L_{fS_{max}}$ a 20 kHz pari a $89,4 \pm 10,2$ dB), corrispondente alla frequenza di lavoro. Non sono stati riscontrati invece superamenti dei limiti raccomandati per le bande di terzi di ottava superiori alla frequenza di lavoro.

Nella banda di terzi di ottava di 20 kHz i livelli risultano, pertanto, generalmente superiori alla soglia di insorgenza degli effetti soggettivi (75 dB), che viene superata anche nelle bande di terzi di ottava del range udibile, nelle condizioni operative a sportello aperto.

Ai fini dello studio del contenimento delle emissioni di US, è stata eseguita un'analisi più dettagliata in funzione dell'applicazione o meno del coperchio in dotazione che tipicamente non è progettato per contenere le emissioni, e dell'effetto schermante di una cappa da laboratorio, relativamente ai bagni ad US e dell'effetto del case e dello sportello per i sonicatori.

Per quanto riguarda i bagni ad US, selezionando le sole condizioni operative stazionarie, il valore medio in dB dell'attenuazione, calcolata come differenza tra i livelli rilevati nella posizione di misura con e senza coperchio, è risultato dell'ordine di circa 5 dB. Nel dettaglio, l'attenuazione prodotta in relazione alla tipologia di coperchio utilizzato (delle 79 prove eseguite, il 42% è stata eseguita con coperchio, nel 9% dei casi in plastica, nel 5% in plastica con fori e nel 18% in metallo) ha fornito i risultati che saranno di seguito discussi.

Selezionando le sole configurazioni con coperchi in metallo, la media delle attenuazioni fornite è risultata pari a circa 4 dB, con valori inferiori ad 1 dB alle frequenze più basse, crescenti da 4 a 8 dB, tra 40 e 100 kHz. È stato riscontrato, inoltre, che in alcuni casi ed in alcune bande di terzi di ottava, i livelli di US rilevati con coperchio in metallo erano superiori a quelli senza coperchio, fenomeno probabilmente dovuto alla caratteristica del coperchio

(tipicamente in acciaio inox piuttosto sottile e leggero) di risuonare alla frequenza di lavoro.

I coperchi in plastica, invece, hanno fornito attenuazioni medie pari a circa 7 dB, più stabili in funzione della frequenza rispetto a quelle registrate con i coperchi in metallo. Esse sono risultate pari a circa 4 - 5 dB tra 10 e 50 kHz, con attenuazioni medie crescenti con la frequenza, fino a 11 dB a frequenze più elevate.

In entrambi i casi, metallo o plastica, le attenuazioni sono risultate spesso insufficienti a mantenere le emissioni di US al di sotto dei limiti raccomandati.

Nel caso dell'unico dispositivo industriale progettato per operare con coperchio in metallo a tenuta, i livelli di attenuazione rilevati sono risultati superiori a 15 dB. Tale risultato evidenzia la necessità di progettare bagni ad US con coperchi a tenuta, per limitare in maniera efficace l'emissione in aria di US.

Purtroppo, tale considerazione protezionistica spesso può risultare non di pratica applicazione, dato che l'utilizzo dei dispositivi nelle tipiche condizioni di lavoro in laboratorio (spesso lavaggio in immersione di oggetti, ma anche pulizia di materiali da laboratorio, come vetreria) può prevedere l'adozione di specifici porta - oggetti che talvolta fuoriescono dalla vasca stessa, interferendo con l'applicazione di un coperchio.

La limitazione dell'impiego dei coperchi a tenuta può essere superata nel caso si abbia a disposizione una cappa da laboratorio, disponendo i bagni ad US sotto la cappa chiusa. Con tale accorgimento si possono ottenere consistenti attenuazioni, anche superiori a 30 dB per le frequenze di lavoro, così come si è riscontrato da rilievi effettuati in campo.

Nel caso specifico, per valutare l'attenuazione offerta dalla cappa, sono stati eseguiti dei rilievi immediatamente all'esterno della cappa a circa 50 cm dal bagno ad US e a 150 cm dal piano di calpestio (figura 4), nelle configurazioni di bagno a US senza coperchio e cappa aperta, bagno a US con coperchio e cappa aperta e bagno a US con coperchio e cappa chiusa. In tal modo, si sono potuti valutare separatamente le attenuazioni offerte dal solo coperchio e dalla cappa e coperchio assieme.

L'attenuazione offerta dal solo coperchio (in metallo) è coerente con quanto riscontrato sugli altri bagni ad US, mentre la cappa da sola o in combinazione con il coperchio garantisce attenuazioni molto consistenti dell'ordine dei 20-35 dB. In tabella 3 sono riportati in dettaglio i risultati delle misurazioni eseguite in questa configurazione.

I risultati mostrano che far lavorare i bagni ad US sotto cappa (quando disponibile) rappresenta una misura protezionistica molto efficace e praticamente a costo zero.

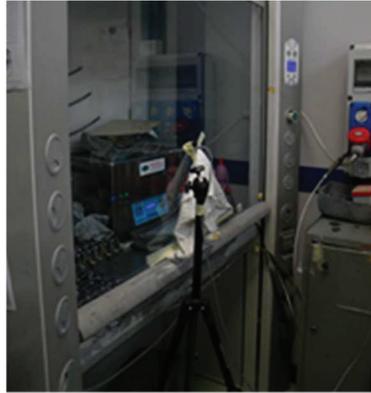


Figura 4 – Posizione di misura esternamente alla cappa con vetro abbassato

	Freq [kHz]	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100
	L_{fSmax} [dB] Senza coperchio e cappa aperta	75,4	71,6	76,8	85,8	80,0	104,6	114,9	86,5	77,1	86,7	66,5
	L_{fSmax} [dB] Con coperchio e cappa aperta	56,2	60,2	68,4	79,7	75,3	96,5	113,1	88,2	71,3	81,8	61,9
Attenuazione coperchio [dB]		19,2	11,5	8,4	6,2	4,7	8,2	1,9	-1,7	5,7	4,9	4,6
	L_{fSmax} [dB] Con coperchio e cappa chiusa	51,0	50,7	48,6	56,2	47,3	66,1	82,9	58,4	41,6	49,7	33,2
Attenuazione solo cappa [dB]		5,2	9,5	19,8	23,4	28,0	30,3	30,1	29,8	29,7	32,0	28,7
Attenuazione coperchio e cappa [dB]		24,4	21,0	28,2	29,6	32,7	38,5	32,0	28,1	35,5	36,9	33,3

Tabella 3 – Attenuazione offerta da una cappa chimica per un bagno ad US da laboratorio, descrittore L_{fSmax} [dB]

Per valutare il livello di abbattimento fornito dal case dei sonicatori, le misurazioni sono state eseguite nelle condizioni di sportello chiuso e aperto. I risultati mostrano che per questa tipologia di sorgenti, la chiusura degli sportelli comporta un abbattimento dei livelli di US emessi in aria pari a circa 18 - 20 dB. Dato che i sonicatori prevedevano la selezione della potenza di utilizzo, le misurazioni sono state eseguite al 20% e al 40% della potenza

disponibile, secondo le indicazioni fornite dall'operatore, in relazione alle tipiche modalità di utilizzo nell'attività di laboratorio.

I risultati della media delle misure con sportello chiuso per le due potenze analizzate, evidenziano che le emissioni nella banda di 20 kHz, dove la categoria dei sonicatori analizzati presentava la frequenza di lavoro, sono in media superiori a 75 dB (valore medio di $L_{fS_{max}}$ a 20 kHz pari a $81,1 \pm 5,9$ dB) che rappresenta il livello per l'insorgenza di effetti soggettivi nei lavoratori esposti. Particolare attenzione anche per questa tipologia di attrezzature deve essere posta in relazione alla salute e sicurezza dei lavoratori esposti.

I risultati per questa categoria di sorgenti evidenziano che è consigliabile l'acquisto dei prodotti con il relativo case, e l'utilizzo dei dispositivi esclusivamente con lo sportello chiuso indossando DPI uditivi, come spesso indicato dai produttori nel manuale d'uso.

In considerazione dei livelli rilevati e considerata la possibilità da parte dell'operatore di selezionare la potenza, indicazioni devono essere fornite in relazione all'utilizzo dei dispositivi alle potenze più basse possibili, compatibilmente con l'obiettivo che si intende raggiungere tramite l'utilizzo dello strumento. Inoltre, la segregazione delle sorgenti in stanze dedicate, l'apposizione di adeguata cartellonistica, la formazione e l'informazione dei lavoratori, sono possibili interventi finalizzati alla riduzione dell'esposizione.

Infine, nel campione complessivo analizzato, non è stata rilevata alcuna correlazione fra la potenza elettrica assorbita e il livello massimo di US emessi in aria (figura 5) rilevati in prossimità delle sorgenti, indipendentemente dalle dimensioni delle sorgenti stesse. Tale comportamento può essere spiegato considerando che per ottenere un determinato trattamento, è necessario raggiungere una data densità di energia ultrasonica nel volume di acqua a disposizione e pertanto, ad un volume maggiore corrisponde una maggiore potenza ultrasonica introdotta nel liquido. Tale potenza viene impiegata quasi totalmente per generare il processo di cavitazione, per cui il livello di US che raggiunge l'interfaccia con l'aria, responsabile dell'emissione residua che potrebbe esporre i lavoratori, risulta indipendente dalla potenza utilizzata.

Dalla figura 5 sono evidenti tre clusters corrispondenti rispettivamente ai bagni ad US per laboratori, ai sonicatori e al bagno ad US per impiego industriale.

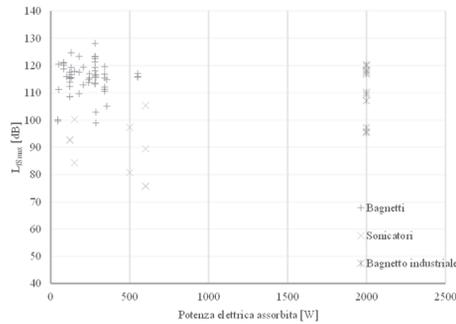


Figura 5 – Valori massimi di L_{rSmax} [dB] in funzione della potenza elettrica assorbita [W]

CONCLUSIONI

I bagni ad US e i sonicatori vengono normalmente adoperati nei laboratori di ricerca da gruppi eterogenei di utilizzatori (lavoratori e/o studenti) di differenti classi di età, con le apparecchiature spesso posizionate sui banchi di lavoro, ove gli operatori svolgono le loro attività quotidiane. Talvolta, gli utilizzatori sono inconsapevoli e non adeguatamente formati sui potenziali rischi connessi con il loro utilizzo.

Dalla campagna di misura è emerso che le emissioni alla frequenza di 20 kHz provenienti dai bagni ad US e dai sonicatori, indipendentemente dalla frequenza di lavoro dei dispositivi, superano sempre i limiti considerati dalle FAQ US per la prevenzione dagli effetti soggettivi.

Nel caso dei bagni ad US, particolare attenzione va prestata alle emissioni alla frequenza di lavoro dei vari dispositivi per l'insorgenza di eventuali danni uditivi ed inoltre, la presenza di coperchi in dotazione, non fornisce significativi abbattimenti delle emissioni, a meno che gli stessi non siano progettati ad hoc, come nell'unico caso di un bagno a US per usi industriali. Al contrario, le misurazioni sui sonicatori evidenziano significativi abbattimenti dei livelli di US in aria per effetto del contenimento dei dispositivi in case forniti dal produttore. Nonostante ciò, i limiti per l'insorgenza di effetti soggettivi vengono comunque superati.

Pertanto, al fine di prevenire potenziali effetti per la salute e la sicurezza dei lavoratori, tenendo conto anche dei lavoratori particolarmente sensibili, le misure principali di prevenzione e protezione da applicare a queste sorgenti sono:

- l'utilizzo dei sonicatori con case con sportello chiuso;
- l'utilizzo, ove possibile di coperchi in plastica, la progettazione di case in PVC o la collocazione dei dispositivi all'interno di cappe da

laboratorio tenute chiuse, in relazione agli specifici utilizzi dei dispositivi;

- la segregazione dei dispositivi in ambienti separati dai laboratori nei quali normalmente i lavoratori svolgono la loro attività, evitando di posizionarli direttamente sui banchi di lavoro;
- è auspicabile l'uso di DPI uditivi, previsti e raccomandati nel caso dei sonicatori, ponendo attenzione a fenomeni di iperprotezione nel range dell'udibile;
- l'apposizione di opportuna cartellonistica per evidenziare la presenza di US;
- la formazione specifica dei lavoratori sui rischi da US e sulle sorgenti presenti in azienda, al fine di renderli consapevoli delle condizioni di rischio e di eventuali suscettibilità individuali.

L'efficacia di tali misure andrà verificata in occasione delle visite periodiche da parte del medico competente che dovrebbe intervistare i lavoratori per rilevare l'eventuale presenza di disturbi uditivi e malesseri legati alla presenza di emissioni provenienti da tali apparati nell'attività lavorativa.

Occorre anche prestare attenzione ai livelli emessi da tali sorgenti nel range udibile, per la protezione dei lavoratori dagli effetti extrauditivi del rumore. Appare, inoltre, necessario instaurare un dialogo con i produttori al fine di migliorare la qualità dei prodotti e fornire specifiche indicazioni per la manutenzione preventiva e periodica e per un uso in sicurezza delle apparecchiature.

La campagna di misura ha infine evidenziato diverse criticità nel processo di misura legate al posizionamento spaziale del microfono e al tipo di strumentazione utilizzata per effettuare la misura. In tal senso, sono auspicabili in futuro interconfronti per valutare nel dettaglio il peso di tali contributi nell'incertezza connessa con la misura.

BIBLIOGRAFIA

- [1] D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i. “Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro”.
- [2] Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome - Gruppo Tematico Agenti Fisici, “Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08. Parte 7: ULTRASUONI, 2022”.
- [3] Lawton, B.W., Damage to human hearing by airborne sound of very high frequency or ultrasonic frequency, 2001, HSE Crown.
- [4] Acton I., The effects of industrial airborne ultrasound on humans, 1974, Ultrasonics.
- [5] Smagowska B., Pawlaczyk-Łuszczynska M., Effects of ultrasonic noise on the human body—A bibliographic review, 2013, Int. J. Occup. Saf. Ergon.
- [6] IRPA – INIRC, 1984; International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Associations INTERIM GUIDELINES ON LIMITS OF HUMAN EXPOSURE TO AIRBORNE ULTRASOUND. Health Physics Vol.46, No.4 (April), pp.969-974, 1984.
- [7] Health Canada, 1991; Guidelines for the Safe Use of Ultrasound: Part II - Industrial and Commercial Application. Environmental Health Directorate Health Protection Branch Published by authority of the Minister of National Health and Welfare. EHD-TR-158, 1991. ISBN 0-660-13741-0.
- [8] ACGIH, 2021; The American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Guide to Occupational Exposure Values, 2021.

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA VIBRAZIONI: MULTIFATTORIALITA' DEGLI AGENTI NOCIVI E LIMITI DELLE NORME TECNICHE

ing. Stefano Casini (1)

1) INAIL Consulenza Tecnica Salute e Sicurezza - Direzione Regionale Sicilia

RIASSUNTO

Nell'effettuare la valutazione del rischio da vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio (HAV) e al corpo intero (WBV) si è soliti calcolare e riferirsi ai soli valori di esposizione A(8) fissati dal D.lgs. 81/2008, spesso trascurando la presenza contemporanea di altri agenti nocivi.

Nel mondo reale lo scrivente ha rilevato, durante le attività svolte sul campo per l'accertamento del rischio di contrarre malattie professionali, che oltre alle vibrazioni vi è quasi sempre la concomitante presenza di altri fattori di rischio quali posture incongrue e prolungate, movimentazione manuale di carichi e movimenti ripetuti.

In questo lavoro vengono nella prima parte presentati diversi casi reali valutati sul campo dallo scrivente in cui, a fronte di valori di esposizione a vibrazioni inferiori ai limiti di legge, la sinergia con gli altri agenti nocivi ha comunque generato una malattia professionale nel lavoratore: Le mansioni coinvolte sono le seguenti:

- autisti di autobus e pullman di linea
- autotrasportatori
- agricoltori
- fabbri
- operai in catena di montaggio automobili

In tutti i casi esaminati si riscontrano dei denominatori in comune: multifattorialità degli agenti patologici, esposizioni ultradecennali, mancata percezione iniziale del rischio.

Se ne deduce che un tecnico che voglia redigere un'efficace valutazione del rischio da vibrazioni non deve basarsi unicamente sui dati di vibrazione (a volte misurati sul campo, altre volte tratti da banche dati o manuali d'uso con tutte le limitazioni del caso), bensì valutare la mansione del lavoratore nel suo complesso tenendo conto sia degli altri agenti nocivi compresenti sia delle più recenti indicazioni contenute nelle norme tecniche, ancorché non ancor formalizzate.

A parere dello scrivente la normativa tecnica corrente non sempre risulta adeguata; a tal proposito si illustreranno nella seconda parte i limiti applicativi delle norme ISO attualmente cogenti; inoltre, si illustreranno sia i contenuti delle norme in fase di elaborazione che di quelle poco utilizzate, poiché non citate nel D.lgs. 81/2008; in particolare tratteremo quanto segue:

- ISO 2631-1:1997, norma generale per la valutazione delle vibrazioni WBV;
- ISO 2631-5:2018, norma per la valutazione delle vibrazioni WBV a carattere impulsivo per le persone sedute;
- ISO 3153, norma in preparazione per quantificare l'aggravamento dovuto alle posture incongrue nel caso delle WBV;
- ISO 5349-1:2001, norma generale per la valutazione delle vibrazioni HAV;
- ISO/NP 5349-3:2023, norma in preparazione per la valutazione delle vibrazioni HAV a carattere impulsivo;
- ISO/TR 18570:2017, rapporto tecnico riguardante nuove curve di pesatura per le vibrazioni HAV.

Per concludere, qualora il tecnico valutatore riscontri la presenza di sorgenti vibranti anche se di entità relativamente modesta rispetto ai limiti di legge, si consiglia comunque di sensibilizzare il lavoratore verso la prevenzione, ed il medico competente ad attuare un protocollo di sorveglianza sanitaria che tenga conto della multifattorialità degli agenti nocivi.

INTRODUZIONE

Il Decreto Legislativo 81/2008 indica i metodi da utilizzare per effettuare la valutazione del rischio da vibrazioni (HAV e WBV) che possono andare dalla lettura dei valori dichiarati dal fabbricante dell'attrezzatura vibrante, all'utilizzo della Banca Dati Vibrazioni del Portale Agenti Fisici (PAF), fino alla misurazione diretta utilizzando le norme tecniche di riferimento (ISO 5349 e ISO 2631); inoltre indica i valori di esposizione al cui superamento è necessario porre in atto le azioni di mitigazione del rischio.

L'art. 202 – Valutazione dei rischi - del Decreto 81/2008 recita, tra l'altro:

“ Ai fini della valutazione di cui al comma 1, il datore di lavoro tiene conto, in particolare, dei seguenti elementi:

...omissis

h) condizioni di lavoro particolari, come le basse temperature, il bagnato, l'elevata umidità o il sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e del rachide;

i) informazioni raccolte dalla sorveglianza sanitaria, comprese, per quanto possibile, quelle reperibili nella letteratura scientifica.”

Dall'esame dei numerosi documenti di valutazione del rischio vibrazioni che lo scrivente ha esaminato nel corso degli anni, emerge che i valutatori si limitano alla disamina dei soli livelli di vibrazione, trascurando del tutto la

presenza contemporanea di altri agenti nocivi; ciò comporta una sottostima dei rischi per la salute dei lavoratori esposti.

Nel corso delle attività svolte sul campo nel corso degli anni per l'accertamento del rischio di contrarre malattie professionali lo scrivente ha rilevato che, oltre alle vibrazioni, vi è quasi sempre la concomitante presenza di altri fattori di rischio quali posture incongrue (PI), movimentazione manuale di carichi (MMC) e movimenti ripetuti.

Nella maggior parte dei casi il valore dell'esposizione quotidiana a vibrazioni $A_{(8)}$ risultava inferiore ai valori d'azione previsti dal Decreto (2,5 m/s^2 per HAV e 0,5 m/s^2 per WBV), il che poteva portare a ritenere il rischio assente; ma la sinergia con gli altri agenti nocivi presenti in contemporanea aveva comunque generato una malattia professionale nel lavoratore.

CASI STUDIO

Si premette che nella casistica esaminata mancano alcune attività professionali a rischio (conduttori di macchine movimento terra, motoseghisti, ecc.) perché sono lavorazioni tabellate (D. M. 9 aprile 2008) e non viene generalmente chiesto un parere tecnico alla Consulenza tecnica Salute e Sicurezza (CTSS). Di seguito sono presentate le schede riassuntive relative ad alcuni casi di malattia professionale esaminati dallo scrivente in cui, a fronte di valori di esposizione a vibrazioni misurati sul campo inferiori ai limiti di legge, la sinergia con gli altri agenti nocivi ha comunque generato una malattia professionale nel lavoratore:

- autisti di autobus e pullman di linea
- autotrasportatori
- agricoltori
- fabbri
- operai in catena di montaggio automobili.

Sintetizzando quanto emerso dai casi studiati sul campo si può affermare che:

- le affezioni al rachide da WBV riguardanti gli agricoltori sono caratterizzate da elevati livelli di vibrazione dovuti al trattore che però viene usato non in continuità, per circa 60-90 giorni l'anno; i fattori sinergici più importanti sono le posture incongrue mantenute durante l'utilizzo del trattore e, nel caso dell'allevamento di bestiame o della raccolta della frutta, la movimentazione manuale del foraggio, del letame e delle cassette di frutta, a volte anche in condizioni climatiche sfavorevoli;

- le affezioni al rachide da WBV riguardanti gli autisti di autobus e pullman di linea e gli autotrasportatori sono caratterizzate da livelli di vibrazione generalmente inferiori al valore d'azione; il fattore sinergico più importante è la postura seduta mantenuta per lungo tempo (da 1 a oltre 4 ore); in alcuni casi (trasportatori che effettuano anche il carico/scarico della merce) è presente anche la movimentazione manuale dei carichi;
- le affezioni agli arti superiori da HAV riguardanti agricoltori, fabbri ed operai addetti alla catena di montaggio sono caratterizzate o da un utilizzo continuo di attrezzature vibranti che però hanno un basso livello di vibrazione, o da un utilizzo saltuario (pochi minuti al giorno o pochi giorni al mese) di attrezzature con livelli di vibrazione medio-elevati; il fattore sinergico più importante sono i movimenti ripetuti dovuti all'uso di attrezzature manuali (mazze, martelli, forbici e seghe da potatura) e, in alcuni casi, le concomitanti posture incongrue della spalla o del polso.

In tutti i casi esaminati sono stati riscontrati dei denominatori in comune:

- multifattorialità degli agenti patologici;
- esposizioni ultradecennali;
- mancata percezione iniziale del rischio da parte del lavoratore.

Gli indicatori utilizzati per la valutazione del rischio sono:

- $A_{(8)}$ per le vibrazioni HAV e WBV;
- Lifting Index (LI) NIOSH per la Movimentazione Manuale dei Carichi;
- Checklist OCRA per i movimenti ripetuti (CTD);
- Posture Incongrue (PI) valutate in maniera qualitativa.

Assicurato	P. G. - Caltanissetta
M.P. denunciata	lombosciatalgia
Attività	autotrasportatore
Anni di esposizione	25
Agenti di rischio	WBV, PI
Note	<ul style="list-style-type: none"> • WBV: $A_{(8)}$ tra 0.45 m/s^2 e 0.50 m/s^2 • PI: postura seduta obbligata per 8 – 10 ore al giorno

Assicurato	I. S. – Caltanissetta
M.P. denunciata	lombosciatalgia
Attività	autista autobus di linea urbani
Anni di esposizione	22
Agenti di rischio	WBV, PI
Note	<ul style="list-style-type: none"> • WBV: $A_{(8)}$ da $0,25 \text{ m/s}^2$ a $0,44 \text{ m/s}^2$ • L'esposizione a vibrazioni dipende dal tipo di autobus e dal tipo di sedile (maggiore per autobus corto e sedile estivo) • PI: postura seduta obbligata per circa 360 minuti al giorno

Assicurato	P. N. – Brolo
M.P. denunciata	ernia discale
Attività	autista pullman di linea extra urbana
Anni di esposizione	32
Agenti di rischio	WBV, PI
Note	<ul style="list-style-type: none"> • WBV: $A_{(8)}$ da $0,38 \text{ m/s}^2$ a $0,44 \text{ m/s}^2$ • L'esposizione dipende dal tipo di pullman e dal tipo di strada (provinciale o autostrada) • PI: postura seduta obbligata per circa 270 minuti al giorno

Assicurato	S. R. – Palermo
M.P. denunciata	spondiloartrosi lombare
Attività	autotrasportatore
Anni di esposizione	25
Agenti di rischio	WBV, PI, MMC
Note	<ul style="list-style-type: none"> • WBV: $A_{(8)}$ da 0,35 m/s² a 0,45 m/s² • MMC: presente talvolta per spostare i pallet all'interno del vano rimorchio • PI: postura seduta obbligata per circa 540 minuti al giorno

Assicurato	F. G. - Palermo
M.P. denunciata	ernia discale
Attività	trasporto e distribuzione bombole di ossigeno sanitario
Anni di esposizione	11
Agenti di rischio	WBV, MMC
Note	<ul style="list-style-type: none"> • WBV: trascurabili • MMC: LI compreso tra 2.2 e 3.6

Assicurato	D. B. - Partanna
M.P. denunciata	ernia discale e lombalgia
Attività	coltivatore diretto: uliveto, vigneto, seminativo, frutta e ortaggi
Anni di esposizione	25
Agenti di rischio	WBV, PI, MMC
Note	<ul style="list-style-type: none"> • WBV: $A_{(8)}$ da 0,7 m/s² a 1,1 m/s² • PI: postura seduta con inclinazione del busto e torsione del collo per buona parte del tempo di utilizzo del trattore • MMC: LI > 1 per circa 40 giorni l'anno, durante raccolta olive e frutta

Assicurato	V. C. - Giuliana
M.P. denunciata	ernia discale e lombalgia
Attività	coltivatore diretto: uliveto, seminativo, frutta, allevamento bovini
Anni di esposizione	14
Agenti di rischio	WBV, PI, MMC
Note	<ul style="list-style-type: none"> • WBV: $A_{(8)}$ da 0,5 m/s² a 1,15 m/s² • PI: postura seduta con inclinazione del busto e torsione del collo per buona parte del tempo di utilizzo del trattore; posture incongrue per spalatura letame e movimentazione balle di fieno • MMC: $LI > 1$ per tutto l'anno, durante la movimentazione delle balle di fieno per alimentazione animali

Assicurato	N. C. - Capizzi
M.P. denunciata	ernia discale e lombosciatalgia
Attività	coltivatore diretto: uliveto, seminativo, allevamento bovini, suini e caprini
Anni di esposizione	25
Agenti di rischio	WBV, PI, MMC
Note	<ul style="list-style-type: none"> • WBV: $A_{(8)}$ da 0,76 m/s² a 1,0 m/s² • PI: postura seduta con inclinazione del busto e torsione del collo per buona parte del tempo di utilizzo del trattore • MMC: $LI > 1$ per tutto l'anno, durante la movimentazione delle balle di fieno; mazze pesanti per piantare pali; utilizzo abbacchiatore olive con prolunga

Assicurato	C. S. – Agira (EN)
M.P. denunciata	tendinopatia spalla
Attività	meccanico riparatore di autoveicoli, camion e mezzi agricoli
Anni di esposizione	14
Agenti di rischio	HAV, MMC, PI
Note	<ul style="list-style-type: none"> • HAV: esposizione trascurabile • PI: sforzi statici con posture obbligate del braccio sopra la spalla • MMC: utilizzo di attrezzi pesanti anche più di 10 kg

Assicurato	L. N. – Monforte San Giorgio
M.P. denunciata	lesione cuffia rotatori spalla dx e sindrome del tunnel carpale dx
Attività	agricoltore (agrumeto)
Anni di esposizione	12
Agenti di rischio	HAV, CTD, PI
Note	<ul style="list-style-type: none"> • HAV: $A_{(8)}$ tra 3 m/s^2 (decespugliatore) e 8.5 m/s^2 (motozappa) • CTD: Checklist OCRA: superiore a 20, 3-4mila colpi di forbice al giorno nel periodo di raccolta mandarini • PI: nella raccolta e nella potatura, posture con braccio spesso al di sopra della spalla

Assicurato	C. V. - Agira
M.P. denunciata	sindrome del tunnel carpale
Attività	fabbro artigiano
Anni di esposizione	35
Agenti di rischio	HAV, CTD
Note	<ul style="list-style-type: none"> • HAV: $A_{(8)}$ tra 2.5 m/s^2 e 3.5 m/s^2 • CTD: Checklist OCRA tra 6 e 10, 2-3mila colpi di martello al giorno nel caso di lavori in ferro battuto

Assicurato	M. G. – Termini Imerese
M.P. denunciata	epicondilite
Attività	operaio catena di montaggio autoveicoli
Anni di esposizione	23
Agenti di rischio	HAV, CTD, PI
Note	<ul style="list-style-type: none"> • HAV: $A_{(8)}$ 0.7 m/s^2 • CTD: 2000 pressioni per fissare la guarnizione portiera ed altrettanti colpi di mazzuolo di gomma al giorno, 800 viti autofilettanti con avvitatore a pistola e 200 bulloni con avvitatore angolare • PI: posture non ergonomiche del braccio per raggiungere alcune viti

Assicurato	P. A. - Palermo
M.P. denunciata	sindrome tunnel carpale bilaterale
Attività	medico chirurgo reparto ortopedia di ospedale
Anni di esposizione	17
Agenti di rischio	HAV, PI
Note	<ul style="list-style-type: none"> • HAV: $A_{(8)} < 2,0 \text{ m/s}^2$ • PI: mantenimento di posture obbligate con uso di forza per periodi ripetuti di durata da 5 minuti ad 1 ora • Utilizzo obbligatorio di guanti di protezione che stringono la mano ed il polso disturbando la circolazione

Assicurato	R. F. – Milazzo
M.P. denunciata	artrosi deformante
Attività	operatore mezzi movimento terra; saltuariamente, uso di martello pneumatico ed elettrico
Anni di esposizione	35
Agenti di rischio	HAV, WBV, CTD
Note	<ul style="list-style-type: none"> • HAV: $A_{(8)} 3,3 \text{ m/s}^2$ per mano dx, $3,6 \text{ m/s}^2$ per mano sx • WBV: $A_{(8)} 0,85 \text{ m/s}^2$ asse Z, $0,73 \text{ m/s}^2$ asse X • CTD: circa 20mila movimenti al giorno dei polsi per azionare le leve di comando, con frequenza di circa 60 movimenti al minuto

Assicurato	A. M. S. – Castronovo di Sicilia
M.P. denunciata	sindrome del tunnel carpale bilaterale
Attività	coltivatore diretto; uliveto, frutta, ortaggi
Anni di esposizione	20
Agenti di rischio	HAV, CTD, MMC
Note	<ul style="list-style-type: none"> • HAV: $A_{(8)}$ 5,2-10 m/s² per mano sinistra, 5,3-14,1 m/s² per mano destra • CTD: Checklist OCRA > 30 per arto destro e > 20 arto sinistro nei periodi di raccolta olive e frutta • MMC: LI > 1 durante raccolta olive e frutta

LE NORME TECNICHE E I LORO LIMITI

Preso atto che limitarsi ad esaminare il solo livello di esposizione alle vibrazioni è foriero di una sottovalutazione del rischio tecnopatico, quali indicazioni si possono dare per arrivare ad una valutazione più attendibile?

