

CORSO DI FORMAZIONE PER LAVORATORI

(Art. 37, D.Lgs. 81/08 - Accordo Stato-Regioni 21/12/2011)

- ASM MATERA -

Unità Formativa 5

ARGOMENTI

Formazione specifica

Approfondimenti su:

- Rumore
- Vibrazioni
- Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti
- Campi elettromagnetici
- Radiazioni ultraviolette

TITOLO VIII - AGENTI FISICI

CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI

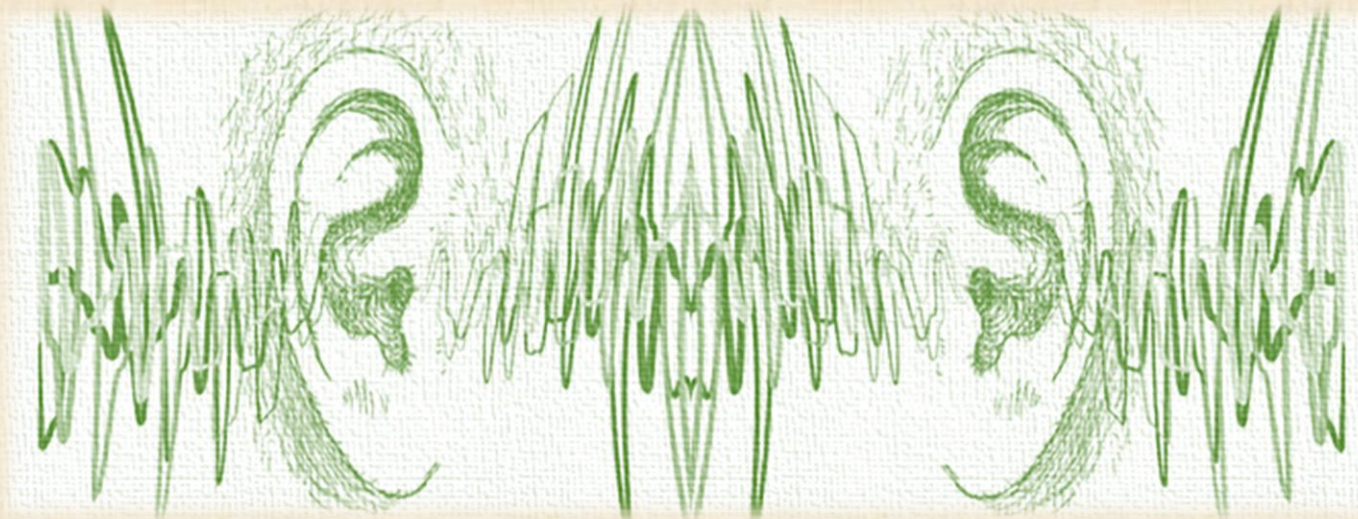
Articolo 180 - Definizioni e campo di applicazione

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.
2. Fermo restando quanto previsto dal presente capo, per le attività comportanti esposizione a rumore si applica il capo II, per quelle comportanti esposizione a vibrazioni si applica il capo III, per quelle comportanti esposizione a campi elettromagnetici si applica il capo IV, per quelle comportanti esposizione a radiazioni ottiche artificiali si applica il capo V.
3. **La protezione dei lavoratori dalle radiazioni ionizzanti è disciplinata unicamente dal decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, e sue successive modificazioni.**



Approfondimento

Rumore

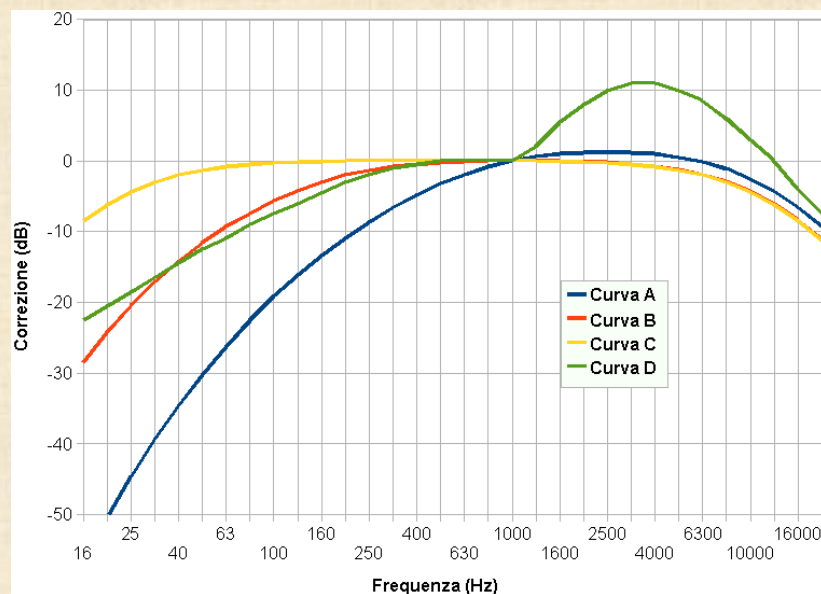


Cenni sulle curve di ponderazione in frequenza

L'udito umano è meno sensibile alle frequenze più basse e più alte. Per tenerne conto, durante la misura del suono, vengono applicati dei filtri di ponderazione.

La ponderazione di frequenza più comunemente usata è la “ponderazione A” che fornisce risultati indicati come dB(A), molto vicini alla risposta dell'orecchio umano.

Una curva di “ponderazione C” viene talvolta usata in particolare modo nella valutazione di suoni molto forti o a frequenze molto basse.