Le norme tecniche attualmente in vigore sono sufficienti o è necessario aggiornarle?

VIBRAZIONI AL CORPO INTERO (WBV)

[1] ISO 2631-1:1997

La Norma risale a circa 30 anni fa, ed è attualmente in fase di revisione (Working Draft).

È stata recepita in Italia come UNI ISO 2631-1:2014.

Prevede che la valutazione dell'esposizione venga fatta separatamente per ciascun asse di riferimento cartesiano, mediando alla seconda potenza i valori delle accelerazioni con quelli del tempo di esposizione.

$$A_{(8)k,i} = \sqrt[2]{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{k,i}^2 T_i}$$

dove $k=x,y,z$, e i sono le singole sorgenti di vibrazione, T_0 è il tempo convenzionale di 8 ore; si ottengono 3 valori di $A_{(8)}$, uno per ciascun asse di riferimento, e la valutazione si fa utilizzando il maggiore dei tre.

Questo è il metodo previsto esplicitamente dal D. Lgs. 81/2008 che viene usato nella stragrande maggioranza dei casi delle valutazioni di rischio esaminate dallo scrivente.

La metodologia sopra descritta si fonda sul considerare il corpo umano come un modello meccanico di masse e molle disaccoppiate rispetto ai tre assi; in realtà muscoli e tendini non rendono il sistema perfettamente disaccoppiato, ed una vibrazione pura diretta secondo l'asse z contribuisce in parte a mettere in tensione i distretti muscolo scheletrici degli altri due assi e viceversa.

A parere dello scrivente, e non solo, la valutazione del rischio dovrebbe basarsi non sul valore di accelerazione del singolo asse, bensì su quello del vettore risultante dalla somma dei tre assi, cosa tra l'altro suggerita dalla stessa ISO 2631-1 "*se non esiste un valore o una vibrazione dominante*"; i valori di esposizione così determinati risulterebbero più elevati (fino al 70% in più) rispetto al caso precedente.

$$a_{v,i} = \sqrt{1,4 a_{x,i}^2 + 1,4 a_{y,i}^2 + a_{z,i}^2}$$

$$A_{(8)v,i} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{v,i}^2 T_i}$$

Altro aspetto da prendere in considerazione è la presenza di vibrazioni di carattere impulsivo: la ISO 2631-1 definisce un parametro, il Fattore di Cresta (CRF), come il modulo del rapporto tra il valore di picco istantaneo del segnale di accelerazione ed il suo valore efficace (r.m.s.) registrato nel periodo di tempo di misura T ; il CRF indica la presenza di componenti impulsive quando supera il valore 9; questo fattore viene misurato e calcolato in automatico da molti strumenti di misura, ma difficilmente se ne trova traccia nelle valutazioni di rischio.

$$CRF = \left| \frac{a_{k,peak}}{a_{k,rms}} \right|$$

dove $k=x,y,z$.

In presenza di vibrazioni con componenti impulsive, la ISO 2631-1 suggerisce di utilizzare metodi alternativi per la valutazione dell'esposizione: il metodo dei valori r.m.s. costanti, che porta al calcolo del MTVV (Maximum Transient Vibration Value) ed il metodo dell'accelerazione alla quarta potenza, che porta al calcolo del VDV (Vibration Dose Value).

$$VDV_k = \sqrt[4]{\int_0^T [a_k(t)]^4 dt}$$

$$VDV_{k,total} = \sqrt[4]{\sum_{i=1}^n VDV_{k,i}^4}$$

dove al solito $k=x,y,z$ e i sono le singole sorgenti di vibrazione.

L'elevazione alla quarta potenza dei valori di accelerazione rende il metodo più sensibile alla presenza dei picchi di accelerazione dovuti alla presenza di componenti impulsive di vibrazioni; purtroppo, non essendo riportati nel D. Lgs. 81/2008 i valori limite di esposizione quotidiana per la dose di vibrazioni **VDV** (pur essendo presenti nella direttiva europea di riferimento) l'utilizzo di questo metodo in Italia è scarsamente diffuso.

I lavori di revisione in atto sulla Norma ISO 2631-1 si spera portino ad una semplificazione della stessa, definendo con chiarezza quale metodo usare tra tutti quelli proposti nella versione attuale e se utilizzare direttamente il vettore delle accelerazioni invece di fare 3 valutazioni distinte per ciascun asse di riferimento.

La data prevista di pubblicazione della nuova edizione è novembre 2026.

[2] ISO 2631-5:2018

Norma attualmente in vigore, verrà sottoposta a revisione (Systematic Review) nel 2028.

È stata recepita in Italia come UNI ISO 2631-5:2019.

Questa Norma è nata per sopperire alle carenze della 2631-1 riguardanti le vibrazioni al corpo intero di persone sedute esposte a urti ripetuti, come avviene per gli occupanti di veicoli militari, commerciali e privati che vanno in fuoristrada, nelle macchine movimento terra, nei trattori agricoli e nei natanti veloci.

Vengono definite due condizioni espositive differenti: una molto severa, in cui vi è il distacco della persona dal sedile con susseguente caduta libera (accelerazioni di picco superiori a 1 g); in questo caso la procedura di misura necessita di particolari accorgimenti; l'altra in cui, pur in presenza degli urti, il guidatore rimane solidale al sedile; in questo caso si può usare la medesima procedura di misura prevista per la 2631-1.

Viene presa in considerazione solamente l'accelerazione misurata lungo l'asse verticale z .

Il segnale contenente la storia temporale dell'accelerazione viene prima condizionato e filtrato; quindi, viene applicata allo stesso una funzione di trasferimento (*seat to spine transfer function*) che permette di calcolare la

spinal response dose, ovvero la sollecitazione che arriva alla colonna vertebrale del lavoratore.

La dose viene calcolata utilizzando la sesta potenza del valore dei picchi dell'accelerazione (solo i picchi di segno positivo) secondo la relazione seguente:

$$D_z = 1,07 \left(\sqrt[6]{\sum_i A_{z,i}^6} \right)$$

dove $A_{z,i}$ sono i picchi positivi dell'accelerazione a valle della funzione di trasferimento sedile – colonna vertebrale.

Tramite l'utilizzo di un apposito software sviluppato da ISO, inserendo in ingresso i dati relativi alla dose ed altri parametri legati alla postura assunta dal lavoratore, al suo indice di massa corporea, alla sua età, all'età di inizio e di fine esposizione, ai giorni di esposizione annuali, un complesso algoritmo calcola il fattore di rischio R^A ; per $R^A < 0,8$ vi è una scarsa probabilità di rischio di lesioni alla colonna; viceversa, per $R^A > 1,2$ la probabilità è molto alta.

Nella maggior parte delle lavorazioni che ci interessano (autisti di autocarri e tir, conduttori di macchine movimento terra, trattoristi) non si ricade nelle condizioni molto severe, e i dati registrati con la procedura di misura semplificata della ISO 2631-1 possono essere elaborati anche secondo la ISO 2631-5, fornendo una valutazione più attendibile del rischio di lesioni alla colonna.

Nel caso delle applicazioni molto severe (mezzi militari speciali, natanti veloci, percorsi fuoristrada accidentati, ecc.) la ISO 2631-5 dovrebbe essere usata obbligatoriamente per avere una valutazione attendibile del rischio.

Ad oggi, allo scrivente non è mai capitato di esaminare una valutazione di rischio vibrazioni eseguita secondo la Norma ISO 2631-5.

[3] ISO 3153

Prendendo spunto dalla Norma ISO 2631-5, la salute della colonna vertebrale dei lavoratori seduti sottoposti a WBV dipendono dall'influenza delle condizioni statiche e dinamiche delle posture assunte durante il lavoro.

Lo scopo della Norma è quello di definire un indice di postura cumulativo che tenga conto degli indici di postura per la parte bassa della schiena, per la colonna toracica, per la colonna cervicale e per la testa.

Per ciascun distretto anatomico vengono individuati gli angoli di deviazione dalla posizione zero, secondo cui la postura viene definita neutrale, moderata o incongrua, come riportato nel Rapporto Tecnico ISO/TR 10687:2021.

Gli indici di postura dipendono oltre che all'angolo di deviazione anche alla durata del periodo in cui vengono mantenute le posture scorrette.

L'indice di postura cumulativo risultante dall'analisi precedentemente descritta viene quindi utilizzato per correggere in aumento il valore dell'esposizione giornaliera, ottenendo un valore $A_{(8)}^*$ da utilizzare nelle valutazioni di rischio; $A_{(8)}$ può essere sia quello calcolato col metodo classico, in m/s^2 , o quello calcolato come **VDV** in $m/s^{1,75}$.

$$A_{(8)}^* = A_{(8)} * R_{index}$$
$$R_{index} \geq 1$$

Al momento della stesura di questo lavoro lo stato attuale della Norma è di New Project, approvato a settembre 2024; la data prevista di pubblicazione è Maggio 2027.

VIBRAZIONI AL SISTEMA MANO_BRACCIO (HAV)

[4] ISO 5349-1:2001

Norma attualmente in vigore, verrà sottoposta a revisione (Systematic Review) nel 2026.

È stata recepita in Europa e Italia come UNI EN ISO 5349-1:2004.

La Norma in questione pur essendo ben scritta risulta carente in un paio di aspetti: il primo riguarda la relazione dose-effetto riportata nell'Allegato C, che è valida solo per l'insorgenza della sindrome di Raynaud (sindrome del dito bianco) e per vibrazioni HAV caratterizzate da frequenze superiori ai 30 Hz; per vibrazioni con componenti dominanti in frequenza minori di 20 Hz, foriere di provocare alterazioni a carico delle ossa e delle articolazioni, i valori indicati non sono del tutto attendibili.

Il secondo aspetto riguarda le vibrazioni a carattere impulsivo, la cui trattazione non viene considerata *“Provvisoriamente, la presente parte della ISO 5349 è inoltre applicabile alle vibrazioni di tipo impattivo ripetitivo. La dipendenza dal tempo per la risposta umana agli urti ripetuti non è interamente nota. L'applicazione della presente parte della ISO 5349 a tale vibrazione deve essere effettuata con cautela.”*

Nel 2019 è stato proposto di aggiungere l'Allegato G alla Norma, inerente le vibrazioni a carattere impulsivo; il progetto di aggiungere questo allegato (in realtà molto stringato) è stato poi annullato perché i suoi contenuti verranno inglobati nella ISO 5349-3 attualmente in preparazione e, se verrà portato avanti, nella ISO/TS 5349-4 *“Measurement and evaluation of human exposure to hand transmitted vibration - Part 4: High frequency vibration and repetitive shocks”*.

[5] ISO 5349-3

Nuova Norma in fase di elaborazione, lo stato attuale è di DIS (Draft International Standard) in votazione ad ottobre 2024, con data prevista di pubblicazione dicembre 2025.

Lo scopo della Norma è quello di definire le linee guida per la valutazione delle vibrazioni a carattere impulsivo da urti ripetuti trasmesse al sistema mano-braccio.

Ciò anche in virtù del fatto che il nuovo Regolamento europeo 2023/1230 [7] relativo alle macchine, che abroga la direttiva europea 2006/42/CE (Direttiva macchine) imporrà ai costruttori dal 2027 di dichiarare il valor medio dell'ampiezza di picco dell'accelerazione dovuta a urti ripetuti.

Attualmente non vi sono prove evidenti che le vibrazioni impulsive producano effetti specifici sulla salute oltre a quelli associati alle vibrazioni "classiche" trasmesse al sistema mano-braccio; la misurazione sistematica e la collazione dei parametri relativi alle vibrazioni impulsive potranno fornire prove di associazioni con effetti sulla salute individuale; in particolare, si auspica che i dati raccolti nel tempo contribuiscano a sviluppare una comprensione del legame tra l'esposizione a vibrazioni impulsive e gli effetti sulla salute dei lavoratori.

La Norma si applicherà alle HAV comprese nella stessa gamma di frequenze della ISO 5349-1 (6,3 – 1250 Hz); poiché si è evidenziato che spesso le vibrazioni impulsive contengono elevati livelli di energia a frequenze maggiori, è allo studio anche un TS (Specifica Tecnica) che estenda lo spettro di misura oltre i 1250 Hz (il già citato ISO/TS 5349-4.).

La transizione tra gli urti isolati e/o ripetuti e le vibrazioni continue avviene quando i singoli eventi impulsivi non vengono più percepiti e la vibrazione viene considerata dall'operatore della macchina come continua; generalmente avviene quando la velocità di ripetizione è compresa tra 15 e 30 eventi al secondo.

Rispetto alla ISO 5349-1, il livello dell'accelerazione viene ancora filtrato nella gamma di frequenze 6,3 – 1250 Hz ma non viene applicata la pesatura W_h ; il livello così ottenuto è detto *flat*; le componenti assiali vanno sommate istante per istante per ottenere il vettore a_{Fv} .

$$a_{Fv}(t) = \sqrt{a_{Fx}^2(t) + a_{Fy}^2(t) + a_{Fz}^2(t)}$$

Successivamente, viene definita l'ampiezza di picco della vibrazione *flat* VPM_F tramite il seguente rapporto:

$$VPM_F = \sqrt{\frac{\int_0^T a_{Fv}^6(t) dt}{\int_0^T a_{Fv}^4(t) dt}}$$

Il VPM_F viene raccomandato dalla Norma come parametro da utilizzare per il valor medio dell'ampiezza di picco dell'accelerazione nella dichiarazione delle emissioni dei macchinari di cui al Regolamento 2023/1230. Questo parametro può essere utile per valutare la bontà di progettazione dei macchinari e confrontare le emissioni di macchine di tipo simile.

[6] ISO/TR 18570:2017

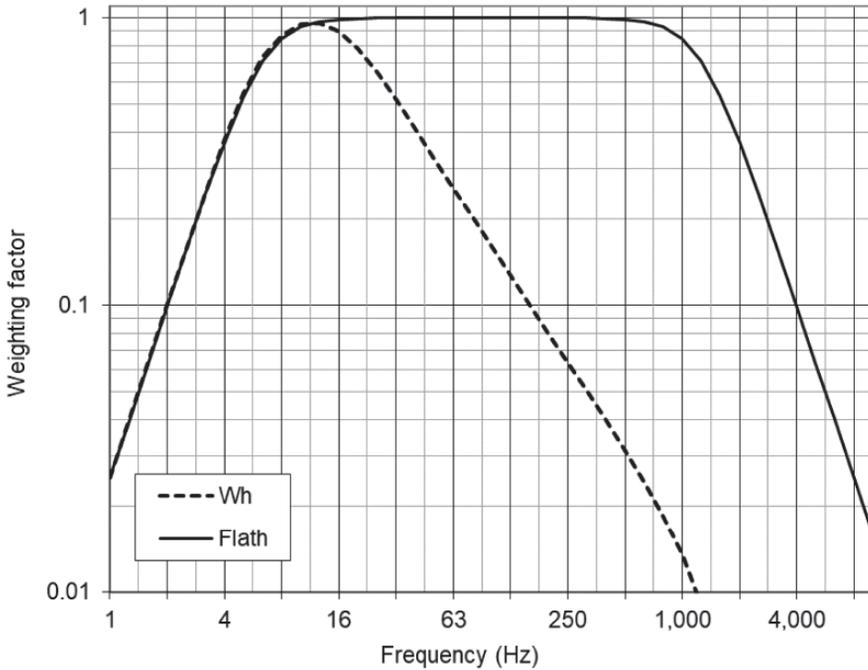
Recepita in Italia come UNI ISO/TR 18570:2018.

Questo Rapporto Tecnico definisce un metodo addizionale a quello definito nella ISO 5349-1 per valutare il rischio di contrarre danni di tipo vascolare (in primis la sindrome di Raynaud o VWF) causati dalle HAV; il metodo non può essere utilizzato per i danni di tipo neurologico e muscoloscheletrici.

Secondo gli studi scientifici, il metodo tradizionale sottostimerebbe le vibrazioni trasmesse, in quanto taglierebbe troppo le frequenze più elevate che sono quelle foriere di provocare i danni vascolari.

Nel Rapporto Tecnico viene introdotta una nuova curva di pesatura, la W_p , da utilizzare al posto della W_h della ISO 5349-1; analogamente alla ISO 5349-1, viene calcolato il vettore risultante dalla combinazione delle singole vibrazioni assiali.

Caratteristica del filtro di pesatura W_p è di avere pendenza crescente fino a 20 Hz, essere piatto nell'intervallo di frequenze 20 – 400 Hz, per poi ridiscendere; a differenza del filtro W_h che presenta una cuspidè a 12,5 Hz per poi avere pendenza discendente.



Si suggerisce di esprimere i risultati preferibilmente come esposizione giornaliera $E_{p,d}$ espressa in $m/s^{1.5}$:

$$E_p = \sqrt{\int_{t_1}^{t_2} a_{pv}^2(t) dt}$$

$$E_{p,d} = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_{pv,i}^2 T_i}$$

Se necessario, si può passare dall'esposizione $E_{p,d}$ al livello di vibrazione $A_{p,(8)}$ pesato W_p con la seguente formula, dove T_0 sono le canoniche 8 ore:

$$A_{p,(8)} = \frac{E_{p,d}}{\sqrt{T_0}}$$

Viene proposto anche un range di valori soglia per le esposizioni continue oltrepassati i quali c'è un'alta possibilità di contrarre la sindrome di Raynaud (VWF):

$$E_{p,d} = (1150 - 1750) \text{ m/s}^{1.5}$$

Naturalmente, visto il diverso filtro di pesatura usato, i corrispondenti valori di $A_{p,(8)}$ ($6,75 - 10,3 \text{ m/s}^2$) non sono confrontabili con i valori $A_{(8)}$ misurati secondo le indicazioni della ISO 5349-1.

CONSIDERAZIONI FINALI

Da quanto sopra esposto, si comprende che il settore dell'esposizione a vibrazioni in ambiente di lavoro è in evoluzione sia dal punto di vista scientifico che da quello normativo; questo non stupisce, essendo ancora un settore "giovane": la prima Direttiva Europea che se ne occupa è la 2002/44/CE [8]. Solo da allora il mondo del lavoro ha iniziato a considerare questo fattore di rischio, ma con scarsa cultura e mezzi rudimentali; ancora ad oggi è possibile effettuare le valutazioni di rischio "sulla carta" basandosi sulla Banca Dati Vibrazioni del PAF (dati misurati su macchine e in condizioni d'uso spesso non corrispondenti a quelle presenti in azienda) o sui dati del fabbricante (poco attendibili per alcune attrezzature, e che risentono anche dello stato d'uso, degli utensili montati, e delle lavorazioni effettuate). Anche nei rari casi in cui vengono fatte misure in campo, queste si basano su norme tecniche vecchie di oltre 20 anni.

Oltre alla necessità di affinamento delle tecniche per la misurazione e la quantificazione delle vibrazioni, oggetto delle Norme sopra elencate, l'analisi dei casi reali suggerisce che altri fattori di rischio, quasi sempre concomitanti, agiscono sinergicamente per aumentare il rischio di contrarre malattie professionali (le posture incongrue e prolungate, la movimentazione manuale dei carichi, i movimenti ripetuti e, non ultimo, le condizioni meteorologiche quali i lavori a basse temperature); al momento non è ancora possibile quantificarne la loro influenza sulla genesi delle malattie professionali.

In attesa che le conoscenze scientifiche e gli studi di ricerca in corso portino all'emanazione di Norme tecniche più evolute, è opportuno che i Responsabili del Servizio di Prevenzione e Protezione e i tecnici che vogliono effettuare una valutazione effettiva ed efficace del rischio da vibrazioni in ambiente di lavoro tengano in considerazione quanto segue:

- anche valori di esposizione al di sotto del valore di azione non sono garanzia di assenza di rischio;
- esistono metodi addizionali, alcuni già normati altri no, che forniscono indicatori alternativi di rischio (a_v , VDV , R^A , $E_{p,d}$, VPM_F) per particolari situazioni, che andrebbero valutati dal tecnico;
- va accertato se esistono altri fattori di rischio quali posture incongrue e prolungate, movimentazione manuale dei carichi, movimenti



ripetuti che agiscono congiuntamente alle vibrazioni e, in caso affermativo, valutarli qualitativamente e/o quantitativamente; il tutto andrebbe riportato nel documento di valutazione dei rischi;

- nelle attività lavorative che comportano l'utilizzo non saltuario di attrezzature vibranti ed il cui livello di vibrazioni non sia trascurabile, a prescindere da quello che risulti essere il valore dell'esposizione $A_{(8)}$, in presenza di uno o più dei fattori di rischio sinergici sopra indicati, il lavoratore andrebbe informato sui rischi a lungo termine per la salute e sulle procedure da seguire per minimizzare l'esposizione; e, se è il caso, andrebbe sottoposto a sorveglianza sanitaria periodica.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ISO 2631-1:1997 + Amd 1:2010 Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements. Norma in fase di revisione. Stato attuale della revisione: WD (Working Draft). Data limite di pubblicazione: Maggio 2026
- [2] ISO 2631-5:2018 Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks. Stato attuale: In vigore. Data prossima SR (Systematic Review): 15 luglio 2028
- [3] ISO 3153 Mechanical vibration — Posture in whole-body vibration environments. Stato attuale: NP (New Project). Data limite di pubblicazione: Maggio 2027
- [4] ISO 5349-1:2001 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration — Part 1: General requirements. Stato attuale: In vigore. Data prossima SR (Systematic Review): 15 luglio 2026
- [5] ISO/NP 5349-3 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration — Part 3: Isolated and repeated shocks using the frequency range of ISO 5349-1. Norma in fase di elaborazione. Stato attuale: WD (Working Draft). Data limite pubblicazione: Dicembre 2025
- [6] ISO/TR 18570:2017 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of human exposure to hand transmitted vibration — Supplementary method for assessing risk of vascular disorders. Stato attuale: In vigore
- [7] REGOLAMENTO (UE) 2023/1230 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 14 giugno 2023 - relativo alle macchine e che abroga la direttiva 2006/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio e la direttiva 73/361/CEE del Consiglio
- [8] DIRETTIVA 2002/44/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 giugno 2002 - sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni)

VALUTAZIONE SPERIMENTALE DELL'ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DAGLI IMPIANTI RADAR PRESENTI SULLE MOTOVEDETTE DELLA CAPITANERIA DI PORTO

**Giancarlo Burriesci (1), Moreno Comelli (2), Nicola Zoppetti (2),
Simona D'Agostino (3), Marco Valentini (1)**

- (1) INAIL - Dipartimento Medicina Epidemiologia Igiene del Lavoro e Ambientale, via Fontana Candida 1, 00078 Monte Porzio Catone (RM)
- (2) Istituto di Fisica Applicata “Nello Carrara” del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IFAC), via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI)
- (3) DIET - Dipartimento di Ingegneria dell'informazione, elettronica e telecomunicazioni, Sapienza Università di Roma

INTRODUZIONE

Il presente lavoro è frutto di una campagna di misura mirata alla valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici (CEM), generati dall'apparecchiatura radar, presente a bordo dell'imbarcazione G.C. B120 in uso alla Capitaneria di Porto di Roma. I radar (Radio Detection and Ranging) sono strumenti utilizzati per la localizzazione di oggetti che si trovano anche a distanze elevate, lavorano nel range di frequenza delle microonde, generalmente in banda X, e il loro funzionamento si basa sull'emissione di un treno di impulsi di breve durata. Tra un impulso ed il successivo il sistema trasmittente/ricevente è in grado di mettersi in ascolto di eventuali echi di ritorno. La localizzazione degli oggetti, chiamati tecnicamente “bersaglio”, avviene mediante l'irraggiamento direzionale di elevata energia elettromagnetica e attraverso l'osservazione degli echi di ritorno, che ne forniscono la distanza e la posizione rispetto ad una determinata direzione. In particolare, per questo progetto sono stati esaminati i CEM generati dall'apparato radar Furuno DRS4D-NXT, installato su battello, che emette in banda X. La complessità dei segnali emessi ha richiesto l'impiego di apparecchiature molto sofisticate con valutazioni a banda stretta. Altrettanto complesso è stato altresì il protocollo delle misure seguito, che ha dovuto tener conto di diversi parametri. Per tale motivo, la procedura descritta in questo lavoro vuole poter essere da esempio pratico per gli addetti del settore.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In generale le disposizioni specifiche per la protezione dei lavoratori dall'esposizione ai CEM sono state introdotte nel Capo IV del Titolo

VIII del D. Lgs. 81/2008 che fissa i Valori Limiti di Esposizione (VLE) ed i Valori di Azione (VA). Quest'ultimi sono valori operativi espressi in termini delle grandezze fisiche (campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico) misurabili nello scenario espositivo e stabiliti al fine di semplificare il processo di dimostrazione della conformità ai pertinenti VLE. I VLE sono determinati sulla base di considerazioni biofisiche e biologiche, non misurabili nell'ambiente espositivo, stabiliti per la protezione degli effetti acuti scientificamente accertati, ovvero effetti termici e di stimolazione elettrica del tessuto nervoso o muscolare. Di conseguenza, la conformità ai VLE, la cui determinazione diretta, soprattutto nel caso dei campi variabili nel tempo, richiederebbe complesse valutazioni mediante software dedicati, è garantita dal rispetto dei pertinenti VA.

Gli allegati II e III del D. Lgs. 81/2008 riportano tutti i VA per l'esposizione a campi elettrici da 1 Hz a 10 MHz e da 100 kHz a 300 GHz, ma per le finalità di questo lavoro vengono riportati in Tabella 1 solo i VA utilizzati per la valutazione dell'emissioni CEM prodotte dal radar indagato:

Tabella 1 – VA per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ambientali a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz Effetti Termici - Tabella B1 dell'Allegato XXXVI – D. Lgs.81/08 s.m.i.-

Intervallo di frequenza	VA (E) per l'intensità del campo elettrico [V/m] (RMS)	VA (B) per l'induzione magnetica [μ T] (RMS)	VA (S) per la densità di potenza [W/m^2]
$100 \text{ kHz} \leq f < 1 \text{ MHz}$	$6,1 \times 10^2$	$2,0 \times 10^6 / f$	—
$1 \leq f < 10 \text{ MHz}$	$6,1 \times 10^5 / f$	$2,0 \times 10^6 / f$	—
$10 \leq f < 400 \text{ MHz}$	61	0,2	—
$400 \text{ MHz} \leq f < 2 \text{ GHz}$	$3 \times 10^{-3} f^3$	$1,0 \times 10^{-5} f^3$	—
$2 \leq f < 6 \text{ GHz}$	$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	—
$6 \leq f \leq 300 \text{ GHz}$	$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	50

Nota -1: f è la frequenza espressa in Hertz (Hz)

Nota -2: i $[VA (E)]^2$ e $[VA (B)]^2$ devono essere mediati per ogni periodo di sei minuti. Nel caso di segnali impulsivi a radiofrequenza, la densità di potenza di picco (vale a dire mediata sulla durata dell'impulso) non deve superare di 1.000 volte il valore di VA (S) tabellato. Per campi a frequenze multiple l'analisi è basata sulla sommatoria dei contributi, descritta nelle norme tecniche di riferimento e negli strumenti tecnici e specialistici per la riduzione dei livelli di rischio di cui all'articolo 28, comma 3 -ter.

L'emissione del radar esaminato è di tipo impulsivo in Banda X a frequenza di circa 9,4 GHz. Pertanto, la valutazione dei campi deve comprendere sia il calcolo del campo elettrico medio (V_{medio}) che il calcolo del campo elettrico di picco (V_{picco}), i cui valori di azione, sulla base della nota 2 alla Tabella 1, sono rispettivamente pari a:

- $VA_{\text{medio}} = 140 \text{ V/m}$

- $V_{A \text{ picco}} = 4480 \text{ V/m}$

MATERIALI E METODI

Apparato da valutare:

- Radar Furuno DRS4D-NXT (9,41 GHz \pm 30MHz) i cui dati tecnici di targa si riportano in Figura 1.

Figura 1 – Datasheet radar Furuno DRS4D-NXT

SPECIFICATIONS OF

Model **DRS4D-NXT**

ANTENNA

Type $\varnothing 610 \text{ mm Radome (24")}$

Beam Width

Horizontal 3.9° typical (-3dB)
Adjustable between 2° and 3.9°
(effective with RezBoost control)

Vertical 25°

Antenna Rotation Speed 24*/36/48 rpm
* In dual range mode, speed is limited to 24 rpm

RF TRANSCIVER

Frequency

Ch #	P0N (MHz)	Q0N (MHz)
1	9380	9400
2	9400	9420
3	9420	9440

Pulselength & PRR P0N: 0.08 μs to 1.2 μs / 1100 Hz
Q0N: 5 μs to 18 μs / 1100 Hz

Peak Output Power Solid-state, 25 W

Range Scales 0.0625 to 36* nm
* In dual range mode, range is limited to 12 nm

Strumenti utilizzati per la valutazione dell'esposizione:

- Analizzatore di spettro Rohde & Schwarz mod. FSL 18 (9 kHz – 18 GHz);
- Antenna Horn double ridged guide EMCO mod. 3115 (1 GHz - 18 GHz).

Per la scelta dell'analizzatore di spettro si è dovuto tener conto dei parametri specifici e in particolare modo della Resolution Bandwidth (RBW).

Una ottimale RBW consente sia di valutare la larghezza temporale dell'impulso radar, sia di determinarne la potenza di emissione di picco. Infatti, misurando nella modalità generalmente indicata come *pulse spectrum* e scegliendo una RBW sufficientemente piccola, si ha una misura accurata della durata dell'impulso. Invece, avendo a disposizione una RBW piuttosto grande, si ottiene una precisa misura della potenza di picco emessa dal radar. La valutazione è stata effettuata mediante la catena strumentale in banda stretta costituita dall'analizzatore di spettro accoppiato tramite cavo coassiale

all'antenna. Quest'ultima è stata posizionata sul castello di poppa a distanza tale che risulta verificata la condizione di campo lontano. La grandezza fisica oggetto di valutazione è stata, quindi, l'intensità del campo elettrico E (valore RMS, e valore di picco nel caso dei segnali radar).

Per questo tipo di misura, i valori di potenza, espressi in dBm e valutati tramite l'analizzatore di spettro, per poter essere confrontati con i rispettivi limiti di azione, devono essere convertiti mediante la seguente equazione in valori di campo elettrico (V/m):

$$VA \left(\frac{V}{m} \right) = 10^{\frac{Epicco(dBm)+AF+AC-13}{20}}$$

dove AF e AC sono i valori in dB relativi al fattore antenna (Tabella 2) e attenuazione del cavo (Figura 2) che nel caso specifico valgono rispettivamente 38,8 e 7,3 mentre 13 è un coefficiente di conversione.

Alle misure è associato un errore non minore del 10%, assegnato sulla base di valutazioni di ripetibilità del segnale misurato.

Figura 2 - Attenuazione del cavo coassiale.



Tabella 2 - Fattore Antenna Horn double ridged guide EMCO mod. 3115°

THE ELECTRO-MECHANICS CO. PAGE 1
 GAIN AND ANTENNA FACTORS
 FOR
 DOUBLE RIDGE GUIDE HORN ANTENNA
 MANUFACTURED BY
 THE ELECTRO-MECHANICS CO.
 MODEL NUMBER 3115
 S/N 4161
 3 METER CALIBRATION

FREQUENCY (MHz)	ANTENNA FACTOR (dB)	GAIN NUMERIC	GAIN dB _i
1000	25.3	3.10	4.9
1500	26.6	5.18	7.1
2000	29.2	5.06	7.0
2500	30.0	6.57	8.2
3000	31.6	6.55	8.2
3500	32.8	6.76	8.3
4000	33.6	7.35	8.7
4500	33.8	8.88	9.5
5000	35.1	8.13	9.1
5500	36.0	7.99	9.0
6000	36.5	8.48	9.3
6500	35.8	11.69	10.7
7000	37.6	8.96	9.5
7500	36.8	12.36	10.9
8000	36.0	16.91	12.3
8500	37.3	14.15	11.5
9000	38.4	12.32	10.9
9500	40.8	7.90	9.0
10000	38.8	13.87	11.4
10500	39.4	13.32	11.2
11000	40.2	12.16	10.8
11500	40.1	13.59	11.3
12000	39.9	15.50	11.9
12500	40.3	15.34	11.9
13000	40.8	14.79	11.7
13500	40.5	17.09	12.3
14000	41.4	14.94	11.7
14500	42.0	13.95	11.4
15000	41.6	16.37	12.1
15500	42.2	15.23	11.8
16000	42.0	16.99	12.3
16500	43.5	12.79	11.1
17000	42.2	18.32	12.6
17500	44.4	11.70	10.7
18000	45.6	9.39	9.7

RISULTATI DELLE MISURE

Per la caratterizzazione dell'emissione del radar è stata individuata la posizione che meglio intercetta il fascio di radiazione in modo che la misura rappresenti il caso peggiore (worst case) e dunque restituisca un valore cautelativo.

Nel dettaglio il radar, che emette a frequenza pari a 9,41 GHz ± 30 MHz, è stato impostato, durante le misure, nel range pari a 12 miglia nautiche e con velocità di rotazione dell'antenna pari a 24 rpm (rotazioni per minuto). L'antenna della catena di misura è stata posizionata (Figura 3) in prossimità della plancia ad un'altezza di 1,8 m e ad una distanza di 2,5 m che, anche se difficilmente occupabile da una persona, intercetta meglio il fascio emesso dal radar (worst case).

Figura 3 Battello G.C. B120



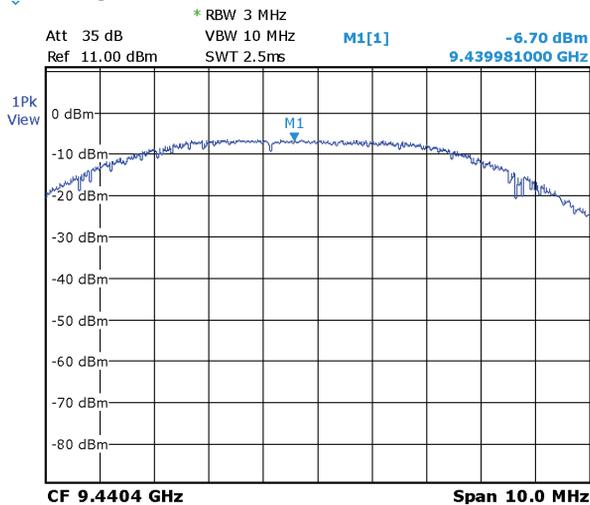
I risultati delle misure sono riportati nella Tabella 3, le Figure 4 e 5 mostrano la misura della potenza di picco e la potenza media in modalità Channel Power. In quest'ultima modalità si misura direttamente il valore RMS del campo prodotto dal radar nel punto di misura tenendo conto della rotazione dell'antenna e del duty cycle. Infatti, con un RBW sufficientemente piccola da riuscire a discriminare le componenti in frequenza del segnale, viene calcolata la potenza del segnale all'interno della banda di frequenza (Integration Bandwidth) valutandola in modo tale da contenere almeno tre o quattro lobi secondari a destra e sinistra di quello principale della scansione (Figura 5).

Per quanto riguarda la misura della potenza di picco, l'altezza dell'involuppo cresce all'aumentare della RBW, ma questo effetto dura fintanto che non si arrivi a superare la larghezza del lobo principale. Una volta raggiunta tale condizione e settata una RBW che inglobi anche i due lobi secondari, l'ampiezza del picco del segnale è pari a circa il 95% dell'energia emessa dalla sorgente. In questo caso, per ottenere una misura accurata della potenza di picco occorre aver cura di prolungare, in modalità MaxHold o in modalità Media, le misure per un tempo di scansione sufficientemente lungo affinché ciascun punto video sia illuminato almeno una volta dal fascio rotante del radar.

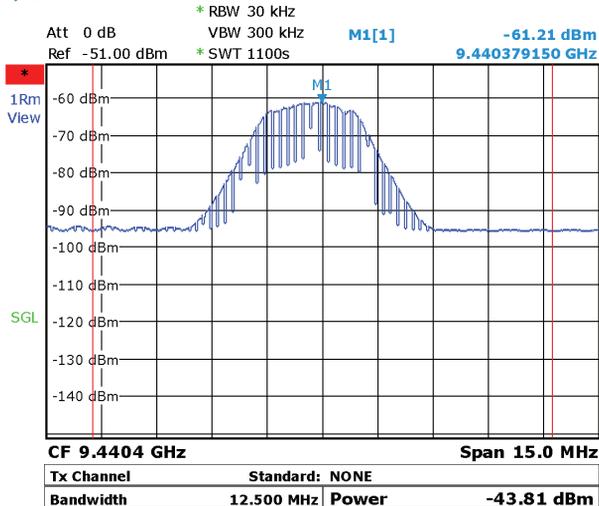
**Tabella 3 - Valori di esposizione a campo elettromagnetico emesso dal radar
Foruno DRS4D-NXT**

Misure di Campo Elettrico effettuate con strumentazione in banda stretta. Analizzatore Rohde & Schwarz FSL18						
Punto di misura	$V_{A_{medio}}$ (dBm)	$V_{A_{medio}}$ (V/m)	$V_{A_{medio}}$ (V/m) D. Lgs. 81/2008	$V_{A_{picco}}$ (dBm)	$V_{A_{picco}}$ (V/m)	$V_{A_{picco}}$ (V/m) D. Lgs. 81/2008
Plancia	-43,81	0,29	140	-6,70	20,9	4480

Figura 4 - Misura della Potenza di Picco



$$V_{A \text{ picco}} \left(\frac{V}{m} \right) = 10^{\frac{-6.70 + 38.8 + 7.3 - 13}{20}} \cong 20,9 \left(\frac{V}{m} \right)$$

Figura 5 – Potenza Media. Modalita Channel Power


$$VA \text{ medio} \left(\frac{V}{m} \right) = 10^{\frac{-43,81+38,8+7,3-13}{20}} \cong 0,29 \left(\frac{V}{m} \right)$$

CONCLUSIONI

I rilievi effettuati nell'imbarcazione G.C. B120 per valutare l'emissione del radar Furuno DRS4D-NXT hanno evidenziato valori di campo elettromagnetico inferiori ai valori di azione previsti nel Capo IV del Titolo VIII del D. Lgs. 81/08 per l'esposizione professionale, sia considerando il campo elettrico di picco che il campo medio.

Purtuttavia, considerando che gli apparati radar sono sempre più diffusi, con caratteristiche tecniche diverse tra loro, e installati anche in imbarcazioni di piccole dimensioni, tale valutazione si può considerare solo un primo passo nello studio di tali emissioni. Infatti, questi apparati emettono segnali complessi che necessitano per la loro corretta valutazione di strumenti sofisticati e personale altamente qualificato. Benché lo scopo di questo lavoro mirasse alla valutazione dell'esposizione dei lavoratori, l'installazione di radar anche su imbarcazioni piccole, può sottoporre a una sovraesposizione anche individui della popolazione che utilizzino il mezzo di trasporto. Attualmente, alcune case costruttrici stanno immettendo sul mercato strumenti di piccole dimensioni con sonde opportunamente progettate per valutare queste tipologie di segnale. Per tali motivi la valutazione di queste tipologie di sorgenti richiede studi mirati per validare l'efficacia di questi strumenti e l'eventuale esposizione di personale non addetto all'utilizzo dell'imbarcazione (popolazione).

BIBLIOGRAFIA

- [1] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (1998). “Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz)”. Health Physics, Vol. 74, N. 4.
- [2] CEI 211-7/B (2016-05) Appendice B: Misura e valutazione del campo elettromagnetico emesso dagli impianti radar di potenza
- [3] DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008, n.81: Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Gazz. Uff. della Repub. Ital. N.101, 30-4-2008, Suppl. Ordin. N.108. aggiornato con D.Lgs. 159/2016, 2008
- [4] M. Bini, A. Ignesti, C. Riminesi: “Misure sul Radar Meteorologico di Gattatico (Reggio Emilia)” Technical, Scientific and Research reports Vol. 2 – n. 65-6 (2010), CNRIFAC TR-06-1/009;
- [5] D. Andreuccetti, M. Bini, A. Ignesti, R. Olmi, R. Vanni: “Sorveglianza Fisica di installazioni Radar” Report N. EP/AO-I13 giugno 1988 CNR-IROE

CLIMATIZZARE L'UFFICIO

Michele del Gaudio (1)

1) Inail UOT CVR di Avellino (1)

PREMESSA

Per regolare le condizioni termo-igrometriche e di qualità dell'aria di ambienti di lavoro di limitate dimensioni, quali uffici e negozi o luoghi di vita, si utilizzano sempre più spesso apparecchi elettrici per il condizionamento dell'aria di rapida installazione. La scelta di questi impianti segue anche considerazioni di tipo ambientale che privilegiano le fonti energetiche rinnovabili alle più inquinanti risorse fossili come gas e derivati del petrolio tanto che spesso sono direttamente collegati ad impianti fotovoltaici.

Per evitare che questo tipo di impianti possano diventare una fonte di discomfort per i lavoratori, è necessario che siano correttamente installati ed utilizzati e costantemente mantenuti.

In questo lavoro verranno discussi i contenuti della Fact Sheet realizzata dalla Direzione Regionale Inail Campania per fornire ai progettisti, agli installatori, e agli utilizzatori indicazioni utili per il corretto utilizzo degli apparecchi per la climatizzazione [1].

The image shows a fact sheet from Inail titled "CORRETTO UTILIZZO DI APPARECCHI PER LA CLIMATIZZAZIONE DI PICCOLI AMBIENTI DI LAVORO". It is divided into several sections: "PREMESSA" (Introduction), "2024" (Year), and "FABBISOGNO" (Requirements). The "PREMESSA" section discusses the need for climate control in small work environments and the importance of correct installation and use. The "2024" section likely refers to updated standards or regulations. The "FABBISOGNO" section details the technical requirements for such systems. The document includes diagrams of office environments and technical specifications for the equipment.

Figura 1 – La fact Sheet Inail “Corretto utilizzo di apparecchi per la climatizzazione di piccoli ambienti di lavoro”.

GLI IMPIANTI

Gli apparecchi per il controllo delle condizioni ambientali vengono definiti anche impropriamente in modo diverso ed i termini più utilizzati sono: climatizzatori, condizionatori, termoconvettori, pompe di calore, inverter. Di seguito verrà utilizzato unicamente il termine: “apparecchi per la climatizzazione”.



Figura 2 - Unità interna a parete, unità esterna, centralina di controllo fissa e telecomando. Fonte: www.freepik.com

Questi apparecchi normalmente non scambiano aria con l'esterno e pertanto provvedono solo a modificare la temperatura dell'aria indoor, riducono il suo contenuto di umidità e ne favoriscono la diffusione. Gli apparecchi sono normalmente dotati di filtri meccanici lavabili in grado di trattenere particelle grossolane [2].

In alcuni modelli l'aria viene trattata con particolari tecnologie (ionizzazione, radiazioni UV) per ottenere una ulteriore purificazione.

Nei modelli più semplici l'unità interna è collegata ad una unità che deve essere installata all'esterno. Quest'ultima a seconda delle dimensioni può essere collegata anche a più unità interne. Il principio di funzionamento è quello di un circuito frigorifero in cui un fluido viene compresso nell'unità esterna e fatto espandere nella unità interna. In questo modo nella fase di compressione verrà rilasciato calore e nella fase di espansione verrà assorbito calore dall'ambiente interno ottenendo il raffrescamento. Durante la stagione invernale, nei modelli a pompa di calore, questa configurazione può essere invertita ottenendo così il riscaldamento all'interno.

Questi apparecchi effettuano anche la deumidificazione convogliando l'aria ambiente su una serpentina attraversata dal fluido freddo per ottenere la

condensazione dell'acqua contenuta nell'aria che, raccolta in una vaschetta, viene successivamente eliminata attraverso un apposito tubo di scarico.

L'unità interna è dotata di un gruppo ventilante che aspira aria dall'ambiente e dopo il trattamento termo-igrometrico la immette nuovamente nell'ambiente. Utilizzando una centralina, per il controllo manuale, installata in ambiente o un telecomando è possibile impostare i valori di temperatura e umidità relativa preferiti, regolare la direzione del flusso d'aria in uscita, modificando l'inclinazione di apposite alette e variare la velocità del flusso d'aria. Se è presente una centralina, in essa normalmente sono installati i sensori che permettono all'apparecchio di misurare i parametri ambientali mentre per i modelli dotati solo di telecomando, i sensori sono integrati nell'apparecchio e misurano i parametri nell'aria aspirata dall'ambiente.

Le unità interne sono disponibili con modelli che possono essere installati al soffitto (anche incassati alla controsoffittatura), sulla parte alta della parete in prossimità del soffitto o nella parte bassa in prossimità del pavimento. Per le unità esterne possono cambiare solo le modalità di installazione: poggiate al pavimento di un balcone/terrazzo o pensili.

Quando l'installazione avviene durante la costruzione di un edificio o comunque durante una importante ristrutturazione è possibile effettuare una corretta progettazione, ma quando l'installazione avviene con l'esigenza di sopperire a condizioni di discomfort legati soprattutto ai picchi di alte temperature estive, non sempre si realizza una installazione corretta e probabilmente vengono preferite soluzioni tali da rendere l'intervento meno invasivo, riducendo principalmente le opere murarie.

Il lay-out dei locali dovrà essere ben chiaro prima dell'installazione degli apparecchi ed anche per uffici già realizzati è necessario valutare la necessità di riorganizzare gli spazi.

Il posizionamento dell'apparecchio è importante sia per ottenere il miglior rendimento ma soprattutto per evitare discomfort ai lavoratori.

È importante sottolineare che l'installazione degli apparecchi deve essere effettuata da ditta specializzata e che questa attesti a fine lavori la corretta installazione ai sensi del DM 37 del 2008.

IL COMFORT

La condizione più difficile da gestire è sicuramente quella estiva. Il principale discomfort che si può creare con una non corretta installazione è il crearsi di correnti d'aria fastidiose nelle postazioni di lavoro o comunque nelle zone del locale in cui gli occupanti ed eventuali ospiti stazionano maggiormente [3]. In particolare, tale situazione si verifica quando gli apparecchi sono installati sulla parete.

Come mostrato nella figura 2 con l'installazione sulla parete, il flusso d'aria può colpire direttamente il lavoratore, se si trova lungo la direzione del

flusso, anche perché è necessario utilizzare velocità dell'aria più alte per permettere il rimescolamento ottimale dell'aria e perché per ottenere rapidamente il raffreddamento il flusso d'aria deve avere una temperatura molto più bassa di quella che si vuole mantenere nell'ambiente.



Figura 3 - Flusso d'aria con installazione dell'apparecchio sulla parete.

Come mostrato nella figura 4 l'installazione dell'apparecchio al soffitto permette di utilizzare più basse velocità dell'aria creando meno fastidio al lavoratore.



Figura 4 - Flusso d'aria con installazione dell'apparecchio al soffitto.

Per non ridurre l'efficienza, è opportuno, inoltre, verificare che lungo il flusso d'aria non ci siano ostacoli, quali ad esempio arredi, o elementi strutturali come travi o pilastri.

Per migliorare il comfort può essere utile valutare il livello di rumore dichiarato dal fabbricante per scegliere i modelli meno rumorosi verificando che la installazione, se non corretta, provochi livelli di rumore eccessivi o trasmetta vibrazioni alla struttura.

COME SCEGLIERE LA TEMPERATURA DA IMPOSTARE

Per affermare che le condizioni ambientali sono confortevoli bisognerebbe fare una valutazione utilizzando lo standard tecnico UNI EN ISO 7730 che

tiene conto oltre che della temperatura dell'aria anche del valore di umidità relativa, della velocità dell'aria e dell'effetto radiante di corpi caldi quali le superfici vetrate direttamente esposte alla radiazione solare, nonché dell'impegno metabolico relativo all'attività svolta e dell'abbigliamento indossato (quando è necessario indossare uno specifico indumento, potrebbe non essere nella libera scelta del lavoratore).

Per fare questa valutazione occorre misurare tutti i parametri ambientali e stimare l'impegno metabolico e l'isolamento dovuto all'abbigliamento [4].

Più semplicemente è possibile scegliere la temperatura in relazione a quella presente all'esterno. In particolare, nella stagione estiva se la temperatura interna viene abbassata al massimo di 7 °C rispetto a quella esterna, le condizioni ambientali dovrebbero essere abbastanza confortevoli e soprattutto si eviterà un eccessivo sbalzo termico che può essere addirittura pericoloso per i soggetti più sensibili. Per impegni metabolici più gravosi o quando si utilizza un abbigliamento maggiormente isolante, potrebbe essere necessario abbassare ulteriormente la temperatura. Va comunque sottolineato che il grado di soddisfazione dei parametri ambientali è estremamente soggettivo e comunque non si riuscirà mai a soddisfare tutti.

RACCOMANDAZIONI

Ribadendo che la progettazione, l'installazione e la manutenzione degli impianti va affidata a personale specializzato, di seguito vengono riassunti i principali concetti espressi nei precedenti paragrafi che dovrebbero permettere di utilizzare al meglio gli apparecchi per il condizionamento.

- Se è possibile, conviene installare gli apparecchi al soffitto perché tale posizione permette di ridurre la velocità del flusso d'aria ed ottenere un migliore rimescolamento.
- Qualora si utilizzassero apparecchi a parete bisogna valutare attentamente la posizione di installazione e spostare eventualmente gli arredi e le postazioni di lavoro direttamente colpite dal flusso d'aria. In commercio esistono appositi schermi che possono essere installati per deviare il flusso ma occorre valutare quanto il loro utilizzo possa ridurre l'efficienza della ventilazione riducendo il completo rimescolamento dell'aria [5].
- Nei modelli in cui sono previsti sensori ambiente è importantissimo installarli in posizioni in cui non risentano di interferenze (radiazione solare, fonti di calore, flusso proveniente dall'apparecchio stesso).
- Gli utilizzatori dovrebbero esser opportunamente formati sul funzionamento degli apparecchi e soprattutto su come impostare i parametri, in particolare il valore della temperatura anche tenendo presente che per poter raggiungere la temperatura ambientale

richiesta il flusso d'aria dovrà avere una temperatura ulteriormente più bassa e quindi percepita dai lavoratori come estremamente fastidiosa

- Per questi apparecchi è importante effettuare una periodica manutenzione. Si dovrà effettuare principalmente una sanificazione non solo dei filtri riutilizzabili (o delle sedi di filtri monouso) ma di tutte le parti a contatto con l'aria. Se si utilizzano prodotti chimici occorre leggere attentamente la scheda di sicurezza e rispettare le indicazioni sul corretto utilizzo, indossando i Dispositivi di Protezione individuale raccomandati. È sempre buona norma effettuare queste operazioni in assenza di occupanti, con le finestre aperte e facendo funzionare l'impianto per qualche decina di minuti dopo l'intervento [6].
- Per evitare che l'acqua di condensa ristagni, occorre verificare che le tubazioni di scarico non siano intasate e che nelle parti a contatto con l'acqua non si accumulino concrezioni calcaree o di altra natura che possono costituire il terreno di coltura ideale per funghi, muffe e batteri, che l'apparecchio potrebbe diffondere nell'ambiente durante il funzionamento.
- Per i modelli installati nella parte bassa delle pareti dovrà essere particolarmente curata la pulizia del pavimento sottostante e dovrebbe essere evitato l'accumulo su di essi di oggetti come documenti o piante.
- Anche l'unità esterna deve essere attentamente mantenuta per evitare l'accumularsi di particolato, escrementi di uccelli ecc. che possono ridurre lo scambio termico e quindi l'efficienza degli apparecchi nonché costituire un rischio biologico per chi transita nelle loro vicinanze.
- I tempi fra gli interventi di manutenzione possono variare in base all'uso ed alla presenza di particolato nell'ambiente ma è comunque consigliabile effettuare più interventi durante l'anno e non solo in occasione del primo utilizzo stagionale. Durante l'intervento di manutenzione si dovrà anche verificare l'usura delle parti in movimento e la tenuta dei punti di ancoraggio all'edificio per evitare che nel tempo possa aumentare il livello di rumorosità diretta o dovuta alle vibrazioni trasmesse alle strutture.
- Pochi modelli di apparecchi per la climatizzazione effettuano un ricambio dell'aria con l'esterno, occorre quindi ricordarsi di aprire le finestre anche se ciò modifica per poco tempo le condizioni termigrometriche ambientali. Può essere utile utilizzare un sensore di misura della concentrazione dell'anidride carbonica, che essendo prodotta con la respirazione umana, tende ad accumularsi in assenza

di scambi con l'esterno ed è quindi un ottimo indicatore della qualità dell'aria. [7]

- Rinnovare l'aria contribuisce tra l'altro ad eliminare tutti gli inquinanti indoor provenienti da arredi, materiali da costruzione, detersivi e nelle aree geografiche a maggior rischio, ad evitare che negli ambienti direttamente a contatto col suolo la concentrazione di gas radon raggiunga valori nocivi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. del Gaudio et al. *Fact Sheet Corretto utilizzo di apparecchi per la climatizzazione di piccoli ambienti di lavoro*. 2023 ISBN: 978-88-7484-823-2 Inail luglio 2024.
- [2] M. del Gaudio *Migliorare la qualità dell'aria nei luoghi di isolamento preventivo*. 31/03/2020. www.Puntosicuro.it.
- [3] Lenzuni, D. Freda, M. del Gaudio. Il ruolo della direzione del flusso nel discomfort da correnti d'aria. Atti 66° Congresso Nazionale ATI - Cosenza, 5-9 Settembre 2011. p.5. Codice ISBN 9788895267111.
- [4] M. del Gaudio et Al.i. La Valutazione del Microclima, L'esposizione al caldo e al freddo. Quando è un fattore di discomfort. Quando è un fattore di rischio per la salute. Inail 2018. ISBN 978-88-7484-114-1
- [5] M. del Gaudio *Gestire la climatizzazione e il ricambio d'aria in casa e nei piccoli uffici*. 28/05/2020 www.Puntosicuro.it.
- [6] M. del Gaudio. "Trattamento dell'aria negli ambienti di lavoro: definita la nuova procedura per l'igiene. Ambiente & Sicurezza Il Sole 24 ore. 2013; (7) 27-28.
- [7] M. del Gaudio et al. *La valutazione della qualità dell'aria nei luoghi di lavoro benessere, performance*. 2023 collana salute e sicurezza. Inail 2023 ISBN: 978-88-7484-823-2.

VALUTAZIONE DELLE DISTANZE DI SICUREZZA PER L'ESPOSIZIONE UMANA E L'IMMUNITÀ DELLE APPARECCHIATURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI IRRADIATI DA JAMMER PORTATILI PER CONTRASTARE GLI ATTACCHI DI DRONI

Vanni Lopresto (1)

- 3) Primo Ricercatore, Direzione Centrale Infrastrutture e Servizi – ENEA, Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile, Centro Ricerche Casaccia, Roma.

INTRODUZIONE

I *jammer* sono dispositivi elettrici che emettono intenzionalmente campi elettromagnetici a radiofrequenza (RF) – tipicamente nella gamma di frequenza compresa tra 400 MHz e 6 GHz – con livelli di potenza trasmessa variabili da alcuni watt – per dispositivi portatili – a decine o centinaia di watt – per dispositivi ad alta potenza e applicazioni a lungo raggio – con lo scopo di interferire deliberatamente con le comunicazioni radio e il segnale di comando di apparecchiature elettriche ed elettroniche. I *jammer* rappresentano, quindi, una valida contromisura elettronica per la protezione da attacchi terroristici o spionaggio, effettuati anche mediante droni.

Tuttavia, essi possono causare anche malfunzionamenti o guasti alle apparecchiature elettriche amiche che si trovino all'interno del loro raggio d'azione. Inoltre, le emissioni a RF dei *jammer* possono porre problemi riguardo al possibile superamento dei limiti normativi sull'esposizione umana ai campi elettromagnetici per la protezione dai rischi per la salute e la sicurezza, con particolare riferimento agli individui che potrebbero trovarsi nelle vicinanze [1]. A causa delle problematiche descritte, nella maggior parte dei Paesi l'immissione sul mercato e l'utilizzo dei *jammer* è regolato da rigide disposizioni ed è normalmente vietato senza una specifica autorizzazione governativa.

Nel presente lavoro si descrive il quadro normativo di riferimento per l'uso dei *jammer*, e sono presentati i risultati di un caso di studio relativo a un *jammer* portatile per contrastare gli attacchi di droni, con lo scopo di determinare le distanze di separazione di sicurezza (SSD – *safety separation distance*) ai fini del rispetto dei requisiti di immunità irradiata delle apparecchiature elettriche

ed elettroniche e dei limiti per la protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici a RF.

QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

IMMISSIONE SUL MERCATO E UTILIZZO DEI JAMMER

Negli Stati Uniti d'America (USA), la legge federale vieta l'uso, la commercializzazione o la vendita di qualsiasi tipo di dispositivo che disturbi o interferisca con le comunicazioni radio autorizzate, compresi i servizi di comunicazione cellulare e personale, i radar della polizia e i sistemi di posizionamento globale (GPS). Il *Communications Act* del 1934 [2] richiede che le persone che usano od operano con radiotrasmittitori siano muniti di licenza o siano autorizzati secondo le regole emanate dalla Commissione Federale per le Comunicazioni (FCC). Pertanto, l'uso, la commercializzazione o la vendita non autorizzati di dispositivi di disturbo costituiscono una violazione delle norme federali; di conseguenza, i *jammer* non possono essere immessi sul mercato fintanto che non sia ottenuta la prevista autorizzazione. La vendita al di fuori degli USA è altresì soggetta a una valutazione e autorizzazione ai sensi del Regolamento federale sul traffico internazionale di armi (ITAR) [3].

In Europa, la Direttiva sulla compatibilità elettromagnetica (EMC) [4] e la Direttiva sulle apparecchiature radioelettriche (RED) [5] stabiliscono requisiti stringenti per tutti i dispositivi elettrici ed elettronici immessi sul mercato o messi in servizio, in relazione al divieto di emettere eccessive interferenze elettromagnetiche. In coerenza con quanto stabilito dalle Direttive comunitarie suddette, i *jammer* non possono essere immessi legalmente sul mercato all'interno del Unione Europea, se non nel contesto molto limitato di un uso autorizzato che può essere consentito dalla legislazione nazionale, ad esempio, alle Forze di Polizia e alle Forze Armate [5]. Parimenti, la legge italiana vieta l'uso non autorizzato dei *jammer*, che costituisce le fattispecie di reato di cui agli articoli 340, 617 e 617-*bis* del Codice di Procedura Penale [6].

REQUISITI DI IMMUNITÀ DELLE APPARECCHIATURE ELETTRICHE

La norma tecnica CEI EN IEC 61000-4-3 specifica i requisiti di immunità delle apparecchiature elettriche ed elettroniche all'energia elettromagnetica irradiata a RF e, in particolare, stabilisce i livelli e le procedure di prova richieste alle frequenze superiori a 80 MHz [7].

Le apparecchiature elettriche di uso generale – come quelle ICT (tecnologia dell’informazione e della comunicazione), destinate all’uso in un ambiente con radiazioni elettromagnetiche moderate tipiche degli ambienti residenziali o commerciali – sono normalmente sottoposte a prove per il livello di immunità irradiata di Classe 2, ossia per un’intensità di campo elettrico irradiato di 3 V/m.

Le apparecchiature elettriche destinate all’uso in applicazioni o ambienti specifici possono essere sottoposte a prove per livelli più severi di immunità irradiata al fine di garantire soglie più elevate di protezione dai disturbi elettromagnetici, come specificato nelle relative norme tecniche di prodotto. Ad esempio, la norma tecnica CEI EN 60601-1-2/A1 specifica un livello di immunità irradiata a RF di 10 V/m per le apparecchiature elettromedicali per l’assistenza sanitaria domiciliare e negli ambienti soggetti a disturbi elettromagnetici che potrebbero non essere ben caratterizzati o ben controllati [8], mentre lo standard militare statunitense MIL-STD-461G prevede un’intensità del campo elettrico irradiato di 50 V/m per le prove di immunità irradiata a RF delle apparecchiature elettriche ed elettroniche in dotazione alle forze armate di terra (*army-ground*) [9].

LIMITI SULL’ESPOSIZIONE UMANA AI CAMPI ELETTROMAGNETICI

I limiti sull’esposizione umana ai campi elettromagnetici fino a 300 GHz, stabiliti dalle linee guida internazionali, mirano a tutelare i lavoratori e la popolazione generale dai rischi per la salute e la sicurezza derivanti dagli effetti diretti e indiretti che possono insorgere per livelli di esposizione al di sopra di determinati valori soglia, ossia gli effetti di stimolazione neuromuscolare indotti dalle esposizioni acute ai campi elettrici e magnetici in bassa frequenza, e gli effetti termici indotti nei tessuti dalle esposizioni acute ai campi elettromagnetici in alta frequenza [10-14]. Pertanto, per la definizione dei limiti protezionistici occupazionali sono applicati opportuni fattori di riduzione rispetto ai valori di soglia accertati per l’insorgenza degli effetti avversi; ulteriori fattori di riduzione si applicano per la definizione dei limiti sull’esposizione della popolazione, in cui sono comprese anche le esposizioni dei soggetti particolarmente sensibili al rischio come i portatori di dispositivi medici attivi e passivi e le donne in stato di gravidanza.

Negli USA, i limiti sulle esposizioni ai campi elettromagnetici dei lavoratori (esposizioni controllate) e della popolazione generale (esposizioni non controllate) nell’intervallo di frequenza compreso tra 100 kHz e 6 GHz (incluso) sono definiti dal Codice dei Regolamenti Federali [15].

Nell'Unione Europea, i limiti sull'esposizione della popolazione generale sono definiti dalla Raccomandazione del Consiglio Europeo n. 1999/519/CE [16], mentre i limiti sulle esposizioni dei lavoratori sono stabiliti dalla Direttiva del Parlamento n. 2013/35/UE [17].

In Italia, per le esposizioni della popolazione e le esposizioni *non professionali*, ossia le esposizioni occupazionali estranee o non necessarie alla mansione assegnata, si applicano le restrizioni di cui alla Legge Quadro 36/2001 [18] e ai relativi decreti attuativi (DPCM) dell'8 luglio 2003 e s.m.i. [19,20]. Per quanto concerne le esposizioni ai campi elettromagnetici a RF generati da sorgenti quali i *jammer*, che non rientrano nella categoria dei sistemi fissi di telecomunicazione e radiotelevisivi, il pertinente DPCM [19] recepisce l'insieme completo delle restrizioni della Raccomandazione 1999/519/CE relative all'intervallo di frequenza da 100 kHz a 300 GHz.

Alle *esposizioni professionali*, ossia le esposizioni dei lavoratori durante lo svolgimento di mansioni specifiche che possono comportare livelli di esposizione al di sopra dei limiti per la popolazione [18], si applicano invece i limiti occupazionali della Direttiva 2013/35/UE, recepiti dal D.Lgs.159/2016 che ha in parte modificato il D.Lgs. 81/2008 [21].

METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA DISTANZA DI SICUREZZA (SSD)

Per le frequenze operative dei *jammer* (comprese tipicamente tra 400 MHz e 6 GHz), la condizione di campo lontano ($D \gg \lambda$, essendo D la distanza dall'antenna in m, $\lambda = c/f$ la lunghezza d'onda in m; $c \cong 3 \cdot 10^8$ la velocità della luce nel vuoto in m/s; f la frequenza in Hz) è soddisfatta per distanze dal dispositivo superiori a 70 cm. Con queste premesse, l'intensità del campo elettrico ambientale prodotto dal *jammer* e propagantesi nello spazio libero può essere calcolata mediante l'equazione (1):

$$|\vec{E}| = \sqrt{S \cdot Z_0} = \frac{\sqrt{30 P_t G_t}}{D} \quad (1)$$

Dove:

- E è l'intensità del campo elettrico ambientale (V/m);
- S è la densità di potenza (W/m²);
- P_t è la potenza trasmessa (W);

- G_r è il guadagno d'antenna;
- $Z_0 = 120 \pi$ è l'impedenza intrinseca dell'aria (Ω);
- D è la distanza dall'antenna (m)

Purché sia soddisfatta la condizione di campo lontano, sulla base dei valori di potenza di trasmissione e di guadagno d'antenna caratteristici del dispositivo sotto indagine, è possibile calcolare mediante l'equazione (1) la distanza di separazione di sicurezza (SSD) che assicuri che non sia superato un certo livello d'intensità del campo E ambientale ai fini del rispetto dei pertinenti limiti protezionistici, ovvero ai fini della conformità a un determinato livello di immunità irradiata per le apparecchiature elettriche.

RISULTATI DEL CASO DI STUDIO

Il dispositivo oggetto dello studio è un *jammer* portatile utilizzato per respingere gli attacchi di droni (modello Dronebuster BLK-3B, prodotto di Flex Force Enterprises Inc., Portland, OR, USA), avente una lunghezza di 56 cm, un peso inferiore a 3 kg e una frequenza di trasmissione compresa nell'intervallo da 433 MHz a 5,8 GHz [22]. Tale dispositivo è altamente direzionale, con una potenza di trasmissione a RF di circa 4 W e una portata effettiva dichiarata dal fabbricante superiore a 2 km in condizioni operative normali, che tuttavia può essere influenzata dalle caratteristiche dello scenario operativo e dalle condizioni ambientali. L'apparecchiatura è alimentata tramite batterie ricaricabili, per cui in condizioni operative viene utilizzato senza la necessità di un'alimentazione esterna (Figura 1).



Figura 1: *Jammer* portatile per contrastare gli attacchi di droni [22].

Nella Tabella 1 sono riportati la potenza di trasmissione (dBm) e il guadagno d'antenna (dBi) indicati nelle specifiche tecniche per le diverse frequenze operative del *jammer* oggetto dello studio [22].

Tabella 1. Potenza di trasmissione e guadagno d'antenna del *jammer* [22]

Frequenza	Potenza di trasmissione [dBm]	Guadagno d'antenna [dBi]
433 MHz	34	2.3
915 MHz	34	6.5
1,57 GHz	20	4
2,4 GHz	38	9,3
5,8 GHz	36	12,7

DISTANZE DI SICUREZZA PER L'IMMUNITÀ IRRADIATA DELLE APPARECCHIATURE ELETTRICHE

Nella Tabella 2 sono riportate le distanze di separazione di sicurezza (SSD), definite lungo la direzione di puntamento del fascio a RF del *jammer*, ai fini del rispetto dei requisiti di immunità delle apparecchiature elettriche dai disturbi elettromagnetici irradiati.

Le distanze di sicurezza sono state calcolate mediante l'equazione (1), sulla base dei valori di potenza di trasmissione e di guadagno d'antenna dichiarati dal fabbricante (Tabella 1), con riferimento ai livelli di immunità irradiata per il campo elettrico stabiliti dalle pertinenti norme tecniche in relazione alla destinazione d'uso prevista per le apparecchiature [7-9].

In base ai valori calcolati delle SSD, indicati nella Tabella 2, si può definire a livello precauzionale una distanza di separazione di 16 m dal *jammer* oggetto dello studio al fine di assicurare il rispetto dei requisiti per l'immunità irradiata delle apparecchiature elettriche ICT di uso generale (classe 2) di cui alla norma CEI EN IEC 61000-4-3 [7].

Tabella 2. Distanze di separazione di sicurezza (SSD) per il rispetto dei requisiti di immunità irradiata delle apparecchiature elettriche

Norme tecniche	Destinazione d'uso	Livello di immunità irradiata (campo elettrico)	Distanza di separazione di sicurezza (SSD)
CEI EN IEC 61000-4-3 Classe 2 [7]	Tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT)	3 V/m	15,72 m
CEI EN IEC 61000-4-3 Classe 3 [7] CEI EN 60601-1-2/A1 [8]	Tecnologie elettromedicali	10 V/m	4,72 m
MIL-STD-461G [9]	Tecnologie militari terrestri	50 V/m	0,94 m

Un'apparecchiatura elettrica certificata per livelli di immunità irradiata più severi potrebbe essere utilizzata in modo sicuro a distanze inferiori. Ad esempio, un'apparecchiatura certificata rispetto ai requisiti della norma MIL-STD-461G [9] potrebbe essere utilizzata in modo sicuro fino a una distanza di circa 1 m dal *jammer*.

DISTANZE DI SICUREZZA PER L'EPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE

Le distanze di sicurezza dal *jammer* oggetto dello studio sono state calcolate mediante l'equazione (1), sulla base dei valori della potenza di trasmissione e del guadagno d'antenna dichiarati dal fabbricante alle diverse frequenze operative (Tabella 2), con riferimento alle restrizioni per il campo elettrico ambientale indicate nella Raccomandazione 1999/519/CE (*Livelli di Riferimento, LR*) e nel Codice statunitense dei Regolamenti Federali (*Maximum Permissible Exposure, MPE*).

Nella Tabella 3 sono riportate le distanze di separazione di sicurezza (SSD) dal *jammer* lungo la direzione di puntamento del fascio a RF, ai fini del

rispetto delle pertinenti restrizioni sull'esposizione della popolazione (*LR*) ed esposizioni non controllate (*MPE*). I valori limite sono stati considerati come valori efficaci massimi, cioè senza includere alcuna media temporale, allo scopo cautelativo di proteggere da possibili interferenze del campo elettromagnetico a RF con il normale funzionamento dei dispositivi medici impiantati attivi (ad es. pacemakers e defibrillatori cardiaci), come raccomandato dalla norma CEI EN 50527-1 [23].

Tabella 3. Distanze di sicurezza (SSD) per il rispetto dei limiti sull'esposizione della popolazione (esposizioni non controllate)

Frequenza [GHz]	Valori limite (campo elettrico)		Distanza minima di sicurezza (metri)	
	<i>LR</i> [V/m]	<i>MPE</i> [V/m]	<i>SSD_{LR}</i> [m]	<i>SSD_{MPE}</i> [m]
0,433	29	33	0,70	0,70
0,915	42	48	0,44	0,38
1,57	54	61	0,20	0,20
2,4	61	61	0,66	0,66
5,8	61	61	0,77	0,77

In base ai valori calcolati per le SSD, indicati nella Tabella 3, si può definire a livello precauzionale una distanza di separazione di sicurezza di 1 m dal *jammer* oggetto dello studio al fine di assicurare il rispetto dei limiti vigenti per la protezione della popolazione e dei lavoratori che non sono esposti a campi elettromagnetici per motivi professionali [18].

CONCLUSIONI

Nel presente studio è stato esaminato il quadro normativo vigente, a livello nazionale e internazionale, sull'immissione sul mercato e l'uso dei disturbatori elettromagnetici – denominati anche *jammer* – con riferimento sia

ai requisiti di sicurezza relativi alla protezione delle apparecchiature elettriche contro le interferenze elettromagnetiche irradiate sia alla limitazione dell'esposizione umana ai campi elettromagnetici per la protezione da possibili rischi per la salute e la sicurezza.

Inoltre, è stato illustrato un caso di studio inerente alla valutazione del rischio derivante dai campi elettromagnetici emessi da un *jammer* portatile per il contrasto degli attacchi di droni, allo scopo di determinare le distanze di separazione di sicurezza (SSD) per il rispetto dei requisiti di immunità irradiata delle apparecchiature elettriche e dei limiti per l'esposizione della popolazione.

I risultati dello studio hanno evidenziato che una distanza precauzionale di separazione di 1 m dal *jammer* oggetto dell'indagine, definita lungo la direzione di puntamento del fascio a RF, garantisce il rispetto dei limiti sull'esposizione della popolazione definiti sia dalla Raccomandazione del Consiglio Europeo 1999/519/CE sia dal Codice statunitense dei Regolamenti Federali, mentre una distanza precauzionale di separazione di 16 m assicura la conformità ai requisiti di immunità dai disturbi elettromagnetici irradiati per le apparecchiature elettriche di uso generale (classe 2), definiti dalla norma CEI EN IEC 61000-4-3. Un'apparecchiatura certificata rispetto ai più severi requisiti di immunità irradiata per le tecnologie militari terrestri, definiti dalla norma MIL-STD-461G, potrebbe essere utilizzata in modo sicuro fino a una distanza di separazione di circa 1 m dal *jammer*.

È importante notare che le distanze di separazione indicate sono relative allo specifico dispositivo *jammer* oggetto dello studio. Ciononostante, si evidenzia chiaramente la necessità di prestare attenzione alla sicurezza delle persone e delle apparecchiature elettriche che si trovino nello scenario operativo di esposizione ai disturbatori elettromagnetici, con particolare riferimento alle apparecchiature elettriche "amiche" – che possono essere disturbate involontariamente da un *jammer* per distanze notevolmente maggiori della distanza di separazione per la sicurezza delle persone.

RICONOSCIMENTI

Questo studio è stato realizzato come parte del progetto europeo INCLUDING – *Innovative Cluster for Radiological and Nuclear Emergencies* (www.including-h2020.eu) – finanziato dalla Commissione Europea nell’ambito del programma di ricerca e innovazione Horizon 2020.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Lopresto V. Assessment of risk from exposure to electromagnetic fields emitted by hand-held jammers to defeat drone attacks. *ENEA Technical Report RT/2023/15/ENEA* (2023) (disponibile da <https://iris.enea.it/handle/20.500.12079/69707>).
- [2] Federal Communications Commission. Communications Act of 1934 enacted by the Senate and House of Representatives of the United States of America (disponibile da <https://transition.fcc.gov/Reports/1934new.pdf>).
- [3] Code of Federal Regulations, Title 22, Chapter I, Subchapter M. International Traffic in Arms Regulations (ITAR). Last amended 5/26/2023 (disponibile da <https://www.ecfr.gov/current/title-22/chapter-I/subchapter-M/part-120?toc=1>).
- [4] Direttiva 2014/40/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014 sull’armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica (rifusione). *Gazzetta ufficiale dell’Unione europea*, L 96/79, 29 marzo 2014.
- [5] Direttiva 2014/53/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 aprile 2014, concernente l’armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato delle apparecchiature radio e che abroga la direttiva 1999/5/CE. *Gazzetta ufficiale dell’Unione europea*, L 153/62, 22 maggio 2014.
- [6] ECC Recommendation of 13th February 2004 with regard to forbidding the placing on the market and use of Jammers in the CEPT member countries, latest amended on 8th February 2013 (disponibile da <https://docdb.cept.org/download/1875>).

- [7] Norma tecnica CEI EN IEC 61000-4-3 (2021-06) Compatibilità elettromagnetica (EMC). Parte 4-3: Tecniche di prova e di misura – Prova d'immunità ai campi elettromagnetici irradiati a radiofrequenza.
- [8] Norma tecnica CEI EN 60601-1-2/A1 (2021-12) Apparecchi elettromedicali. Parte 1: Prescrizioni generali relative alla sicurezza fondamentale e alle prestazioni essenziali – Norma collaterale: Compatibilità elettromagnetica – Prescrizioni e prove.
- [9] US Military standard MIL-STD-461G Requirements for the control of electromagnetic interference characteristics of subsystems and equipment - Revision G. United States Department of Defence, 11nd December 2015.
- [10] ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz) 1998 Health Phys 74(4) 494-522. PMID: 9525427
- [11] ICNIRP Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields 2009 Health Phys 96(4) 504-14 DOI: 10.1097/01.HP.0000343164.27920.4a PMID: 19276710
- [12] ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz) 2010 Health Phys 99(6) 818-36 DOI: 10.1097/HP.0b013e3181f06c86 PMID: 21068601
- [13] ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electric fields induced by movement of the human body in a static magnetic field and by time varying magnetic fields below 1 Hz 2014 Health Phys 106(3) 418-25 DOI: 10.1097/HP.0b013e31829e5580 PMID: 25208018
- [14] ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz) 2020 Health Phys 118(5) 483-524 DOI: 10.1097/HP.0000000000001210 PMID: 32167495
- [15] 47 CFR 1.1310, US Code of Federal Regulations, Title 47, Chapter I, Subchapter A, Part 1, Subpart I, Paragraph 1.1310 – Radiofrequency radiation exposure limits. Federal Communications Commission (up to date as of 7th July 2022).
- [16] Raccomandazione del Consiglio delle Comunità europee, 12 luglio 1999 “Limitazione dell’esposizione della popolazione ai campi

elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz (1999/519/CE)”. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* L 199/59, 30 luglio 1999.

- [17] Direttiva 2013/35/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 26 giugno 2013, sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (20° Direttiva particolare ai sensi dell'art. 16(1) della Direttiva 89/391/CEE) e che abroga la Direttiva 2004/40/CE. *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*, L 179/1, 29 giugno 2013.
- [18] Legge 22 febbraio 2001, n° 36, Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n° 55, 7 marzo 2001.
- [19] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003, Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n° 199, 28 agosto 2003. Testo coordinato con la legge di conversione 17 dicembre 2012, n° 221 “Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 18 ottobre 2012, n. 179 recante "Ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese" (c.d. Decreto Crescita 2.0)”, art. 14 “Interventi per la diffusione delle tecnologie digitali”, commi 1 10, 11 e 12 (*Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n° 294, 18 dicembre 2012), e con la legge 30 dicembre 2023, n. 214, Legge annuale per il mercato e la concorrenza 2022 (23G00220), Articolo 10 “Adeguamento dei limiti dei campi elettromagnetici” (*Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n° 303, 30 dicembre 2023).
- [20] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003, Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n° 200, 29 agosto 2003.
- [21] Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n° 81, Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n° 106 – “Attuazione dell’art. 1 della legge 3

agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n° 101, 30 aprile 2008 – Suppl. Ord. n° 108. Modificazioni agli articoli 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 219, commi 1, lettere *a)* e *b)*, e 2, lettere *a)* e *b)*, all’allegato XXXVI, nonché l’introduzione dell’articolo 210-*bis*, introdotte dal decreto legislativo 1° agosto 2016, n. 159 (*Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana* n.192 del 18 agosto 2016, in vigore dal 2 settembre 2016).

- [22] Flexforce Enterprises Inc., Portland, OR, USA. Dronebuster Block 3B datasheet (disponibile da <https://flexforce.us/wp-content/uploads/2021/08/2021-Dronebuster-Blk-3B-Datasheet.pdf>).
- [23] Norma tecnica CEI EN 50527-1 (2017-09), Procedura per la valutazione dell’esposizione ai campi elettromagnetici dei lavoratori con dispositivi medici impiantabili attivi – Parte 1: Generalità.

RUMORE E VIBRAZIONI MACCHINE AGRICOLE – NORMATIVA, SICUREZZA, NUOVE TECNOLOGIE

Isabella Ferrara (1), Ivan Mazzealli (2)

(1) **INAIL** - Unità Operativa Territoriale di Certificazione, Verifica e Ricerca di Napoli

(2) **INAIL** - Unità Operativa Territoriale di Certificazione, Verifica e Ricerca di Napoli

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni il comparto dell'agricoltura ha subito un rallentamento della crescita, che ha riguardato sia il suo valore di incremento in termini di produzione e distribuzione, sia quello occupazionale. Si è ridotto, infatti, il numero di lavoratori occupati nel settore, e la composizione della forza lavoro resta ancorata ad una sostanziale riconferma di vecchi schemi organizzativi, in cui pochi giovani e poche donne riescono ad inserirsi nel tessuto lavorativo. Per quanto attiene alla situazione infortunistica, anche i dati di quest'ultima voce confermano il quadro appena delineato. I dati Inail riportano che tra il 2019 e il 2023 si è verificato un calo degli infortuni, e che questi ultimi, durante le varie fasi di lavorazione dei campi, sono di elevata pericolosità e interessano soprattutto lavoratori di un'età media di 48 anni per i maschi e 50 per le femmine. I dati sugli infortuni e sulle malattie professionali del comparto, evidenziano alcune caratteristiche di un settore che fatica a rinnovarsi, sia dal punto di vista di mezzi e attrezzature, sia dal punto di vista delle risorse umane. Oltre la metà dei casi mortali di cui si ha notizia (63 nel 2022), è dovuta alla perdita di controllo totale o parziale del mezzo utilizzato (di trasporto o attrezzo in movimento). A seguire, scivolamento e inciampamento che comportano la morte per schiacciamento, nella metà degli eventi, o per urto (3 casi su 10). Riguardo le malattie professionali i dati indicano un aumento delle denunce soprattutto negli ultimi venti anni; da quando, in particolare con le nuove tabelle del D.M. 09/04/2008, sono state introdotte le malattie muscolo-scheletriche da sovraccarico bio-meccanico e movimenti ripetuti, che risultano essere le più frequenti tra gli agricoltori. La loro incidenza appare anche più significativa degli infortuni sul lavoro, a riprova di quanto le attività in questo comparto siano logoranti per il fisico. Numerosi i casi, quindi, di "dorsopatie", con disturbi ed ernie ai dischi intervertebrali, e "disturbi dei tessuti molli" (tendiniti) con lesioni della spalla

ed epicondiliti del gomito (77% delle denunce secondo il codice internazionale Icd-10). A seguire altre malattie: il 15 % riguardano il sistema nervoso, come la sindrome del tunnel carpale; e un 5% interessa l'apparato uditivo, come le ipoacusie. A ciò si aggiungono le malattie della pelle dovute alla prolungata esposizione diretta ai raggi solari, con melanomi e altre tipologie di tumori maligni [1]. Una lettura critica di questi dati rinvia ad un'immagine del settore agricolo che, come sopra accennato, mostra non poche criticità nella direzione dello sviluppo e del rinnovamento, laddove le tante piccole e medie imprese incontrano numerose difficoltà nella rincorsa alle innovazioni per la sicurezza, la salute, la produttività e la competitività, soprattutto in un mercato che le confronta con poche aziende di grandi dimensioni e maggiori risorse. Queste criticità riguardano sia le risorse umane, con lavoratori di una età media tra i 40 e i 65 anni, che affrontano diverse mansioni di notevole impegno fisico, in ambienti di lavoro a loro volta assai diversificati per morfologia e condizioni climatiche, sia i mezzi e le attrezzature di cui dispongono. Trattori e macchine agricole in uso, infatti, risultano essere vecchi ed obsoleti, per la maggior parte costruiti prima dell'entrata in vigore delle nuove norme comunitarie, come la Direttiva Macchine, ed espongono i lavoratori a maggiori rischi di infortuni e malattie professionali, a causa della mancanza di dispositivi di sicurezza, e delle nuove caratteristiche di progettazione che garantiscono ai lavoratori maggiore protezione e prevenzione dai rischi, e a causa anche della mancanza di manutenzione.

A tali considerazioni che delineano un comparto in sofferenza, si aggiungano quelle che afferiscono ai nuovi rischi emergenti in seguito a mutamenti tecnologici, demografici e climatici.

MATERIALI E METODI

L'analisi e lo studio condotti hanno considerato le fonti normative nazionali e comunitarie in vigore, le quali mostrano un adattamento alle innovazioni tecnologiche delle macchine e, quindi, soprattutto, delle misure di prevenzione e protezione dai rischi per la salute e sicurezza del comparto, come i rischi da esposizione a rumore e vibrazioni; gli approfondimenti sulla certificazione delle macchine e attrezzature agricole [2], nonché la loro progettazione [3]. Le ricerche e le prove empiriche in base alle quali si aggiornano le misure di sicurezza e di prevenzione per la progettazione e per l'uso delle macchine, sono in continua evoluzione; si basano sulla serie di Norme UNI ISO che si sono susseguite negli ultimi anni, e contribuiscono ad

aggiornarle. Lo studio dell'andamento degli infortuni nel settore ha permesso di delinearne un quadro più completo riguardo alle risorse umane, numero di lavoratori, età, tipologie contrattuali. Ha, inoltre, aperto la strada ad approfondimenti e riflessioni circa lo stato delle attrezzature e dei macchinari in uso. Di conseguenza si è proceduto ad una valutazione della situazione dello sviluppo del comparto, anche in termini di innovazione tecnologica e vocazione economica e socio-culturale ad un rinnovamento graduale ma significativo. Analizzando le capacità di investire in Agricoltura 4.0, Carbon farming, Decision Support System (DSS, o Sistema di Supporto alle Decisioni). Questo ambito di innovazione costituisce una ulteriore sfida per la sicurezza, la salute e la prevenzione dell'esposizione a rischi nuovi ed emergenti. Rilevanti fonti di informazioni sono, inoltre, le verifiche sul campo, che attraverso gli accessi dei tecnici presso le aziende per la consulenza e per la verifica delle attrezzature di lavoro e delle macchine, offrono un quadro concreto e realistico delle condizioni dell'azienda in particolare e del settore in generale. Fornendo importanti informazioni attraverso un approccio alle problematiche dei datori di lavoro, alle criticità degli aspetti organizzativi, alla condizione dei lavoratori nel loro ambiente di lavoro, e dello stato fisico, relazionale, psichico e comportamentale, e individuando possibili soluzioni o miglioramenti da attuare. Tra le fonti normative da citare il D.lgs. 81/2008 e s.m.i., in particolare in riferimento ai limiti di esposizione dei lavoratori al rumore e alle vibrazioni [4]; D.lgs. 17/2010, recepimento italiano Direttiva Macchine 2006/42/CE [5]; Nuovo Regolamento Macchine 2023/1230 [6].

RISULTATI E DISCUSSIONE

Elementi tecnici

Un aspetto fondamentale da considerare nella individuazione, valutazione e discussione dei rischi da rumore e vibrazioni su trattori e macchine in uso nelle aziende agricole italiane, riguarda lo stato del parco macchine a disposizione degli agricoltori. Analisi di mercato dimostrano che la domanda di acquisto è elevata, ma i redditi agricoli restano stagnanti, i costi di produzione aumentano e questo disincentiva gli investimenti in nuove tecnologie agricole. La risposta alla richiesta di trattori è il mercato delle macchine usate, spesso obsolete, che non soddisfano i criteri e le esigenze di sicurezza dei lavoratori, né le nuove esigenze produttive di un'agricoltura moderna che sia anche sostenibile. Secondo dati ISTAT, elaborati da Federunacoma, ammontano a 57.782 quelle vendute nel 2023, in crescita dell'8.1% sul 2022 [7]. Sono, infatti, molto

diffuse nel settore macchine e attrezzature agricole (trattrici, motocoltivatori, motoseghe, decespugliatori, ecc.) con elevata rumorosità, e dispositivi insufficienti alla riduzione delle vibrazioni, soprattutto tra quelle di costruzione antecedente alle recenti Direttive Comunitarie di Prodotto e Sociali. Inoltre, essendo il loro utilizzo molto esteso per le diverse attività svolte, anche contemporaneamente (come ad es. attrezzature connesse ai trattori), si verifica un aumento delle fonti di rischio, rumore e vibrazioni, nonché un prolungarsi dei tempi di esposizione dei lavoratori, e un maggior numero di lavoratori esposti. L'impatto dei rischi da esposizione è dunque considerevole, ma spesso sottovalutato o, comunque, non affrontato con le giuste misure; sia per una certa riluttanza all'adozione di misure correttive, preventive e di protezione, sia per gli elevati costi necessari per l'adeguamento o il rinnovo del parco macchine/attrezzature. Sono, d'altro canto, sempre più numerose ed innovative le possibili soluzioni a garanzia di salute e sicurezza, di tipo tecnico-strutturale, con un incremento di materiali e progettazioni avanzate tecnologicamente che consentono un maggiore e migliore controllo e riduzione del rumore e delle vibrazioni. A queste ultime si aggiungano interventi di tipo organizzativo e procedurale per le attività lavorative, con misure che prevedano affidamento di orari e carichi di lavoro ottimizzati alle necessità del settore e della prevenzione dei rischi per i lavoratori; la distribuzione di DPI collettivi ed individuali, e la giusta formazione sul corretto utilizzo di macchine e attrezzature di lavoro.

Dallo studio dei dati e dall'osservazione sul campo si evince che i trattori rappresentano le macchine agricole più diffuse. Sono versatili e sono dotati di sistemi di aggancio con i quali collegarli a diverse macchine operatrici per la realizzazione di operazioni molto diverse fra loro. Quindi, al mutare dell'attività e della macchina utilizzata, variano le condizioni di lavoro del trattore e del trattorista. Di conseguenza a variare saranno anche i livelli di esposizione al rumore e alle vibrazioni cui è sottoposto il lavoratore. La normativa vigente, indicata ed esposta in modo dettagliato nel Manuale operativo Inail "Progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo" [3], stabilisce i valori limite di emissione acustica e di esposizione alle vibrazioni per i lavoratori. I valori di entrambi questi rischi possono diventare critici ed esporre gli operatori a conseguenze anche gravi in termini di salute e sicurezza.

Rumore e vibrazione sono stimoli che si manifestano contemporaneamente in alcune circostanze di lavoro, come nell'uso dei trattori e delle macchine agricole. Inoltre, gli individui percepiscono l'ambiente in cui operano nella sua complessità, rispondendo ed interagendo con esso con la totalità di corpo

e mente. Secondo alcuni studi anche la valutazione dei rischi dovrebbe proseguire non separatamente, bensì tenendo conto delle interazioni e delle influenze reciproche. Escludere, infatti, gli effetti di interazione tra esposizione al rumore e alle vibrazioni può condizionare i risultati di una previsione del fastidio totale. Alcuni studi, che prevedono indagini sull'interazione tra rumore e vibrazioni, valutano soprattutto l'intensità dei due fattori, escludendo così quanto la percezione dell'*annoyance* potrebbe essere influenzata anche da altre caratteristiche del suono e della vibrazione, le quali a loro volta potrebbero variare a seconda del tipo di veicolo, ma non solo, si pensi ad esempio al tipo di terreno su cui si muovono i trattori e le variazioni che ne possono derivare in termini di rumore e vibrazione. Analizzare l'interazione delle caratteristiche spettrali e temporali nei segnali sonori e di vibrazione, potrebbe inserire nuovi termini di ricerca, e considerare la percezione di misure psicoacustiche, come ruvidità e sgradevolezza dei suoni dei veicoli registrati in presenza di vibrazione. Il cambiamento di vibrazione potrebbe causarne una diversa percezione, di conseguenza una valutazione del rumore secondo parametri esclusivamente acustici, potrebbe non essere del tutto realistica. D'altro canto, a volte un forte rumore potrebbe nascondere un fastidio da vibrazione. Una serie di esperimenti in questa direzione ha condotto alla conclusione che in presenza di un livello di pressione sonora elevato, il rumore sembra mascherare il disturbo dovuto alla vibrazione, la quale riveste quindi meno influenza sulla valutazione dell'*annoyance* totale; al contrario con un livello di pressione sonora inferiore, aumenta l'influenza della vibrazione. Pressione sonora e livello di accelerazione contribuiscono alla valutazione del fastidio totale di rumore e vibrazioni al corpo intero nei veicoli [8].

Ogni parte del corpo umano, occhi, spalle, testa, collo e spina dorsale, ha dei livelli critici di frequenza di vibrazione. Riguardo quelle di un veicolo, l'intervallo di solito misurato è compreso tra 0.5 e 5 Hz. La spina dorsale ha una frequenza di risonanza di 5 Hz, gli effetti negativi della vibrazione sul sistema muscoloscheletrico si verificano in presenza di frequenze inferiori ai 6Hz, e i sedili dei veicoli amplificano gli effetti della vibrazione con frequenze inferiori ai 10 Hz.

Un agricoltore può arrivare ad usare un trattore fino alle 12-14 ore al giorno, restando quindi esposto ad un elevato rischio di esposizione a stress acustico e a vibrazioni del corpo intero, che superano spesso i valori limite ($0,5 \text{ m/s}^2$). Ciò comporta una serie di rischi per la salute, rischi muscoloscheletrici, affaticamento da stanchezza muscolare, problemi di concentrazione, sonnolenza, e problemi al sistema nervoso, sindrome del tunnel carpale.

Queste condizioni possono influire sulle capacità di guida e di controllo dell'operatore. Durante i lavori nei campi sui trattori i punti di contatto e di trasmissione delle vibrazioni sono numerosi: il pavimento del trattore, le leve operative, il sedile, lo schienale del sedile, il volante. Studi e ricerche di biodinamica hanno indagato le diverse gamme di frequenza alle quali si possono manifestare le maggiori conseguenze sul sistema biologico. Le risposte biodinamiche del corpo umano si manifestano in particolare laddove la vibrazione entra nel corpo, per esempio attraverso il punto di contatto sedile, e dove viene misurata sul corpo, per esempio lungo la verticale di esposizione sedile-testa. Questa linea di trasmissibilità si è rivelata fonte di informazioni nelle ricerche sulle risposte biodinamiche dei conducenti di trattori [9].

Studi biodinamici sperimentali, inoltre, si sono occupati di analizzare diversi fattori che possono influenzare gli effetti di risposta del corpo umano alle vibrazioni. L'effetto delle posture che i conducenti di veicoli agricoli assumono, le variazioni di posizione del tronco sono associate ad un maggiore o minore assorbimento di energia. L'effetto della massa corporea, nella misura in cui si considera una maggiore o minore, o più o meno uniforme, area di contatto. Gli effetti di supporti per le mani e per i piedi e le posizioni che di conseguenza assumono. Gli effetti di sedile e schienale, come forma, capacità di supporto, ed eventuali amplificazioni di vibrazioni a particolari frequenze. Infine, da ricordare anche la necessità di approfondimento di studi su eventuali effetti di genere, fra conducenti di sesso maschile e femminile [10].

Come sopra accennato i rischi da esposizione a rumore e vibrazioni si manifestano simultaneamente, e la loro interazione, spesso, ne rende più complessa una precisa identificazione e risoluzione. Tale caratteristica è di evidente impronta nell'approccio alla valutazione di entrambi i rischi per i trattori e le macchine agricole. Le numerose sorgenti di vibrazione presenti su di esse possono generare rumore, per irradiazione acustica; il rumore a sua volta genera altre vibrazioni, che possono essere trasmesse non solo in altre parti della macchina, per trasmissione strutturale, ma anche direttamente all'operatore, per trasmissione aerea.

Le soluzioni più efficaci e migliorative alla loro identificazione, diminuzione ed eliminazione si ottengono attraverso la sperimentazione e il successivo apporto di modifiche strutturali, già in fase di progettazione delle macchine. Il Manuale operativo Inail "Progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo" approfondisce gli aspetti tecnici e di progettazione, e da esso citiamo qualche esempio di intervento tecnico migliorativo [2]. Un intervento locale e mirato è l'introduzione di *silent-block*, antivibranti, che servono per isolare dalle vibrazioni e diminuirne l'impatto su

strutture e/o pannelli da cui si irradierebbe poi rumore (ad es. tra telaio del trattore e cabina).

L'utilizzo di materiali fonoassorbenti comporta la riduzione del rumore all'interno di un ambiente confinato (ad esempio, all'interno della cabina di un trattore); materiali fonoisolanti (opachi o trasparenti), invece, aiutano la riduzione del rumore che si trasmette in ambiente contiguo (cabina trattore).

Una soluzione aggiuntiva è rappresentata dall'adozione di dispositivi di protezione individuale (DPI), quali tappi, caschi, cuffie a controllo passivo e attivo, indispensabili, per esempio, quando l'addetto, nei trattori con cabina, opera con i finestrini aperti esponendosi ad un significativo aumento del livello di rumore (10 - 15 dB(A)).

Un altro intervento migliorativo è rappresentato dalla modifica della larghezza degli pneumatici, un suo aumento riduce la pressione di gonfiaggio che, a sua volta, garantisce un miglior assorbimento delle difformità del terreno. Di recente sono stati sviluppati pneumatici ad alta flessibilità, che consentono una maggiore capacità di carico a parità di pressione di gonfiaggio, e un maggiore smorzamento delle vibrazioni generate da entrambe le coppie di ruote al contatto con il suolo, e una maggiore stabilità del mezzo.

Le applicazioni migliorative per il comfort dell'operatore includono senza dubbio le sospensioni dei sedili. Con gli elementi elastici e smorzanti di cui vengono provvisti, è possibile regolare il moto nei sistemi passivi; nei sistemi attivi e semi-attivi l'adattamento alle diverse condizioni in cui si opera è regolato attraverso degli attuatori che adeguano lo smorzamento e riducono più efficacemente le vibrazioni sulla seduta, modulando la sospensione in tempo reale. Le sospensioni semi-attive di solito sono di tipo idraulico, elettrodinamico, o di tipo magneto-reologico [2]. Quest'ultimo tipo risulta avere costi elevati e richiede una frequente manutenzione per il veloce degradamento del fluido magneto-reologico.

Per la progettazione di simili, e altre, misure ed interventi correttivi e migliorativi di macchine agricole, risultano di grande utilità gli studi e le ricerche sulla modellazione biodinamica. La complessità delle risposte del corpo umano a stimoli, quali la vibrazione e/o il rumore, ha grande significatività nel momento in cui devono essere tradotte in soluzioni concrete. I modelli biodinamici formulati, ad oggi, hanno utilizzato parametri del corpo umano di risposta agli stimoli, come contributo essenziale nel processo di progettazione e analisi; le differenze fra corpi possono incidere, per esempio, notevolmente sull'efficacia delle prestazioni di isolamento di un sedile dalle vibrazioni [11].

Il complesso sistema del corpo umano risponde in modo altamente variabile a stimoli anch'essi variabili, in dipendenza da numerosi fattori in entrambi i casi. È essenziale, quindi, che gli sviluppi di strumenti, interventi migliorativi e misure correttive, siano incentrati sull'uomo.

Nuove tecnologie e SSL

Gli sviluppi delle nuove tecnologie sono sempre più veloci, e riguardano tutti i settori lavorativi, come anche il comparto agricoltura. Le potenzialità sono grandi, e lo sono anche i rischi connessi. Nuovi rischi emergenti dall'innovazione, dalla rapidità con la quale vengono applicate le modifiche di avanzata tecnologia e di applicazione di Intelligenza Artificiale per sistemi e compiti sempre più ampi. Rischi che trovano riscontro anche nelle prime motivazioni che spingono al cambiamento, che di solito riguardano più la produttività e il profitto che la salute e sicurezza del lavoro. Ciò nonostante, questi progressi possono produrre miglioramenti dell'ambiente di lavoro integrando nella progettazione, e attraverso di essa, tecniche, misure di valutazione del rischio e principi di prevenzione, monitorando i possibili impatti negativi.

Termini come IoT, Smart Farming, Robot e mezzi autonomi, AI, Machine Learning sono ormai entrati a far parte della letteratura del lavoro, e della pratica sul campo. Rinviano al concetto di agricoltura digitale, Agricoltura 4.0, l'evoluzione dell'agricoltura di precisione attraverso l'uso delle tecnologie digitali applicato alle attività lavorative.

Nuove macchine agricole intelligenti potranno sostituire quelle esistenti, progettate attraverso tecnologie di riduzione dei livelli di rumore, con un migliore isolamento acustico e vibrazioni ridotte. Il *Digital Twin*, che lentamente si va affermando nelle produzioni industriali, consentirà di sfruttare un gemello digitale della macchina, un equivalente virtuale del prodotto fisico in grado di testare e prevedere come si comporteranno i prodotti e/o i sistemi da realizzare, valutando grandi varietà di ambienti e condizioni, usando lo spazio virtuale e la simulazione.

Altre soluzioni potranno migliorare la sicurezza di macchinari e veicoli, quali ad esempio sensori tattili e di pressione, sensori di velocità massima in condizioni di sicurezza e di prossimità, rilevatori e telecamere ambientali e pulsanti di arresto di emergenza, che possano facilitare anche in parte il problema del rilevamento delle condizioni particolarmente irregolari e imprevedibili dell'ambiente di lavoro (suolo, topografia, colture e bestiame, condizioni meteorologiche, ecc.).

Inoltre, le tecnologie intelligenti a distanza potranno consentire agli agricoltori di svolgere alcune attività riducendo la loro presenza fisica, nonché l'utilizzo di strumentazioni e macchine fonti di rumore e vibrazioni.

Un ulteriore impatto positivo sulla sicurezza delle macchine potrebbe derivare dalla riduzione di pratiche di manutenzione fai da te a causa della maggiore complessità tecnica, a tutela della garanzia, nonché della proprietà intellettuale. L'auto-manutenzione dei macchinari da parte di operatori non idonei risulta essere, infatti, spesso causa di numerosi incidenti.

La progettazione di robot per il lavoro nei campi potrà rappresentare un vantaggio aggiuntivo per alleggerire il carico di lavoro e ridurre l'esposizione ai rischi di varia natura. A condizione, però, che inizialmente si verifichi un passaggio intermedio di co-robotica, collaborazione con l'operatore umano, e che i cobot affianchino i lavoratori umani che continueranno a svolgere le azioni più complesse e delicate; in quanto condizioni in cui più sistemi operino in uno stesso campo potrebbero comportare nuovi rischi di schiacciamento, collisione, tagli e ustioni, nonché problemi di stress, a causa del timore di incidenti causati dalle tecnologie autonome.

Anche i rischi da stress e psicosociali possono essere riscontrati nelle attività lavorative che beneficiano dei vantaggi delle nuove tecnologie. Lavoro monotono, attività svolte in solitudine a causa della riduzione del numero di lavoratori sostituiti da sistemi autonomi e/o a distanza; frustrazione dovuta al malfunzionamento di sistemi automatizzati durante le fasi iniziali di applicazione, o in caso di falsi allarmi; difficoltà di adattamento per i lavoratori più anziani a contatto con tecnologie per lo più sconosciute, per cui mancano ancora una formazione e un addestramento adatti.

Il ritmo sostenuto a cui si sviluppano le numerose soluzioni tecnologiche, e l'attuale mancanza di dati di attuazione affidabili, rendono più complicato e ritardano il coinvolgimento degli esperti in salute e sicurezza sul lavoro nella loro gestione. Le caratteristiche di sicurezza, salute ed ergonomia devono, e dovranno, essere integrate nella progettazione delle tecnologie agricole intelligenti, dell'assetto aziendale, dell'organizzazione del lavoro, dei processi e di tutte le procedure lavorative per garantire adeguata prevenzione, formazione, e protezione dai rischi [12].

Aspetti di rischio si incontrano, poi, quando si affronta la gestione dei dati e dei sistemi di intelligenza artificiale e si delineano nuove criticità da affrontare. La proprietà e l'affidabilità dei dati che vengono raccolti nelle aziende agricole e poi elaborati da altre aziende titolari dei server in cui vengono archiviati; la qualità e la certificazione dei dati che vengono utilizzati per addestrare sistemi di aziende molto diverse tra loro per produzione, o

territorio, o condizioni meteorologiche; la cybersecurity. La pirateria informatica, infatti, rappresenta una minaccia per la sicurezza attraverso il potenziale furto di dati riservati, attacchi ransomware a danno dei sistemi, interferenze nella produzione agricola e nella gestione del bestiame. Un trattore robotizzato hackerato, per esempio, potrebbe eludere il controllo dell'operatore e rendere inefficaci i dispositivi di sicurezza, diventando causa di incidenti e danni.

E, ancora, l'attuale e dibattuta questione dei profili di responsabilità, proprietà intellettuale e di etica riferiti allo sviluppo di sistemi di intelligenza artificiale. L'effettiva adozione delle nuove tecnologie dipenderà da diversi fattori connessi fra loro: reddito e dimensioni dell'azienda agricola; età e livello d'istruzione degli agricoltori; usabilità della tecnologia specifica; sostegno a livello industriale, formativo e divulgativo agli agricoltori.

CONCLUSIONI

Gli studi e alcuni modelli biodinamici hanno contribuito allo sviluppo di manichini antropodinamici per la valutazione delle prestazioni di isolamento dalle vibrazioni dei sedili a sospensione. L'eliminazione dei soggetti umani dalla sperimentazione, che risponde anche alle implicazioni etiche associabili, comporta, al contempo, risultati sperimentali più limitati perché non includono le variazioni associate a fattori individuali, posturali e di vibrazione. Questo rafforza l'idea che i migliori risultati ottenibili in campo sperimentale, e quindi di progettazione, e di sicurezza per i lavoratori, sono quelli che partono dall'individuo considerato nelle sue diverse caratteristiche, età, genere, corporatura, etc., e ad esso arrivano con l'implementazione delle misure e degli interventi di prevenzione dei rischi. A tale scopo non si può prescindere dalla necessità di uno studio e un'analisi del settore agricolo nella sua totalità, per potersi porre le giuste domande circa modi, tempi e tipologia di interventi strutturali, procedurali, tecnologici sulle macchine agricole, organizzative sulla forza lavoro.

L'analisi dei dati Istat ed Eurostat sull'agricoltura evidenzia caratteristiche del comparto che spiegano ed agevolano anche un approccio di valutazione dei rischi che consideri le peculiari esigenze e criticità dei lavoratori del settore [13]. Fra il 2010 e il 2020 le piccole imprese agricole, soprattutto a conduzione familiare, hanno raggiunto il 93,5%, con valori del 97,6% al Sud, e 86,7% al Nord-Ovest. Le aziende più grandi e competitive, più innovative e digitalizzate, che in molti casi hanno anche assorbito piccole imprese familiari, hanno la forza economica ed organizzativa di instaurare rapporti di

lavoro formalizzati; di affidarsi a forza lavoro giovane istruita, formata e che si aggiorna frequentemente. Quelle più piccole e meno forti sul mercato, invece, si affidano a rapporti informali, a forza lavoro stagionale e straniera, e hanno una maggiore presenza di lavoratori in età avanzata. E le donne, poi, costituiscono appena il 30% della manodopera agricola. Altre carenze del settore sono rappresentate dagli elevati costi di avviamento, di gestione e di accesso al credito, basse potenzialità di profitto, scarsità di servizi essenziali nelle zone rurali. Gli interventi da mettere in atto sono di varia natura e da questi ultimi dipende il rilancio del settore agricolo, anche con l'adozione di nuove tecnologie, per le quali è necessario migliorare il livello delle competenze e della formazione dei lavoratori. Ambiente di lavoro, tipo di macchine in uso, caratteristiche dell'operatore in termini di età, genere, nazionalità, organizzazione del lavoro, competenze ed esperienza sono elementi che devono rientrare in una valutazione del rischio, per delineare un quadro quanto più verosimile delle condizioni cui apportare modifiche, e delle effettive variazioni da prevedere sia in fase di progettazione, sia in fase di manutenzione, gestione e controllo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] P. Perone, M. Albanese, A. Brusco, A. Bucciarelli, A. Capparella e V. Chiodo, A. Schneider Graziosi, DATI INAIL, Andamento degli infortuni sul lavoro e delle malattie professionali, nr. 3 marzo, 2024.
- [2] P. Fausti, C. Marescotti, F. Pompoli, A. Santoni, E. Carletti, F. Pedrielli, A. Peretti, J. Griguolo, P. Nataletti, A. Moschetto, Certificazione acustica e vibratoria delle macchine, INAIL, Manuale operativo, 2020.
- [3] A. Fregolent, W. D'Ambrogio, J. Brunetti, P. Nataletti, in collaborazione con A. Culla, M. Papa, E. Savone, F. Picca, Progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo, INAIL, Manuale operativo, 2021.
- [4] DECRETO LEGISLATIVO 09/04/2008, N.81. Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, pubbl. su S.O. N.108/L alla G.U. n.101 del 30/04/2008.

- [5] DECRETO LEGISLATIVO 27/01/2010, N.17. Attuazione della Direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la Direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori, pubbl. su S.O. N.36 alla G.U. n.41 del 19-02-2010.
- [6] REGOLAMENTO (UE) N.1230/2023 del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 giugno 2023 relativo alle macchine e che abroga la direttiva 2006/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio e la direttiva 73/361/CEE del Consiglio, pubbl. su G.U. dell'Unione Europea n. L.165 del 29/06/2023.
- [7] FEDERUNACOMA - <https://www.federunacoma.it/it/Trattori-congiuntura-e-geopolitica-frenano-il-mercato-12-9-nel-2023/c14503>
- [8] Maravich, M.M.; Rosenkranz, R.; Altinsoy, M.E., *Annoyance Caused by Simultaneous Noise and Vibration in Commercial Vehicles: Multimodal Interaction and the Effects of Sinusoidal Components in Recorded Seat Vibrations*. *Vibration* 2023, 6, 536–555. <https://doi.org/10.3390/vibration6030033>.
- [9] A. Singh, S. Samuel, Y. K. Dhahi, H. Singh, *Whole-body vibration: Characterization of seat-to-head transmissibility for agricultural tractor drivers during loader operation*, *Smart Agricultural Technology* 4 (2023) 100164. Journal homepage: www.journals.elsevier.com/smart-agricultural-technology
- [10] Rakheja, S., Dewangan, K.N., Dong, R.G. and Marcotte, P. (2020) 'Whole-body vibration biodynamics – a critical review: I. Experimental biodynamics', *Int. J. Vehicle Performance*, Vol. 6, No. 1, pp.1–51.
- [11] Rakheja, S., Dewangan, K.N., Dong, R.G., Marcotte, P. and Pranesh, A. (2020), 'Whole-body vibration biodynamics – a critical review: II. Biodynamic modelling', *Int. J. Vehicle Performance*, Vol. 6, No. 1, pp.52–84.
- [12] Review of the future of agriculture and occupational safety and health (OSH). Foresight on new and emerging risks in OSH. European Risk Observatory. Report.

[13] EUROSTAT -

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ef_m_farmleg/default/table?lang=en; ISTAT - <https://7censimentoagricoltura.it/>

L'USO DELLE EEG PER LA VALUTAZIONE DEL COMFORT TERMICO

Daniela Freda (1), Antonia Biagi (1)

- 1) Inail, Dipartimento Innovazioni Tecnologiche E Sicurezza Degli Impianti, Prodotti Ed Insediamenti Antropici - Laboratorio Sicurezza degli Impianti di Trasformazione e Produzione

ABSTRACT

Secondo lo Standard ASHRAE 55, il comfort termico è lo stato mentale di un individuo che esprime soddisfazione verso l'ambiente termico che lo circonda. Come è ovvio dedurre da questa definizione, il comfort è una quantità altamente soggettiva. Tuttavia, la necessità di sviluppare sistemi di valutazione del comfort e gestione dell'ambiente termico applicabili a gruppi di individui, ha condotto già da tempo allo sviluppo di metodi oggettivi.

Il più popolare di questi è il PMV (Predicted Mean Vote) che, partendo da informazioni relative ai parametri ambientali (T_a , UR, Tr, Va), all'attività metabolica e al vestiario utilizzato, predice la sensazione termica MEDIA (come si evince dal nome stesso) di un campione di individui.

Come appare chiaramente dallo standard ISO 7730 in cui tale metodo è stato codificato, esiste una grande variabilità biologica nella risposta che viene espressa da individui diversi per genere, collocazione geografica e background culturale. Ciò è in parte dovuto a meccanismi di natura fisiologica (diverse sensazioni di caldo freddo) ed in parte a meccanismi di natura psicologica (diverse soglie di accettazione della stessa sensazione termica). Resta quindi completamente aperto il problema di individuare un adeguato indicatore oggettivo di discomfort termico individuale. A ciò si somma il problema di come cumulare i diversi indicatori di discomfort relativi ai diversi elementi ambientali con cui un soggetto interagisce (termico, sonoro, visivo, IAQ e molti altri di natura non strettamente chimico-fisica) in un unico indicatore oggettivo di discomfort integrato.

I segnali biologici sono misure oggettive promettenti per la valutazione dell'esperienza degli occupanti rispetto l'ambiente termico. In particolare, l'elettroencefalogramma (EEG), segnale biologico che ha origine dal cervello e riflette le attività del SNC, ha il vantaggio di essere facilmente registrabile e di fornire una misura in continuo a differenza delle metodologie self report. È già ampiamente utilizzato per monitorare in continuo elementi come il carico di lavoro mentale e l'emozione. Le quantità più promettenti come indicatori di

discomfort derivano dall'analisi di onde cerebrali di tipo alfa, beta, delta, theta e gamma.

In base alle più recenti conoscenze, appare quindi possibile definire in futuro un nuovo modello di gestione del comfort termico dell'ambiente basato sull'analisi di biosegnali.

INTRODUZIONE

Il comfort termico è definito dall'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) come "lo stato d'animo che esprime soddisfazione per l'ambiente termico ed è valutato mediante valutazione soggettiva" [1].

Il PMV - Predicted Mean Vote [2] - è un modello di valutazione oggettivo che si concentra sulla previsione di condizioni di comfort per una persona media al fine di derivare fasce di comfort adatte alla maggior parte degli occupanti degli edifici. Non risolve né spiega perché osserviamo diversità di voti di comfort da parte degli occupanti dello stesso edificio. Solo sviluppando un modello matematico che incorpori tutti i fattori che giocano un ruolo nella percezione termica e che danno origine alla diversità osservata nel comfort, sarà possibile quantificare come esattamente lo stesso ambiente termale influenzi un individuo in modo diverso rispetto ad un altro [3].

In tal senso, ad oggi, i segnali biologici rappresentano le misure oggettive più promettenti per la valutazione dell'esperienza degli occupanti rispetto l'ambiente termico, ovvero della valutazione del comfort globale.

PRICIPALI ASPETTI DEL COMFORT TERMICO E I LIMITI DEL PMV

Il comfort termico è influenzato in modo significativo da una combinazione di fattori fisiologici e psicologici, definiti collettivamente aspetti fisiopsicologici. Questi aspetti interagiscono in modo complesso per determinare il livello di comfort di un individuo in un ambiente termico [4].

L'intero concetto di comfort termico, in sostanza, ruota attorno a questi due aspetti principali che influenzano il benessere dell'occupante. Gli aspetti fisiologici comprendono parametri personali e ambientali. Come già anticipato, la maggior parte degli studi si concentra su questi e tralascia lo stato psicologico dell'occupante e il suo effetto sulla risposta alla qualità dell'ambiente termico [5].

Tale stato, invece, ha un impatto significativo sulla percezione dell'ambiente che porta al comfort termico [6]. Comprende gli effetti delle variabili cognitive e culturali e descrive la misura in cui l'assuefazione e l'aspettativa

alterano la percezione e la reazione alle informazioni sensoriali. Questa nozione, talvolta indicata anche come adattamento percettivo, è descritta in psicofisica come l'esposizione ripetuta o cronica a un fattore di stress ambientale che porta a una diminuzione dell'intensità della sensazione evocata [7].

Il PMV [2], integrando le quantità fisiche dell'ambiente (T_a , U_R , T_r , V_a) con gli indicatori soggettivi relativi all'abbigliamento e il dispendio metabolico del soggetto (metodi di lavoro applicati e sforzi fisici imposti), fornisce una quantificazione del discomfort. Effettuando migliaia di prove sperimentali condotte in una molteplicità di condizioni ambientali, il PMV si basa sulla convinzione che la sensazione di massimo comfort è associata alla condizione di equilibrio energetico del corpo umano (omeotermia), mentre le sensazioni di crescente discomfort risultano associate a condizioni via via più distanti dall'equilibrio [8]. Poiché si tratta di un giudizio MEDIO, esso implica l'esistenza di una variabilità nella risposta individuale, ovvero il fatto che non è possibile individuare una situazione ideale e valida per tutti i soggetti di un gruppo, sebbene siano tutti ugualmente esposti alle medesime condizioni microclimatiche ed impegnati in uguali attività utilizzando lo stesso abbigliamento. Infatti, l'indice PPD (Percentage of Person Dissatisfied) fornisce una misura quantitativa della percentuale di persone che potrebbero essere insoddisfatte dell'ambiente termico e viene, quindi, utilizzato per prevedere la percentuale di occupanti che sentiranno troppo caldo o troppo freddo [4]. Il PMV, quindi, assumendo una relazione immutabile tra sforzo fisiologico, sensazione termica e disagio associato, non offre una soluzione per includere le differenze individuali nelle caratteristiche fisiologiche [7].

EEG

I segnali biologici sono misure oggettive promettenti per la valutazione dell'esperienza degli occupanti rispetto l'ambiente termico. Il sistema nervoso centrale (SNC) è il principale centro di controllo del corpo: è responsabile della ricezione e dell'interpretazione delle informazioni sensoriali (vista, udito, tatto, gusto e olfatto) in funzione delle quali innesca risposte motorie appropriate per eseguire azioni (da semplici riflessi a comportamenti complessi). È specificamente coinvolto nella regolazione dei meccanismi che ci aiutano ad adattarci e rispondere agli stimoli ambientali, come temperatura, luce e suono.

L'elettroencefalogramma (EEG), segnale biologico che ha origine dal cervello, riflette le attività del SNC e registra le oscillazioni dell'attività elettrica generata da aggregati di neuroni a livello della corteccia tramite elettrodi posizionati sul cuoio capelluto. È, quindi, il segnale in grado di cogliere, in maniera diretta e continuativa, la risposta del SNC allo stimolo di

temperatura. Inoltre, permette una misura oggettiva che contempla anche gli atti inconsci, non rilevati dai questionari self report che invece si fermano alla soglia della consapevolezza (atti consci).

Tendenzialmente viene registrata l'attività di alcune onde dominanti [9]:

Onde alpha (8-13 Hz): stato di veglia rilassata;

Onde beta (13-30 Hz): comportamento e azioni;

Onde delta (0,5-4 Hz): sonno;

Onde theta (4-7 Hz): rilassamento profondo e meditazione;

Onde gamma (30-50 Hz): processi cognitivi di memoria e apprendimento.

STATO DELL'ARTE

Gli studi sulle possibili applicazioni dell'elettroencefalogramma (EEG) per la valutazione delle esperienze umane in ambienti termici forniscono ad oggi risultati non sufficienti e, a volte, contraddittori. Siamo ancora lontani dalla validazione di un nuovo modello del comfort ma, comunque, i dati finora raccolti mostrano con evidenza l'esistenza di una relazione tra la variazione termica e l'attivazione di onde cerebrali alpha, beta, delta, theta e gamma. In particolare, Yang (2022) [10] ha rilevato che le attività della banda gamma sono influenzate più dagli aspetti percettivi del comfort (a cui partecipano altri fattori) che dalla temperatura dell'ambiente.

Il carattere contraddittorio degli esiti degli studi in letteratura è sostanzialmente addebitabile ai diversi protocolli di campionamento che rendono non sovrapponibili i dati, a discapito di una corposa raccolta statistica e, conseguentemente, di una non chiara lettura del fenomeno.

Infatti, in molti dei recenti studi [11] viene monitorata l'attività onde cerebrali alpha, beta, delta, theta e gamma dei soggetti esposti a condizioni termometriche diverse, con temperatura (T) variabile da circa 18°C a circa 30°C.

Inoltre, i test effettuati e riportati in letteratura sono stati realizzati sia in condizioni termiche costanti nel tempo che in ambienti termici variabili (bruschi cambiamenti di temperatura e variazione graduale).

Altro aspetto da considerare è che alcuni studi si concentrano unicamente sulle variabili termiche, mentre altri prendono in considerazione queste ultime insieme a fattori fisici dell'ambiente come qualità dell'aria, acustica, illuminazione.

In alcuni studi, inoltre, vengono confrontate le attività EEG dei diversi gruppi esposti a condizioni sperimentali differenti; in altri, vengono confrontati singolarmente i pattern EEG di ogni soggetto in una specifica condizione con i suoi pattern in altre condizioni.

Altro aspetto da rilevare, relativo ai protocolli, attiene all'attività imposta al soggetto analizzato, classificabile in due cluster:

- allo stato di riposo, in cui i dati EEG raccolti riflettono solo la percezione degli ambienti termici;
- basati sui compiti, in cui i dati EEG raccolti riflettono l'impatto combinato dei meccanismi di percezione termica e di cognizione relativi al task (test e compiti cognitivi).

Rispetto al primo, salve tutte le differenze sinteticamente sopradescritte, gli studi relativi all'attività cerebrale delle onde alfa (8-12 Hz), beta (12-30 Hz), delta (0-4 Hz), theta (4-8 Hz) e gamma (30-100 Hz) concordano sui seguenti punti [10]:

Onde alpha: sensibilità della banda α al cambiamento della temperatura (sia verso il caldo che verso il freddo). Gli studi si contraddicono sulla relazione tra le due grandezze (diretto e inverso, ad U e ad U invertita);

Onde beta: aumento della banda β al variare della temperatura dalle condizioni $24^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq 26^{\circ}\text{C}$ sia a $18 \leq T_a < 24$ sia a $26 < T_a \leq 30$;

Onde delta: aumento dell'attività della banda δ all'aumento della temperatura da $24^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq 26^{\circ}\text{C}$ a $T_a > 30^{\circ}\text{C}$;

Onde theta: maggiore attività della banda θ in ambienti con $24^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq 26^{\circ}\text{C}$;

Onde gamma: maggiore attività della banda γ in ambienti con $T_a > 30^{\circ}\text{C}$ e in ambienti con $T_a < 18^{\circ}\text{C}$; aumento nella fase di riscaldamento (da $24^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq 26^{\circ}\text{C}$ a $T_a > 30^{\circ}\text{C}$) e di raffreddamento (da $24^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq 26^{\circ}\text{C}$ a $T_a < 18^{\circ}\text{C}$).

CONCLUSIONI

Il comfort termico è uno stato mentale di soddisfazione nei confronti dell'ambiente termico, influenzato in modo significativo sia da fattori fisiologici che psicologici.

Il PMV, basandosi su considerazioni strettamente fisiologiche ed essendo stato validato su un campione significativo di soggetti, ripropone su basi oggettive una sensazione di soddisfazione che, per sua stessa natura, è intrinsecamente soggettiva.

È quindi auspicabile un modello di comfort in grado di cogliere sia l'aspetto fisiologico che quello psicologico e, in tal senso, i segnali biologici, in particolare l'EEG, riflettendo le attività del SNC, sono i descrittori più promettenti della valutazione dell'esperienza degli occupanti rispetto l'ambiente termico, ovvero della valutazione del comfort globale.

Nonostante il proliferare di studi scientifici in tale contesto, i dati disponibili non sono ancora sufficienti a definire un modello di comfort termico: il

problema di una mancata definizione ad oggi di un indice univoco di percezione termica è soprattutto addebitabile al fatto che gli studi presenti in letteratura propongono metodologie e approcci sperimentali differenti, rendendo così difficile una rassegna di risultati che chiarisca definitivamente la questione.

È indubbio, comunque, che la validazione di un nuovo modello di gestione dell'ambiente basato sull'analisi di segnali neurofisiologici (EEG) garantirebbe il comfort interno di spazi privati, programmando sistemi di controllo (es. HVAC per gli aspetti termoigrometrici e/o di IAQ) in base non più ai parametri ambientali, ma alla sensazione che tali parametri inducono nell'individuo, consentendo così un ambiente più personalizzato e più vicino alle sue reali esigenze.

Certamente questo approccio apre le porte a modelli di comfort ambientale completamente personalizzati, realmente adattati alle aspettative, agli atteggiamenti e ad altre caratteristiche individuali temporanee o permanenti di ciascuno. La decodifica delle percezioni termiche umane rivela l'enorme potenziale di indurre i soggetti umani verso il loro benessere personale attraverso strategie dedicate su misura basate su algoritmi di controllo interfacciati all'edificio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ASHRAE. Standard 55-2013. Thermal environmental conditions for human occupancy. Am. Soc. Heating, Refrig. Air-Conditioning Eng. Atlanta, USA. 2013.
- [2] EN ISO 7730:2006 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.
- [3] Schweiker, M., Huebner, G. M., Kingma, B. R. M., Kramer, R., & Pallubinsky, H. (2018). Drivers of diversity in human thermal perception – A review for holistic comfort models. *Temperature*, 5(4), 308–342. <https://doi.org/10.1080/23328940.2018.1534490>
- [4] M. F. Özbey, C. Turhan (2024) Investigating the Relationship Between Thermal Comfort and Human Psychology: A Review. *Journal of Building Design and Environment* 3(2):35255 DOI:10.37155/2811-0730-0302-16

- [5] Ganesh, G. A., Sinha, S. L., Verma, T. N., & Dewangan, S. K. (2021). Investigation of indoor environment quality and factors affecting human comfort: A critical review. *Building and Environment*, 204, 108146.
- [6] E. Zabetian, R. Kheyroddin (2019). Comparative evaluation of relationship between psychological adaptations in order to reach thermal comfort and sense of place in urban spaces. *Urban Climate*, 29, 100483
- [7] Gail S. Brager, Richard J. de Dear. Thermal adaptation in the built environment: a literature review. *Energy and Buildings Volume 27*, Issue 1, February 1998, Pages 83-96
- [8] M. del Gaudio, D. Freda, P. Lenzuni. (2018). *La Valutazione del Microclima* ISBN 978-88-7484-114-1
- [9] Kandel et al. (1994). *Principi di neuroscienze*. ISBN 8840807985
- [10] B. Yang, C. Yang, L. Ni, Y. Wang, Y. Yao (2022) Investigation on thermal environment of subway stations in severe cold region of China: A case study in Harbin *Building and Environment* 212 (2022) 108761
- [11] A. Pourghorban, V. WC. Chang, J. Zhou. (2024) Delving beneath the surface: A systematic review of human experience of indoor thermal environments through electroencephalogram (EEG). *Building and Environment* 257

LA VALUTAZIONE E LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DA ALTE TEMPERATURE NEI CANTIERI COMPLESSI: UNA ESPERIENZA DEL SERVIZIO PSAL DELLE AZIENDE USL DI BOLOGNA ED IMOLA

Paolo Galli (1), Luciano Acquafresca (1), Sandra Bernardelli (1), Matteo Conti (2), Giulia Fantaccione(1), Chiara Foresti(1), Luca Mattioli(1), Davide Nerozzi (1), Riccardo Palmioli (1), Luca Regoli (1), Anita Zambonelli (1).

(1) UOC PSAL Ausl di Bologna

(2) UOC PSAL Ausl di Imola

INTRODUZIONE

A causa del cambiamento climatico di cui siamo ormai sempre più consapevoli, durante la stagione estiva sono sempre più frequenti e prolungati i periodi caratterizzati dalla presenza di ondate di calore.

Come ormai confermato dall'intera comunità scientifica internazionale, questi eventi climatici così intensi sottopongono l'organismo umano a condizioni di stress termico tali da poter determinare anche gravi conseguenze sulla salute umana. Negli ultimi anni, infatti, durante le ondate di calore sono aumentati mortalità, ricoveri ospedalieri e accessi al pronto soccorso, soprattutto in sottogruppi di popolazione più vulnerabili. In questo contesto, nonché in un'ottica di precauzione e protezione della salute sul lavoro, i cosiddetti "lavoratori all'aperto" potrebbero essere considerati soggetti "vulnerabili". Non tanto o non solo per le caratteristiche del singolo individuo, ma poiché a loro si richiedono importanti sforzi fisici ed il mantenimento di elevati livelli di attenzione nelle attività che stanno svolgendo alle alte temperature. Tali condizioni si verificano nelle lavorazioni all'aperto dell'edilizia e dell'agricoltura nelle quali, tra l'altro, all'esposizione alle elevate temperature si aggiunge quella diretta alla radiazione solare. Alcune delle conseguenze di salute che si possono così verificare, come un malore o la riduzione della capacità attentiva, meritano una doppia attenzione, sia per le conseguenze dirette in termini di perdita di salute sia poiché potrebbero essere anche causa di infortunio.

Per tali motivazioni, nell'ambito delle attività di prevenzione del rischio microclima negli ambienti di lavoro, le aziende USL di Bologna e Imola hanno strutturato, nelle estati del 2023 e del 2024, una attività di sensibilizzazione e verifica proattiva dedicata al settore edile. L'intervento, nella sua complessità, è stato realizzato attraverso lo sviluppo di una serie di azioni divulgative e informative nonché l'effettuazione di sopralluoghi mirati. L'obiettivo finale era propriamente di sensibilizzare le aziende alla prevenzione del rischio da alte temperature e contestualmente verificare che adottassero modalità di lavoro idonee a fronteggiare i periodi climatici più a rischio.

STRUMENTI e METODI

Nel dicembre del 2021, in collaborazione con i Servizi di prevenzione e sicurezza nei luoghi di lavoro e con le Parti Sociali, nell'ambito del Comitato di Coordinamento ex art. 7 del D.lgs. 81/2008, la Regione Emilia Romagna ha predisposto il documento "La prevenzione del rischio da stress da calore negli ambienti di lavoro"⁽¹⁾.

L'intervento sulla prevenzione del rischio da stress da calore nel comparto edilizia attuato dalle aziende USL di Bologna e Imola, di cui si riporta qui l'esperienza, ha preso avvio nella primavera del 2023 tramite l'individuazione di cantieri che potessero risultare idonei al reclutamento nel progetto. Si è scelto di intervenire in cantieri strutturati e di grandi dimensioni del territorio di competenza delle aziende USL partecipanti, i cosiddetti "cantieri complessi". Questa tipologia di cantiere si caratterizza per essere di notevole estensione e durata, coinvolgere numerose imprese in appalto o subappalto e avere una significativa parte di attività svolta all'aperto. All'interno del progetto sono stati reclutati anche i cantieri di rimozione amianto con lavorazioni all'aperto, con matrice sia compatta sia friabile, nei quali le condizioni di lavoro, specie nella stagione estiva, espongono i lavoratori al rischio di elevate temperature; per cantieri con amianto friabile si sottolinea che è inoltre necessario allestire un confinamento statico-dinamico per la bonifica, condizione particolarmente svantaggiosa per il microclima.

Si è proceduto con l'inoltro del documento regionale sulla prevenzione del rischio stress da calore di cui sopra ai Committenti ed ai Coordinatori in materia di sicurezza e salute dei cantieri individuati e si è loro chiesto di prendere atto del documento e darne concreta attuazione, in attesa di verifica; si è inoltre offerta la disponibilità del Servizio per l'assistenza in merito alle possibili modalità di prevenzione del rischio. Si è ritenuto di coinvolgere i soggetti con funzioni di coordinamento e organizzazione di cantiere ritenendoli i più idonei nell'adozione di interventi di mitigazione del rischio in funzione dell'evolversi delle stagioni e delle diverse lavorazioni.

Successivamente si è acquisita la documentazione specifica di cantiere, ovvero P.S.C., P.O.S. e Verbali del Coordinatore per la Sicurezza e sono stati effettuati i sopralluoghi di verifica.

Al fine di omogeneizzare la valutazione generale degli operatori circa la prevenzione del rischio microclima in cantiere sia nella parte documentale sia in quella di controllo "sul campo", è stato predisposto e condiviso uno strumento di verifica, destinato esclusivamente agli operatori partecipanti al progetto. Esso è costituito dall'elenco delle misure di prevenzione ritenute indispensabili/opportune per una mitigazione efficace del rischio, in lavorazioni all'aperto e in periodi estivi, e dalle buone pratiche per la loro realizzazione.

Si riportano in allegato 1 gli aspetti che sono stati oggetto di verifica.

In base a quanto riscontrato nel primo anno di esperienza, il 2023, si è ritenuto utile predisporre per la stagione successiva, ovvero l'estate 2024, materiale divulgativo di semplice consultazione, rivolto ai lavoratori e ai datori di lavoro, contenente alcune semplici e brevi informazioni sulle principali misure di prevenzione da mettere in atto durante i periodi con elevate temperature ambientali. La necessità di diffondere le informazioni direttamente in cantiere, nel corso dei sopralluoghi, è stata condivisa con la Regione E-R la quale ha accolto i materiali forniti ed elaborato una brochure informativa, multilingue, offerta a tutti gli addetti ai lavori come ulteriore strumento di azione, per una informazione e sensibilizzazione sempre maggiori su questo rischio.

RISULTATI

I dati raccolti nei tredici cantieri rientrati nel progetto di prevenzione del rischio microclima negli ambienti di lavoro del settore edile, svolta dalle aziende USL di Bologna e Imola nelle estati del 2023 e del 2024, sono stati analizzati in termini di presenza/assenza del requisito richiesto. Si riporta la tabella dati completa in Allegato 2.

Verifica documentale

Le informazioni raccolte in merito alla completezza dei Piani di Sicurezza e Coordinamento (PSC) in relazione al rischio microclima hanno evidenziato percentuali elevate per la previsione di zone d'ombra (92%), fornitura di acqua fresca (85%) e predisposizione di aree di ristoro (85%).

Sono invece risultati rari i PSC che individuavano figure dedicate alla previsione e all'allerta di criticità da elevate temperature e alla messa in atto delle relative azioni preventive (15%).

I Piani Operativi di Sicurezza (POS) delle imprese affidatarie riportavano frequentemente il riferimento alla realizzazione di aree di cantiere dedicate alla sosta e alla disponibilità di acqua fresca (77%), e nel 62% di essi si faceva riferimento al divieto del lavoro in solitario.

Nel 38% dei POS era prevista la variazione dell'orario di lavoro in caso di giornate con temperature superiori ai 35 gradi.

Nel 15% dei casi erano riportate misure aggiuntive quali: l'utilizzo di tettoie mobili, la presenza di un responsabile anche per l'attuazione delle misure di prevenzione microclima-specifiche, il riferimento agli indumenti di lavoro idonei (indumenti traspiranti, copricapo/elmetto, divieto di lavoro a torso nudo).

In nessuno dei POS valutati (0%) è stato riscontrato un riferimento esplicito alla informazione ai lavoratori sulle misure e sui comportamenti da applicarsi in caso di ondate di calore.

Verifica in sopralluogo

Per quanto riguarda le misure di prevenzione adottate in cantiere, riscontrate in giornate caratterizzate da elevate temperature, si è rilevato quanto segue: nel 62% dei cantieri era stato incrementato il numero delle pause, l'orario di lavoro nel 38% dei casi era stato modificato rispetto ai periodi estivi meno critici, le zone d'ombra erano presenti nel 92% dei siti e il 77% dei cantieri ispezionati era dotato di una o più aree dedicate al ristoro.

La fornitura d'acqua potabile nelle vicinanze delle lavorazioni e la presenza di zone d'ombra sono risultate sempre fruibili (100% dei cantieri) e nell'85% dei sopralluoghi effettuati i lavoratori risultavano informati sulle procedure di prevenzione. L'utilizzo di vestiario idoneo è stato riscontrato solo nel 31% delle situazioni valutate.

Infine in nessun caso (0%) al preposto erano state date esplicite istruzioni per la messa in atto di provvedimenti specifici di prevenzione durante i periodi caratterizzati da ondate di calore.

CONSIDERAZIONI

Dall'esperienza condotta nei diversi contesti lavorativi osservati e attraverso l'analisi dei risultati ottenuti, si riportano di seguito le nostre valutazioni delle misure di prevenzione riscontrate, fornendo alcune considerazioni per migliorare gli attuali approcci di mitigazione del rischio.

La fornitura d'acqua

Nelle giornate più calde, in cantiere si è sempre riscontrata la disponibilità di acqua potabile; tale fornitura avveniva attraverso una rete idrica di cantiere oppure in bottiglia. Nel caso in cui l'acqua sia fornita attraverso la rete idrica del cantiere, è stato necessario chiedere l'interramento delle condotte, per evitarne il surriscaldamento. Anche nel caso in cui venga fornita in bottiglia, è necessario assicurarsi che sia conservata in modo idoneo, e che non sia esposta direttamente ai raggi solari. È importante che l'acqua non sia a temperatura elevata per non sfavorirne l'utilizzo, ma non deve essere neppure gelata o fredda, poiché potenzialmente dannosa per l'organismo. Dall'esperienza condotta, si è compresa l'importanza di collocare i box frigo in aree ombreggiate o in locali appositamente concepiti per le pause di lavoro. Si è riscontrato, tuttavia, che in taluni casi la presenza di frigo portatili collocati al sole, in prossimità delle postazioni di lavoro e non in aree apposite, era un segnale di scarsa fruibilità delle aree di sosta, soprattutto in quei cantieri in cui le pause di lavoro erano gestite autonomamente dai lavoratori.

Le aree di riposo e zone d'ombra

Le aree di riposo e zone d'ombra sono risultate presenti in quasi tutti i cantieri ispezionati e in diversi casi si è riscontrato l'utilizzo di gazebo mobili per creare zone d'ombra in cantieri di grande estensione, caratterizzati dallo spostamento delle zone di lavoro nell'arco della giornata lavorativa. Nell'utilizzo di strutture mobili si è riscontrata differenza tra i tessuti utilizzati e l'importanza del mantenimento della circolazione dell'aria al di sotto di tali strutture. Sono risultati efficaci i prolungamenti laterali delle tettoie realizzati con teli-rete per aumentare le zone di ombra e permettere allo stesso tempo la ventilazione dell'area.

Le criticità rilevate per le aree di riposo riguardano la distanza dalle zone di lavoro, la assenza di arredi, anche minimi, per la seduta e il riposo, o la scarsa ventilazione: in queste situazioni le aree non vengono utilizzate per le brevi pause durante le lavorazioni. Spesso, in questa tipologia di cantiere, le aree di riposo costituite da locali chiusi rimangono lontane dalle zone di lavorazione, inoltre la maggioranza di quelli visionati era privo di ventilatori e/o aria condizionata. In caso di presenza di aria condizionata si è riscontrata una differenza di temperatura tra interno e esterno troppo elevata, mentre tali locali dovrebbero garantire una differenza tra temperatura esterna ed interna non superiore ai 6-7 gradi centigradi.

La fruizione delle pause e la modifica dell'orario di lavoro

L'aumento delle pause di lavoro durante le ondate di calore o la variazione dell'orario di lavoro stesso, a volte riportata sul POS come misura di prevenzione, è stata di difficile oggettivazione. In cantiere i lavoratori riferivano sì un aumento delle soste, ma non programmato, e comunque sempre in funzione del tipo di lavoro svolto. Si evidenzia che la gestione autonoma delle pause può indurre il lavoratore a fermarsi solo quando avverte stanchezza e sete, rendendo in tal modo più faticoso il recupero fisiologico.

La modifica dell'orario di lavoro in taluni casi è stata riscontrata, in particolar modo a seguito dell'ordinanza della Regione Emilia Romagna dell'estate 2024. Si rileva tuttavia che l'anticipo dell'orario di lavoro alle prime ore del mattino in cantieri posti in contesti urbani può risultare in conflitto con gli orari in cui i regolamenti comunali

permettono le lavorazioni rumorose e per i quali è necessario ottenere deroga dall'amministrazione competente.

L'informazione ai lavoratori sul rischio microclima

L'informazione specifica sui rischi dell'esposizione da elevate temperature e sulle procedure previste in cantiere non è risultata specificatamente documentata; per contro i lavoratori in cantiere sono risultati genericamente informati sui rischi e su alcuni dei comportamenti utili da adottare nei periodi più caldi.

Si è così riscontrato che l'informazione era veicolata in cantiere dai Coordinatori per la sicurezza, o dai preposti, ossia da figure professionali non necessariamente in possesso di tutte le conoscenze in merito al rischio microclima ed ai suoi effetti sulla salute, comportando una semplificazione del processo di informazione previsto dalla normativa. Si è notato ancora che, presso i luoghi destinati alla sosta o in altri punti di aggregazione del cantiere, non erano quasi mai reperibili avvisi o cartelli che ricordassero l'importanza dell'effettuazione delle pause di lavoro e dell'assunzione di liquidi con una certa frequenza nell'arco della giornata.

Conoscere i rischi per la salute, i comportamenti corretti, sapere riconoscere i sintomi per sé e per gli altri, dà la possibilità di attivarsi al più presto e scongiurare il peggio. Ogni individuo è diverso dagli altri, ed un singolo lavoratore potrebbe essere portatore di patologie o condizioni personali che, in caso di forte esposizione a caldo, lo renderebbero più suscettibile dei propri colleghi alla disidratazione. Da qui la primaria importanza che riveste l'informazione ai lavoratori riguardo anche i sintomi premonitori e le prime basilari misure/procedure da mettere in atto sul posto in attesa del soccorso sanitario

Il primo soccorso

Una criticità riscontrata sul campo e che si reputa importante segnalare, ha riguardato la formazione sul primo soccorso ai sensi del D.M. n. 388 del 2003 (Regolamento recante disposizioni sul pronto soccorso aziendale, in attuazione dell'articolo 15, comma 3, del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e successive modificazioni). Tra gli obiettivi didattici indicati negli allegati 3 e 4 del D.M. (acquisire conoscenze generali sulle patologie specifiche negli ambienti di lavoro), non vengono menzionati il colpo di calore e in generale le condizioni di emergenze legate allo stress da caldo come contenuto del programma formativo. Proprio il lavoratore addetto al primo soccorso potrebbe avere una formazione carente e trovarsi in difficoltà nel riconoscere un'emergenza sanitaria quale è il colpo di calore, che coinvolge un collega di lavoro o egli stesso.

La sorveglianza sanitaria

In un'ottica complessa come quella descritta, si comprende l'importanza di un approccio multidisciplinare, nel quale il medico competente collabora con il datore di lavoro alla valutazione di tutti i rischi cui possono essere esposti i lavoratori. Egli potrà dunque valutare, come da norma di legge, ogni lavoratore in relazione al lavoro cui è veramente destinato e, conoscendo le misure di prevenzione previste in quello specifico cantiere, potrà esprimersi utilmente in termini di idoneità alla mansione specifica anche rispetto al rischio microclima. In occasione degli accertamenti sanitari previsti dal D.lgs. 81/08, ciascun lavoratore potrà inoltre essere informato dallo

specialista circa la correlazione tra il proprio stato di salute ed i rischi cui sarà esposto nello svolgimento della sua mansione specifica. La consapevolezza di un lavoratore della propria suscettibilità allo stress termico, come già ricordato, insieme alla capacità di riconoscere i segni premonitori del colpo di calore e alla conoscenza delle prime semplici azioni da compiere in caso di necessità, propria o altrui, sono strumenti fondamentali per ridurre al minimo i rischi per la salute ed evitare gravi conseguenze nelle ondate di calore.

I Coordinatori in materia di Sicurezza e Salute

Nella molteplicità delle imprese e dei lavoratori che si susseguono in un cantiere complesso, il Coordinatore per la Sicurezza in fase di progettazione o esecuzione è risultato essere, da quanto osservato e così come previsto dalla normativa, una figura di riferimento e coordinamento anche per quanto riguarda il rischio relativo alle elevate temperature della stagione estiva. Già in fase di progettazione quasi tutti i Coordinatori, avevano previsto specifiche misure che contribuivano a minimizzare il rischio da elevate temperature, come le aree di sosta, all'aperto o in locali dedicati, e i punti di distribuzione di acqua. Durante le fasi di realizzazione dell'opera, il coordinatore per l'esecuzione ha svolto un ruolo attivo di prevenzione attraverso le periodiche riunioni di coordinamento, alle quali hanno partecipato i datori di lavoro delle imprese affidatarie ed esecutrici, i preposti con funzioni di supervisione e vigilanza e gli stessi lavoratori. Nel corso di queste riunioni, in cui vengono normalmente trattate e verbalizzate questioni di natura tecnica, procedurale ed organizzativa, si sono riscontrate anche numerose richieste alle imprese affidatarie ed esecutrici di organizzare il lavoro nelle ore più fresche della giornata, di evitare il più possibile l'esecuzione di lavorazioni in solitaria, di prevedere pause frequenti e l'affidamento di responsabilità in merito al controllo sulla adozione delle misure specifiche.

L'abbigliamento di lavoro

Riguardo l'uso di indumenti adeguati per la protezione dall'irraggiamento solare si è osservato che è diminuita la presenza di lavoratori a torso nudo, infatti la maggioranza di loro indossava magliette e calzoncini in genere in cotone; si è registrata tuttavia una certa resistenza all'uso di copricapo (quando non era richiesto il casco di sicurezza), che è risultato poco tollerato dai lavoratori e del quale non è sembrata percepita la reale efficacia. Da rilevare, inoltre, che i copricapo, quando presenti, spesso sono risultati cappelli scelti e acquistati dal singolo lavoratore, senza porre particolare attenzione ai materiali con cui sono realizzati, talvolta poco traspiranti, né alla loro forma, in particolare la tesa era spesso corta e poco ombreggiante.

Ordinanza Regione Emilia Romagna n. 101-2024

Di fronte alle ricorrenti ondate di calore degli ultimi anni, un numero sempre crescente di regioni italiane ha emesso ordinanze riguardanti la tutela della salute dei lavoratori esposti in particolari periodi dell'anno ad elevate temperature; basti considerare che si è passati dal 2023 al 2024 da tre a quindici ordinanze. Anche la Regione Emilia Romagna, nell'estate 2024, ha adottato tale strumento emanando l'ordinanza contingibile e urgente n. 101 del 27 luglio 2024⁽³⁾. Questo strumento normativo è risultato vantaggioso, non soltanto come dispositivo legislativo in quanto tale, ma anche come strumento di sensibilizzazione per la sua evidente risonanza mediatica,

grazie alla quale i principali soggetti coinvolti, datori di lavoro e lavoratori stessi, sono stati richiamati a mettere in campo le opportune misure di prevenzione. Anche nella nostra esperienza l'emanazione di questa ordinanza ha fatto sì che le imprese, più consapevoli del rischio e più attente alle previsioni delle ondate di calore, ci contattassero per confrontarsi sulla messa in atto di soluzioni riguardanti la variazione dell'orario di lavoro e/o la realizzazione di zone di lavoro all'ombra.

CONCLUSIONI

Il presente intervento sul rischio microclima in edilizia ha coinvolto tredici cantieri, tra complessi e rimozione amianto, del territorio di competenza della AUSL di Bologna e Imola, con il coinvolgimento attivo dei Committenti, dei Coordinatori in materia di salute e sicurezza e dei Datori di lavoro delle imprese affidatarie.

Non si sono riscontrate particolari difficoltà nel verificare la presenza delle più semplici misure di prevenzione per alleviare le condizioni di stress da caldo nella stagione estiva, anche se per alcune di esse si è reso necessario richiedere un miglioramento. Si sottolinea, tuttavia, che le azioni di mitigazione del rischio da elevate temperature vengono raramente programmate prima dell'arrivo delle ondate di calore e che spesso l'informazione tra i lavoratori è un "passaparola"; la mancanza di informazione strutturata rischia di non fornire a tutti i lavoratori, soprattutto a chi non comprende correttamente la lingua italiana, la conoscenza completa del rischio, delle modalità per prevenirlo, dei segnali a cui prestare attenzione per riconoscere gli effetti dannosi dell'esposizione alle elevate temperature.

L'adozione delle misure tecniche ed organizzative per la protezione dalle ondate di calore, sembra di fatto prescindere da una valutazione del rischio completa, sostituendosi ad essa, in una semplificazione in cui si rischia di tralasciare alcuni importanti aspetti del processo di valutazione del microclima. In quanto agente di rischio fisico, la sua valutazione deve seguire, anche per il settore dell'edilizia, la disciplina prevista del capo I del titolo VIII del D.lgs. 81/08, e la sua gestione deve essere programmata includendo lavoratori particolarmente sensibili, informazione e formazione, sorveglianza sanitaria e collaborazione di tutte le figure della prevenzione negli ambienti di lavoro.

Bibliografia

- 1) "La prevenzione del rischio da stress da calore negli ambienti di lavoro" - Regione Emilia Romagna – Comitato di Coordinamento ex art.7 del D.Lgs 81/2008 – dicembre 2021
- 2) Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08 - parte III – microclima - Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome – luglio 2021
- 3) ORDINANZA DEL PRESIDENTE DELLA GIUNTA REGIONALE F.F. 26 LUGLIO 2024, N. 101 2 N.101/2024 - Ordinanza contingibile e urgente per motivi di igiene e sanità pubblica misure di prevenzione per attività lavorativa nel settore agricolo e florovivaistico nonché nei cantieri edili e affini all'aperto in condizioni di esposizione prolungata al sole

Allegato 1 – lista di controllo utilizzata per la valutazione documentale e in sopralluogo

CONTROLLO DOCUMENTALE		SI	NO
PSC e VERBALI RIUNIONE COORDINAMENTO - verificare che il PSC – anche integrato da verbali- contenga il riferimento alle misure previste per tutte le ditte operanti in cantiere - verificare che l'organizzazione del cantiere per questo rischio sia oggetto di apposita riunione di coordinamento quanto meno tra CSE e DL con acquisizione dei relativi verbali di riunione) (*) se la fornitura è in bottiglie è organizzato il mantenimento delle quantità presso il punto di fornitura	Zone d'ombra (aree di cantiere in ombra, o interne o tettoie mobili)		
	Area di ristoro		
	Punti di fornitura acqua fresca(*)		
	Preposto per microclima		
	Termometro/igrometro		
	Modalità di previsione ondate di calore e di allerta		
POS (in riferimento alle misure del PSC) ditta Affidataria - le procedure specifiche devono essere scritte - fornitura di cappello a tesa larga (se non necessita il casco) - vietato lavorare a torso nudo in cantiere - Creme solari e integratori solo su indicazione del medico competente - per la evidenza della informazione dei lavoratori sulle misure da adottare si acquisiscono i verbali di avvenuta spiegazione/somministrazione delle procedure	Presenza di procedura per modifica orario di lavoro ed incremento pause in caso di ondate di calore		
	Riferimenti alle aree di cantiere destinate alla sosta e alla distribuzione di acqua		
	Nomina di un responsabile per l'attuazione delle misure		
	Prevista adozione di tettoie mobili		
	E' vietato il lavoro in solitaria		
	Indumenti di protezione per i lavoratori da radiazione solare		
Evidenza della informazione dei lavoratori in merito alle misure da adottare			
CONTROLLO IN SOPRALLUOGO			
Impresa affidataria/ esecutrice (§) registrare l'abbigliamento dei lavoratori (torso nudo, maglietta, pantaloni c/l, copricapo, ...) (*) verifica attraverso intervista ai lavoratori	I lavoratori stanno seguendo un orario modificato per evitare il caldo?		
	I lavoratori stanno eseguendo un numero di pause aumentato per il caldo?		
	E' individuata un'area ristoro idonea?		
	E' presente acqua gratuita sul luogo di lavoro e in area ristoro?		
	Sono adottati indumenti di lavoro traspiranti e protettivi dalla radiazione solare (§)		
	I lavoratori sono stati informati (*)		
	Sono presenti zone d'ombra		
Sono presenti all'ingresso del cantiere cartelli informativi sugli orari adottati e le procedure in essere, l'avvertenza di bere con continuità ..			
ORGANIZZAZIONE del cantiere (verificare la presenza)			
	Punti di fornitura acqua fresca		
	Termometro/igrometro		
	Preposto responsabile microclima (affidataria)		

Cantiere Ditta Data

APPENDICE FOTOGRAFICA

Foto 1: struttura ombreggiante realizzata con telaio in legno e telo-rete in polietilene.



Foto 2: miglioramento della stessa struttura di foto 1 con telo-rete laterale per ampliare la zona d'ombra, inserimento sedute e utilizzo di nebulizzatore.



Foto 3: sistema ombreggiante composto da due coperture per aumentare la protezione dalla radiazione solare



Foto 4: strutture ombreggianti versatili che possono essere facilmente movimentate in funzione dell'attività da svolgere



Foto 5: lavorazioni di saldatura all'aperto eseguite all'ombra

CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA, MEDIANTE CAMPIONAMENTO DEI LIVELLI SONORI ALL'INTERNO DI EDIFICI, DI DIVERSE TIPOLOGIE DI IMPIANTI ASCENSORE: IDRAULICO ELETTRICO E GEARLESS, CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI E CONFRONTO CON I LIVELLI TIPICI PREVISTI DALLA NORMA

Augusto Papa (1), Massimiliano Faiella (1), Viviana Vosa (1)
INAIL Uot Cvr Napoli (1)

SOMMARIO

Il presente studio è relativo ad una campagna di misure per la caratterizzazione acustica di tre diverse tipologie di impianti ascensore: idraulico, elettrico e gearless, vengono effettuate considerazioni sui risultati ottenuti ed il confronto con i livelli sonori tipici indicati dalla norma UNI 1603181

1 INTRODUZIONE

Rumori e vibrazioni degli ascensori influenzano molti residenti e utilizzatori di un edificio, contribuendo alla qualità percepita dell'impianto, non meno dell'estetica e delle prestazioni tecnologiche. È essenziale considerare e pianificare questi aspetti fin dalle prime fasi progettuali. Rumori elevati possono causare effetti avversi psicologici e di salute, come disturbi del sonno e interferenze con le comunicazioni verbali, che in casi estremi possono portare ad ansia, stress e irritabilità.

Il comfort acustico richiede che chi genera rumore adotti strategie per ridurlo e renderlo tollerabile. L'impatto acustico degli impianti tecnologici deve essere pertanto gestito adeguatamente, utilizzando strumenti e procedure sinergiche per minimizzare il disagio degli utenti.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La norma di riferimento è il progetto di norma UNI 1603181 che fornisce informazioni acustiche sull'impianto di ascensori, montacarichi, apparecchi simili e relativi componenti, a supporto della progettazione dell'edificio, ai fini del contenimento dei livelli sonori all'interno dell'edificio, come da esigenze del cliente finale. Il rapporto tecnico si applica all'installazione di impianti nuovi in edifici nuovi. I dati forniti possono essere utilizzati anche nelle installazioni di impianti nuovi in edifici esistenti.

3 SORGENTI DI RUMORE DEL SISTEMA ASCENSORE

Gli impianti ascensore sono suddivisi in tre tipologie:

1. **Ascensore elettrico dotato di locale macchina** – usualmente questi locali sono posizionati nelle immediate vicinanze delle estremità del vano onde permettere mediante funi o cinghie la trasmissione dell'energia meccanica.
2. **Ascensore idraulico dotato di locale macchina** - questi locali possono essere anche a qualche decina di metri dal vano.
3. **Ascensore elettrico/idraulico senza locale macchina** - il macchinario è installato usualmente all'interno del vano di corsa oppure nelle immediate adiacenze.

Le sorgenti del rumore dell'impianto ascensore sono state individuate come di seguito riportato:

- **locale macchinario,**
- **vano corsa,**
- **piani di sbarco.**

4 CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DEGLI IMPIANTI ASCENSORE

I criteri per la caratterizzazione acustica dipendono dalla tipologia di ascensore. Le misurazioni sono state effettuate con cabina dell'ascensore caricata con 80% del carico nominale e schermata in post elaborazione, (per l'impossibilità di disattivarli) i segnalatori acustici.

I rilievi sono stati svolti: sul tetto di cabina; davanti alla porta di un piano intermedio; davanti alla porta del piano più alto; davanti alla porta del piano più basso; all'interno del locale macchina; davanti all'armadio contenente il macchinario.

Sono stati effettuati dei rilievi acustici per diverse tipologie di ascensori, precisamente su ascensori aventi le seguenti caratteristiche:

- **Ascensore 1: elettrico** con locale argano sito al piano più alto, portata 1000 kg, fermate 4, numero impianto 1710. L'impianto è sito in zona *Poggioreale* a Napoli.
Anno di installazione 1988.
Caratteristiche vano e locale argano: cemento armato.
- **Ascensore 2: idraulico** a spinta indiretta, con locale centralina sita al piano terra, portata 320 kg, fermate 5, matricola NA/1729/91. L'impianto è sito in un condominio di Napoli in zona *Fuorigrotta*.
Anno installazione: 1991.

Caratteristiche vano e locale centralina: cemento armato.

- **Ascensore 3: gearless** senza locale macchinario con motore di trazione di tipo a corrente continua agganciato all'interno del vano corsa alla parte superiore delle guide di trazione, portata 375 kg, fermate 3, numero impianto n° 1500009. L'impianto è sito in un condominio di Napoli zona *La Loggetta*.

Anno installazione 2015.

Caratteristiche vano: ferro e vetro.

5 CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI DI MISURA PER LE TRE TIPOLOGIE DI IMPIANTO ASCENSORE

Sono stati individuati edifici allocati in quartieri popolari con ascensori costruiti attorno agli anni '90, ad esclusione di quello dotato della nuova tecnologia gearless, installato nel 2015.

Al fine di rendere confrontabili i rilievi si sono scelti edifici di pochi piani, e nello specifico:

- Ascensore 1-Elettrico n. 4 fermate
- Ascensore 2-Idraulico n. 5 fermate;
- Ascensore 3-Gearless n. 3 fermate

I valori sia in salita che in discesa rilevati al piano intermedio sono risultati equivalenti per ciascuna tipologia, con livelli di emissione compresi tra i 53 e i 56 dBA.

Discorso a parte vale per i rilievi al piano più basso che hanno risentito del normale afflusso di residenti ed utilizzatori durante il monitoraggio e risultano maggiormente variabili.

In particolare, per l'ascensore idraulico è predominante il contributo del rumore della sala macchine (circa 61 dBA) perché questa è posta proprio al piano terra, nelle vicinanze dalla porta di piano terra dell'ascensore.



Foto 1 – *Locale centralina, ascensore 2: idraulico posto al piano terra nelle vicinanze della porta ascensore*

Per quanto riguarda invece i rilievi al piano più alto, se per le tipologie elettrico e idraulico rimane una sostanziale omogeneità dei valori rilevati, per l'impianto gearless si evidenzia invece l'influenza del rumore prodotto dall'armadio contenente il quadro di manovra (posto all'ultimo piano in adiacenza alla porta di cabina) con un valore rilevato di 57,1 dBA, e relativo incremento dei livelli sonori di circa 5 dBA rispetto ai rilievi acustici ottenuti agli altri piani.

5.1 MISURE SU TETTO DELLA CABINA E NEI LOCALI MACCHINARI

I rilievi sono avvenuti con il supporto del manutentore addetto all'impianto. L'addetto ha fornito assistenza per l'accesso ai locali macchine e, per motivi di sicurezza, ha presidiato lo strumento durante le misure svolte sul tetto dell'ascensore nelle manovre di salita e discesa della cabina.

5.1.1 MISURE SU TETTO DELLA CABINA DELL'IMPIANTO ASCENSORE

Per le due tipologie classiche di ascensore elettrico ed idraulico, che dispongono di appositi locali macchinario, l'incremento della rumorosità tra la misura in salita ed in discesa del rumore rilevato sul tetto della cabina, rispetto a quelle alle porte è di circa 10 dBA.

Per l'impianto gearless, il motore è posto alla sommità del vano corsa ed è privo di locale dedicato, pertanto si evidenzia che per i primi 15 secondi la misura durante la discesa dall'ultimo piano è caratterizzata da un incremento

di ben 20 dBA, come si può rilevare dal grafico 1, in quanto tale misura è inizialmente condizionata dalla vicinanza del motore di trazione (cfr. Foto 3 e Graf 1)

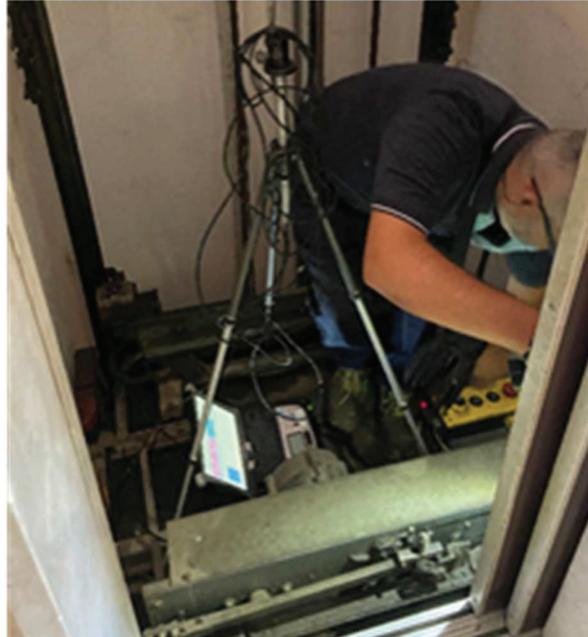
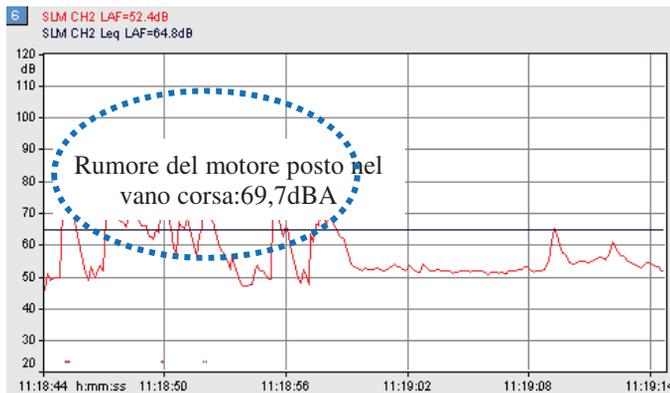


Foto 2 – Posizionamento del fonometro sul Tetto cabina interno vano corsa, ascensore 2: idraulico.



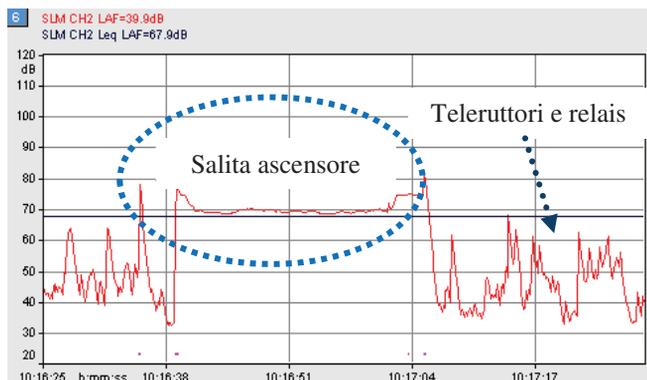
Graf. 1 – Discesa tetto cabina impianto gearless (foto 3)



Foto 3 - Vano corsa motore, ascensore 3-gearless

5.1.2 MISURE NEI LOCALI DEL MACCHINARIO

I rilievi nei locali tecnici sono stati svolti al centro degli stessi con fonometro su cavalletto posto a 1,5 m di altezza e ad almeno 1 metro di distanza da superfici riflettenti (cfr Foto 4). I risultati ottenuti risentono dell'influenza dei parametri come la tipologia di costruzione del locale, le caratteristiche di riflessione delle pareti, la dimensione degli ambienti. Dall'analisi dei profili acquisiti, (cfr Graf. 2) il rumore è caratterizzato da una serie di impulsi emessi del quadro di manovra per effetto dell'azionamento dei relais e dei teleruttori, e poi sale repentinamente e si stabilizza durante la manovra di salita della cabina, con dei picchi del segnale in partenza ed in arrivo (connessa alla manovra di apertura e chiusura porte). I valori in entrambi i locali monitorati mostrano un livello sonoro equivalente di 68 dBA.



Graf. 2 – locale macchina salita ascensore 2: idraulico (foto 4)



Foto 4 – *Locale argano, ascensore 1 posto ultimo piano edificio*

Per l'impianto gearless i rilievi sono stati eseguiti ad 1 metro dall'armadio macchinario posto all'ultimo piano adiacente alle porte di cabina. A seguire si riporta la tabella dei valori misurati durante le prove.

Posizione	Fase operativa	Tipologia impianto		
		idraulico	elettrico	gearless
Al centro del tetto cabina	salita	64,8	68,8	63,7
	discesa	64,3	69,7	64,8
1 mt porta piano intermedio	salita	54,2	56,0	53,4
	discesa	54,0	56,0	53,4
1 mt porta piano più alto	salita	53,6	60,7	57,8*
1 mt porta piano più basso	discesa	55,7	60,9	51,7
Al centro del locale macchina	salita	67,9	68,0	n.a.
1 mt armadio macchinario	salita	n.a.	n.a.	57,1

**Presenza del contributo sonoro dell'armadio tecnico posto all' ultimo piano*

Tab. 1 – *Valori rilevati durante l'indagine, espressi in dBA*

6 Confronto con i valori tipici del rumore emesso dai componenti del sistema ascensore

Risulta infine utile comparare i valori rilevati da quest'indagine con quelli *tipici del rumore emesso dai componenti* riportati nella tabella 2 contenuta nel progetto di norma UNI 1603181, ed in particolare per i seguenti componenti:

6.1 PORTE DI PIANO

La media dei livelli sonori relativi alle porte di piano dell'ascensore 1-elettrico è pari a 54,4 dBA.

Per l'ascensore 2-idraulico la media dei valori è di 59,6 dBA.

Infine per l'ascensore 3-gearless abbiamo un valore pari a 54,1 dBA.

Pertanto confrontando i suddetti valori medi con quelli riportati nella tabella della norma si può affermare che gli ascensori 1-elettrico e 3-gearless possono essere classificati nella tipologia alte prestazioni.

L'ascensore 2- idraulico è classificabile come medie prestazioni come riportato nella tabella 2 contenuta nella norma UNI 1603181.

6.2 MOTORE GEARLESS

L'impianto oggetto di studio è dotato di motore gearless della potenza compresa tra 5-10 kW, a cui corrisponde un *valore tipico* del rumore emesso di cui alla tabella della norma ≤ 65 dBA, mentre il valore misurato è di 69,7 dBA, pertanto superiore al valore tipico di norma.

6.3 CENTRALINA IDRAULICA

Il valore misurato è di 67,9 dBA è pertanto minore del valore tipico emesso riportato dalla norma UNI 1603181 ≤ 70 dBA

6.4 ARGANO

Nel caso dell'ascensore 1-elettrico il valore misurato è di 68,0 dBA e pertanto minore del *valore tipico* emesso riportato in norma ≤ 75 dBA.

7 CONCLUSIONI

I dati ottenuti dalle misurazioni effettuate ci consentono di affermare che le prestazioni acustiche degli impianti ascensori, montacarichi e apparecchi simili sono soggette a decadimento nel tempo per usura dei singoli componenti e in funzione della frequenza di manutenzione a cui sono sottoposti.

Inoltre l'impianto di più recente tecnologia 3-gearless presenta un livello di emissioni sonore inferiore agli altri di tecnologia maggiormente obsoleta.

BIBLIOGRAFIA

[1] UNI 1603181 – Informazioni acustiche sull'impianto di ascensori, montacarichi, apparecchi simili e relativi componenti, a supporto della progettazione dell'edificio, ai fini del contenimento dei livelli sonori all'interno dell'edificio

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE E VIBRAZIONI DEL PERSONALE SANITARIO DURANTE LE ATTIVITÀ DI EMERGENZA SUI MEZZI DI SOCCORSO

Diego Annesi¹, Giancarlo De Mauri², Raoul Di Giovanni¹, Rosanna Mangia², Antonio Moschetto¹, Angelo Tirabasso^{1,*}

¹Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro e Ambientale, INAIL

²UOS Prevenzione e Gestione Sicurezza sul Lavoro, ARES 118 del Lazio

*a.tirabasso@inail.it

INTRODUZIONE

Con riferimento alla normativa in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro (D. Lgs 81/2008 e s.m.i. [1]), i rischi lavorativi ai quali sono soggetti gli operatori sanitari (Operatore Tecnico Autista di Ambulanza o OTAA, Operatore Tecnico Barelliere o OTB, Infermieri e Medici) durante le attività sui mezzi di soccorso sono molteplici. Tra questi vi sono rischi riguardanti la salute dei lavoratori, ovvero ergonomici (movimentazione manuale dei pazienti), fisici (vibrazioni al corpo intero, rumore), chimici (disinfettanti), biologici (contatto con sangue e liquidi biologici potenzialmente infetti) e psicosociali (stress e aggressione da parte dei pazienti o dei loro familiari) e rischi riguardanti la sicurezza come quelli da incidenti stradali, con o senza trasporto di pazienti ed esposizione a temperature estreme. Se poi consideriamo l'attività lavorativa durante le condizioni di emergenza, ovvero quando ci si dirige con i mezzi di trasporto verso il paziente "target" e, successivamente, verso il Pronto Soccorso dopo aver preso il paziente, i suddetti rischi possono aumentare anche di molto.

In questo report verrà evidenziato come le condizioni di esposizione degli operatori sanitari dell'Azienda Regionale Emergenza Sanitaria 118 (o, più brevemente, ARES 118) sui mezzi di soccorso a disposizione, in particolare quella da rumore e vibrazioni al corpo intero (Whole Body Vibration, o WBV), aumentino, in alcuni casi in maniera significativa, quando si passa da una situazione lavorativa di non emergenza ad una di emergenza.

MATERIALI E METODI

I rilevamenti di rumore e WBV sono stati effettuati, d'accordo con il Servizio di Prevenzione e Protezione di ARES 118, nell'ambito della valutazione dei rischi ai sensi dell'art. 28 del D. Lgs 81/2008 e s.m.i. Sono state, pertanto,

simulate situazioni reali di esposizione, tenendo conto del ciclo di lavoro, dei diversi mezzi di soccorso, delle postazioni operative dei vari operatori e dei percorsi stradali più frequenti (nel comune di Roma). In particolare, sono stati esaminati come mezzi di soccorso 3 modelli (identici) di Ambulanze Sanitarie Infermieristiche (ASI) e un modello di Automediche (AM) riportati in tabella 1. Tutti i veicoli erano correttamente mantenuti e revisionati (quelli immatricolati da 4 o più anni).

Tabella 1. Elenco veicoli oggetto delle valutazioni di rumore e WBV.

Marca e modello	Tipologia	targa
FIAT DUCATO 2.2 Diesel	ASI	GP xxx xx
FIAT DUCATO 2,2 Diesel	ASI	FG xxx xx
FIAT DUCATO 2.2 Diesel	ASI	GE xxx xx
FIAT TIPO SW 1.4 Benzina	AM	FY xxx xx

Tutte le misure sono state effettuate sia durante le operazioni di emergenza, ovvero con sirena in funzione e velocità sostenuta, sia durante quelle di non emergenza, ovvero con sirene spente e velocità in linea con il codice della strada.

Gli OTAA e gli Infermieri che hanno partecipato alla campagna di misure erano tutti in possesso di patente di guida di categoria B e di attestato di corso di guida sicura di 2° livello comprensivo di aggiornamento periodico effettuato da meno di 5 anni.

Rumore

Per quanto concerne l'esecuzione delle misurazioni di rumore, effettuate in conformità alle norme tecniche di riferimento (UNI EN ISO 9612:2011 [2] e UNI 9432:2011 [3]) sono stati utilizzati: un fonometro integratore ed analizzatore 8 canali Real Time Sound Book con integrato PC Panasonic CF18, 1 cavo microfónico Brüel & Kjaer AO 0414-D100, un preamplificatore microfónico Brüel & Kjaer Tipo 2669-C-001, una capsula microfónica Brüel & Kjaer Tipo 4190. La strumentazione, prima e dopo ogni ciclo di misura, è stata opportunamente calibrata mediante l'utilizzo del calibratore di classe 1 B&K 4231 senza rilevare variazioni superiori a 0,5 dB secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

I fonometri integratori, compresi i microfoni e i cavi associati, soddisfano i requisiti della classe 1 secondo la norma IEC 61672-1:2002, mentre il calibratore rispecchia i requisiti della classe 1 secondo la norma IEC 60942:2003.

I rilievi fonometrici sono stati effettuati a circa 10 cm in prossimità dell'orecchio dell'OTAA che conduceva l'ASI e dell'infermiere/OTB seduti nella cellula sanitaria. In figura XX è riportato il posizionamento del

microfono accanto alla postazione dell'OTAA in un'ASI. Lo stesso rilievo è stato effettuato con l'infermiere che conduceva l'automedica (AM).



Figura 1. Postazione di misura fonometrica nella posizione di guida dell'ASI.

Vibrazioni

Il setup di misura ha previsto l'utilizzo dell'analizzatore di vibrazioni portatile Svantek 106A con l'accelerometro triassiale SV 38V dotato di disco di supporto per misure di vibrazioni a corpo intero in conformità alla UNI EN ISO 10326-1. Nelle prove su campo, sono state misurate le accelerazioni lungo i tre assi definiti nella UNI ISO 2631-1 [4] posizionando l'accelerometro triassiale con il suo adattatore sulla seduta dell'OTAA nel posto di guida (figura 2). e sulla seduta dell'infermiere o dell'OTB nella cellula sanitaria.



Figura 2. Posizionamento dell'accelerometro sulla seduta di guida dell'ASI

La strumentazione utilizzata è stata preventivamente calibrata con calibratore PCB C394 prima di effettuare le misure.

La durata di ogni singola misura non è stata inferiore ai 4 minuti come prescritto dalla ISO 2631-1 e dalla Monografia INAIL del 2019 [5].

RISULTATI

Di seguito sono riportati i risultati delle misure effettuate sia per quanto riguarda l'esposizione a rumore che a WBV.

Rumore

Nella tabella 2 sono illustrati gli indicatori relativi alle postazioni di misura considerate (OTAA e infermiere nell'ASI e OTAA nell'AM), per ciascun mezzo di soccorso nelle diverse situazioni lavorative (emergenza e non emergenza). I dati delle tre ASI sono stati mediati.

Nello specifico, per quanto riguarda l'esposizione al rumore, viene indicato il livello di pressione sonora continuo equivalente ponderato A (L_{Aeq}) con la relativa incertezza estesa (U) calcolata secondo la UNI EN ISO 9612:2011.

Tabella 2. Livelli di pressione sonora equivalente ponderata (L_{Aeq}) e incertezza estesa per le diverse postazioni e i diversi veicoli, nelle condizioni di emergenza e non.

Postazione	NON emergenza		Emergenza	
	L_{Aeq}	U	L_{Aeq}	U
OTAA ASI	71,8 dB	1,2 dB	80,3 dB	1,9 dB
Infermiere ASI	71,8 dB	1,2 dB	81,3 dB	1,9 dB
Infermiere AM	70,3 dB	1,2 dB	87,0 dB	1,8 dB

I livelli di picco, anche in emergenza, non hanno mai raggiunto i 135 dB(C). Si osserva come, per tutte le postazioni misurate, in emergenza il L_{Aeq} superi sempre, al netto dell'incertezza estesa, gli 80 dB e addirittura 87 dB per la postazione di guida nell'AM. Nelle condizioni di non emergenza i valori di L_{Aeq} sono risultati sempre sotto i 72 dB.

Vibrazioni

Per quanto concerne l'esposizione alle vibrazioni, vengono riportati in tabella 3 il valore massimo tra i tre assi pesati, denominato $a_{w,max}$ o il valore quadratico medio dell'accelerazione ponderata in frequenza a_v , a seconda che ci sia un asse vibratorio dominante o meno, per le diverse postazioni di misura nei diversi veicoli.

Anche in questo caso si è indicata la relativa incertezza estesa U^* calcolata secondo le indicazioni contenute nell'Appendice F della monografia INAIL del 2019.

Tabella 3. Valore massimo tra i tre assi pesati, denominato / valore quadratico medio dell'accelerazione ponderata in frequenza e incertezza estesa per le diverse postazioni e i diversi veicoli, nelle condizioni di emergenza e non.

Postazione	NON emergenza		Emergenza	
	$a_{w,max}/a_v$	U^*	$a_{w,max}/a_v$	U^*
OTAA ASI	0,4 m/s ²	0,1 m/s ²	0,6 m/s ²	0,1 m/s ²
Infermiere ASI	0,5 m/s ²	0,1 m/s ²	0,8 m/s ²	0,2 m/s ²
Infermiere AM	0,5 m/s ²	0,1 m/s ²	0,6 m/s ²	0,1 m/s ²

I valori di $a_{w,max}/a_v$, al netto dell'incertezza estesa, sono risultati inferiori o uguali a 0,5 m/s² per tutte le postazioni di misura dei veicoli esaminati, mentre nelle condizioni di emergenza i valori $a_{w,max}/a_v$ sono sempre risultati superiori a 0,6 m/s².

CONCLUSIONI

L'esposizione a rumore e WBV degli operatori che utilizzano mezzi di trasporto stradali dipende da diversi parametri. In condizioni di guida "veloce" alcuni di questi possono peggiorare di molto gli esiti della valutazione del rischio e pertanto vanno tenuti nella dovuta considerazione. Nel caso qui esaminato degli operatori sanitari sui mezzi di soccorso, l'azionamento della sirena rappresenta la sorgente di rumore prevalentemente responsabile dell'esposizione a rumore, sia degli OTAA che degli infermieri e OTB. Questo porta a dover considerare sempre l'importanza che ha l'isolamento acustico dell'abitacolo, anche in termini di manutenzione del veicolo.

Anche l'esposizione a WBV durante le operazioni di emergenza aumenta in maniera significativa. Pur, ovviamente, non peggiorando le condizioni del manto stradale, di fatto la velocità e lo stile di guida dei veicoli portano ad un aumento della possibilità che buche e dossi non vengano evitati con la stessa destrezza di quando l'andatura è, invece, più lenta e tranquilla (tipicamente durante le condizioni di non emergenza delle ASI e delle AM). Una corretta e costante manutenzione dei sistemi che smorzano le vibrazioni che dalla strada si trasmettono agli operatori dei veicoli di soccorso, come pneumatici, sospensioni, ammortizzatori e sedili, risulta anche in questo caso un elemento fondamentale da tenere sempre sotto controllo al fine di ridurre il rischio a WBV.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia per la preziosa collaborazione l'ARES 118 del Lazio, in particolare la dott.ssa Maria Paola Corradi e il dott. Narciso Mostarda, il Servizio di Prevenzione e Protezione e tutto il personale che ha partecipato attivamente alle campagne di misura.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. DECRETO LEGISLATIVO 09/04/2008, n.81. Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, pubbl. su S.O. N.108/L alla G.U. n.101 del 30/04/2008.
- [2]. UNI 9432:2011 - Acustica. Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro. Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, 2011.
- [3]. UNI EN ISO 9612:2011 - Acustica - Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro - Metodo tecnico progettuale. Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, 2011.
- [4]. UNI ISO 2631-1:2014, *Vibrazioni meccaniche e urti - Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero - Parte 1: Requisiti generali*. Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, 2015.
- [5]. La valutazione del rischio vibrazioni. Tipolitografia Inail - Milano, settembre 2019.

La biblioteca di

- **dB A'85 Il rumore industriale - Prevenzione e bonifica in ambiente di lavoro.**
Atti del Convegno di Modena del 14, 15 e 16 febbraio 1985
- **dB A'90 Rumore e vibrazioni - Valutazione, prevenzione e bonifica**
Atti del Convegno di Bologna e Modena del 20, 21, 22 e 23 novembre 1990
- **dB A'94 Rumore e vibrazioni - Valutazione, prevenzione e bonifica in ambiente di lavoro**
Atti del Convegno di Modena del 20, 21 e 22 ottobre 1994
- **dB A'98 Dal rumore ai rischi fisici - Valutazione, prevenzione e bonifica in ambiente di lavoro**
Atti del Convegno di Modena del 17, 18 e 19 ottobre 1998
- **dB A_{incontri}'99 Rumore e vibrazioni negli ambienti di lavoro – Dalla valutazione alla bonifica**
Atti del Seminario di Modena del 23 settembre 1999
- **dB A_{incontri}2000 Rumore e vibrazioni - Linee Guida per la corretta applicazione della legislazione negli ambienti di lavoro**
Atti del Seminario di Modena del 20 settembre 2000
- **dB A'02 Rumore, vibrazioni, microclima, illuminazione, onde elettromagnetiche - Valutazione, prevenzione e bonifica negli ambienti di lavoro**
Atti del Convegno di Modena del 25, 26 e 27 settembre 2002

- **dB_Aincontri2003 Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore negli ambienti di lavoro – Verso un Manuale di buona pratica**
 Atti del Seminario di Modena del 16 ottobre 2003
- **dB_Aincontri2004 - Vibrazioni - Valutazione e prevenzione del rischio da vibrazioni nel quadro legislativo attuale e in quello in divenire**
 Atti del Convegno di Modena del 13 ottobre 2004
- **dB_Aincontri2004 - Microclima - Valutazione, prevenzione e protezione dai rischi e comfort nei luoghi di lavoro**
 Atti del Convegno di Modena del 14 ottobre 2004
- **dB_Aincontri2005 – Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro - Verso un Manuale di buona pratica**
 Atti del Convegno di Bologna del 14 settembre 2005
- **dB_A'06 Rumore, vibrazioni, microclima, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche e ionizzanti - Valutazione, prevenzione e bonifica negli ambienti di lavoro**
 Atti del Convegno di Modena del 12 e 13 ottobre 2006
Volume 1: Rumore e vibrazioni
Volume 2: Microclima
Volume 3: Campi elettromagnetici, radiazioni ottiche e ionizzanti
- **dB_Aincontri2008 – Titolo VIII del DLgs.81/2008 – Prevenzione e protezione dagli agenti fisici nei luoghi di lavoro: facciamo il punto**
 Atti del Convegno di Modena del 9 ottobre 2008
- **dB_Aincontri2009 – Interventi per la riduzione del rischio rumore. Legislazione, normativa, tecnologie, esperienze**
 Atti del Convegno di Modena del 24 settembre 2009
- **dB_A'10 Rischi Fisici: valutazione, prevenzione e bonifica nei luoghi di lavoro. A che punto siamo**
 Atti del Convegno di Modena del 6 e 7 ottobre 2010

- **dB_Aincontri2011 – Laser e Radiazioni Ottiche Artificiali non coerenti. Valutazione, prevenzione, protezione, esperienze**
Atti del Convegno di Modena del 21 settembre 2011
- **dB_Aincontri2012 – Aggiornamenti sul rischio rumore. Valutazione, prevenzione e protezione nei luoghi di lavoro**
Atti del Convegno di Modena del 11 ottobre 2012
- **dB_Aincontri2014 – Agenti Fisici nei luoghi di lavoro: aggiornamenti, approfondimenti, esperienze**
Atti del Convegno di Modena del 17 settembre 2014
- **dB_A'15 Trent'anni di Prevenzione e Protezione dagli Agenti Fisici**
Atti del Convegno di Modena del 27 maggio 2015
- **dB_Aincontri2016 – Campi Elettromagnetici nei luoghi di lavoro. Legislazione, Valutazione, Tutela.**
Atti del Convegno di Bologna del 21 ottobre 2016
- **dB_Aincontri2017 – Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti: valutazione e protezione alla luce della nuova normativa europea.**
Atti del Convegno di Modena del 14 settembre 2017
- **dB_A2018 – I rischi fisici nei luoghi di lavoro.**
Atti del Convegno di Bologna del 17 ottobre 2018
- **dB_A2019 – Agenti fisici e salute nei luoghi di lavoro.**
Atti del Convegno di Bologna del 17 ottobre 2019
- **dB_A2020 – La gestione del microclima nei luoghi di lavoro in presenza di una emergenza epidemica**
Atti del Convegno on-line del 3 dicembre 2020
- **dB_A2021 – Agenti fisici nei luoghi di lavoro – Radiazioni ionizzanti**
Atti dei Convegni di Bologna del 2 e 3 dicembre 2021



- **dba2022 – Rischi fisici emergenti nei luoghi di lavoro**
Atti del Convegno di Bologna del 23 novembre 2022
- **dba2023 – Rischi fisici nei luoghi di lavoro**
Atti del Convegno di Bologna del 10 ottobre 2023
- **dba2024 – Agenti Fisici nei luoghi di lavoro: stato dell'arte, novità e strumenti di supporto alla valutazione del rischio**
Atti del Convegno di Bologna del 20 novembre 2024

Altre pubblicazioni

Collana REACH

- **REACH-CLP-OSH_2024 – LE SOSTANZE CMR IN SICUREZZA CHIMICA. Agenti Cancerogeni, Mutageni, tossici per la Riproduzione e che destano molta preoccupazione per la salute (2024)**
- **REACH-OSH2023 – Aggiornamenti sulla sicurezza Chimica. Sostanze cancerogene, mutagene, tossiche per la riproduzione, interferenti endocrine e sensibilizzanti per le vie respiratorie nei luoghi di lavoro. (2023)**
- **REACH-OSH2022 – Sicurezza Chimica e Scheda di Dati di Sicurezza. La Nuova Scheda di Dati di Sicurezza per una nuova Valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi, tossici per la riproduzione, cancerogeni, mutageni. (2022)**
- **REACH-OSH2021 – Sicurezza Chimica. Individuazione del pericolo, Valutazione del rischio, Valutazione dell’esposizione, Misure di gestione del rischio. (2021)**
- **CLP-REACH_2020-COVID - Rischio chimico nei luoghi di vita e di lavoro. (2020)**
- **REACH-OSH_2019 – Sostanze Pericolose: Valutazione del rischio, Scheda di Dati di Sicurezza, Scenari di Esposizione, Misure di gestione del rischio. (2019)**
- **REACH2018 – Sostanze Pericolose. Identificazione, Registrazione, Valutazione, Autorizzazione, Restrizione e Gestione del Rischio. (2018)**
- **REACH 2017 – L’applicazione dei Regolamenti REACH e CLP nei luoghi di vita e di lavoro e nel comparto metalmeccanico (2017)**

- **REACH 2016 – L’applicazione dei regolamenti REACH e CLP nei luoghi di vita e di lavoro (2016)**
- **REACH 2015 – L’applicazione dei regolamenti REACH e CLP nei luoghi di lavoro. L’applicazione dei Regolamenti Europei delle Sostanze Chimiche in ambito sanitario (2015)**
- **REACH 2014 - I Regolamenti Europei REACH e CLP: l’interazione tra le normative sociali e di prodotto, il confronto e l’assistenza alle imprese, l’armonizzazione europea dei controlli (2014)**

Collana RisCh

- **RisCh 2014 – L’aggiornamento della valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi, cancerogeni e mutageni:** la valutazione della sicurezza chimica, la nuova scheda di dati di sicurezza e gli scenari di esposizione
- **RisCh 2012 – Agenti chimici pericolosi, cancerogeni, mutageni, REACH, CLP, SDS**
- **RisCh 2011 – Le nuove valutazioni del rischio da agenti chimici pericolosi e dell’esposizione ad agenti cancerogeni, mutageni**
- **RisCh 2010 – Le sostanze pericolose nei luoghi di lavoro.** Individuazione del pericolo, Regolamenti REACH e CLP, Scheda Dati di Sicurezza, Valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi, cancerogeni e mutageni
- **RisCh 2008 – Sostanze pericolose:** agenti chimici pericolosi, cancerogeni, mutageni e l'amianto
- **RisCh 2006 – Il rischio chimico nei luoghi di lavoro:** identificazione, misurazione, valutazione, prevenzione e protezione, sorveglianza sanitaria, esperienze ed approfondimenti
- **RisCh 2005 – Sostanze e preparati pericolosi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.** Classificazione ed autotrasferimento, etichettatura di pericolo e scheda di sicurezza, valutazione del pericolo e del rischio, aspetti critici ed innovativi. Il caso della silice libera cristallina

- **RisCh 2004 – Agenti cancerogeni, mutageni e chimici pericolosi:** l'applicazione dei Titoli VII e VII-bis DLgs.626/94, l'assistenza e la collaborazione con le parti sociali, la vigilanza e il controllo
- **RisCh-Bitume - Il rischio da agenti chimici nella produzione e messa in opera dei conglomerati bituminosi (2004)**
- **RisCh-La valutazione del rischio e dell'esposizione ad Agenti Chimici Pericolosi (2003)**
- **RisCh-Prevenzione e Protezione da Agenti Chimici Pericolosi. Le novità del D.Lgs.25/02, la valutazione e la giustificazione del rischio, le misurazioni e la sorveglianza sanitaria (2002)**
- **RisCh-Prevenzione e Protezione da Agenti Cancerogeni e Mutageni.** Le novità del D.Lgs.66/2000, la valutazione dell'esposizione, la sostituzione e i protocolli di prevenzione (2001)
- **RisCh'Alt-Prodotti chimici e tecnologie alternative all'impiego delle sostanze pericolose:** formulazioni e tecnologie meno pericolose per l'uomo e l'ambiente, le schede informative in materia di salute, sicurezza e ambiente (2000)
- **RisCh'Amb-La produzione compatibile con l'ambiente di vita e di lavoro:** approfondimenti sul D.Lgs.626/94, gestione dei rischi ambientali, assicurazione dell'ambiente (1999)
- **RisCh'dpi-I dispositivi di protezione individuale delle vie respiratorie:** aspetti normativi ed applicativi, linee guida e criteri per la scelta e l'uso, stato di applicazione del Titolo IV D.Lgs.626/94 (1999)
- **RisCh'flr-I fluidi lubrorefrigeranti nelle lavorazioni meccaniche:** Fattori di rischio - Misure di sicurezza ed igiene del lavoro - Tutela dell'ambiente (1998)

- **RisCh'SP-Le sostanze pericolose per l'uomo e per l'ambiente:** identificazione dei pericoli, valutazione dei rischi, classificazione, obbligo di ricerca, imballaggio ed etichettatura, scheda di dati di sicurezza, vigilanza e controlli (1998)
- **RisCh'96-II rischio chimico negli ambienti di lavoro:** identificazione, misurazione, valutazione, prevenzione e protezione (1996)

Collana SICUREZZA

- **SICUREZZA 2017 – La gestione della sicurezza delle attrezzature di lavoro: i controlli e le verifiche periodiche.**
- **SICUREZZA 2015 – Aggiornamenti sugli ambienti confinati e sulle ATEX**
- **SICUREZZA 2010 – Attrezzature di lavoro e Direttive Comunitarie.** Applicazione dei RES e conformità delle attrezzature
- **SICUREZZA 2008 – La nuova organizzazione della sicurezza.** I sistemi della gestione della sicurezza ed i lavori in appalto
- **SICUREZZA 2006 – Procedure di sicurezza.** Progettazione e applicazione
- **SICUREZZA 2005 – Lavori in quota.** Apprestamenti di sicurezza e DPI
- **SICUREZZA 2004 – Atmosfere esplosive:** la valutazione e la gestione del rischio negli ambienti di lavoro
- **SICUREZZA 2003 – Sei anni di coordinamento nei cantieri temporanei e mobili**
- **SICUREZZA 2002 - Dall’eliminazione del pericolo alla gestione del rischio.** La sicurezza degli ambienti di lavoro, degli impianti, delle macchine

Collana ASL incontri

- **ASL incontri-Esposizione professionale a silice libera cristallina.** Attuali livelli di esposizione e modelli di intervento per la riduzione del rischio. Ruolo della sorveglianza sanitaria tra obblighi di legge e efficacia preventiva (2008)
- **ASL incontri-Strutture sanitarie.** La sicurezza degli operatori e dei pazienti (2004)
- **ASL incontri-Promozione della qualità in medicina del Lavoro.** Orientamenti e Linee Guida per l'attività del medico competente (2002)
- **NIP 2001-Nuovi Insediamenti Produttivi. Requisiti e standard prestazionali degli edifici destinati a luoghi di lavoro.** Responsabilità del progettista. Sportello Unico per le Imprese. Requisiti d'uso, strutturali e di sicurezza. Requisiti igienistici e ambientali. Regolamento edilizio tipo
- **DPI 2000-II ruolo dei Dispositivi di Protezione Individuali nell'ambito della Prevenzione.** Prevenzione e DPI. Protezione da rumore e vibrazioni. Protezione degli occhi, delle vie respiratorie, degli arti superiori, del corpo. Protezione contro le cadute. Protezione del capo e dei piedi. Protezione antincendio e d'emergenza. Protezione in ambito sanitario. Aspetti critici ed obiettivi
- **ASL incontri-La smaltatura dei metalli.** Principali rischi per la salute. Indicazioni di prevenzione (2000)
- **Mmc-La movimentazione manuale degli ospiti nei servizi socio-assistenziali.** Valutazione del rischio. Orientamenti per la prevenzione (1999)



Il progetto dBA nasce a Modena nel 1985 da un'idea di Omar Nicolini. In un mondo del lavoro che chiedeva tutele e rivendicava salute dBA'85 si propose come un'occasione di confronto, un punto di riferimento, di coagulo per le tante esperienze disponibili sul rischio rumore che rappresentavano anche le esperienze trainanti per gli altri rischi per la salute e la sicurezza e che certamente diede impulso a molte altre idee ed iniziative, come il Salone Ambiente Lavoro. Evidenziare la praticabilità della prevenzione primaria fu infatti uno dei principali obiettivi di dBA, sostenuto già nel 1985 dalla presenza di una rassegna espositiva delle principali ditte del settore. Per inciso, la denominazione dell'iniziativa, più che per l'evidente assonanza con i decibel ponderati (A), segnala la volontà di realizzare una mostra convegno "della Bonifica Acustica".

Le successive edizioni del Convegno si sono tenute assumendo connotazioni diverse in relazione alle più importanti novità legislative ed alla volontà di affrontare l'insieme dei rischi fisici (rumore, vibrazioni, microclima, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche e radiazioni ionizzanti) in un unico contenitore.

Oggi dBA è un'iniziativa matura che porta a sintesi il progetto di un confronto multidisciplinare sui rischi fisici e approfondisce gli argomenti più attuali in incontri dedicati a temi specifici, sempre nell'ambito dei rischi fisici, con contributi tecnoscientifici sulle novità normative e la loro interpretazione, sugli effetti biologici dei fattori di rischio, sui problemi della sorveglianza sanitaria, delle tecniche di valutazione, misurazione e previsione dei rischi, delle misure di bonifica e di protezione degli esposti, nonché degli aspetti connessi al controllo ed alla vigilanza.

Ancora oggi dBA mantiene vivo l'interesse sui temi della salute nei luoghi di lavoro e tale intende continuare a essere anche con la vostra attenzione.

PROPRIETÀ LETTERARIA RISERVATA

ISBN 979-12-81779-03-7



9 791281 779037

Stampato in Italia – Printed in Italy – Novembre 2024

Stampato da Premiato Stabilimento Tipografico dei Comuni
Soc.Coop. - Santa Sofia (FC)

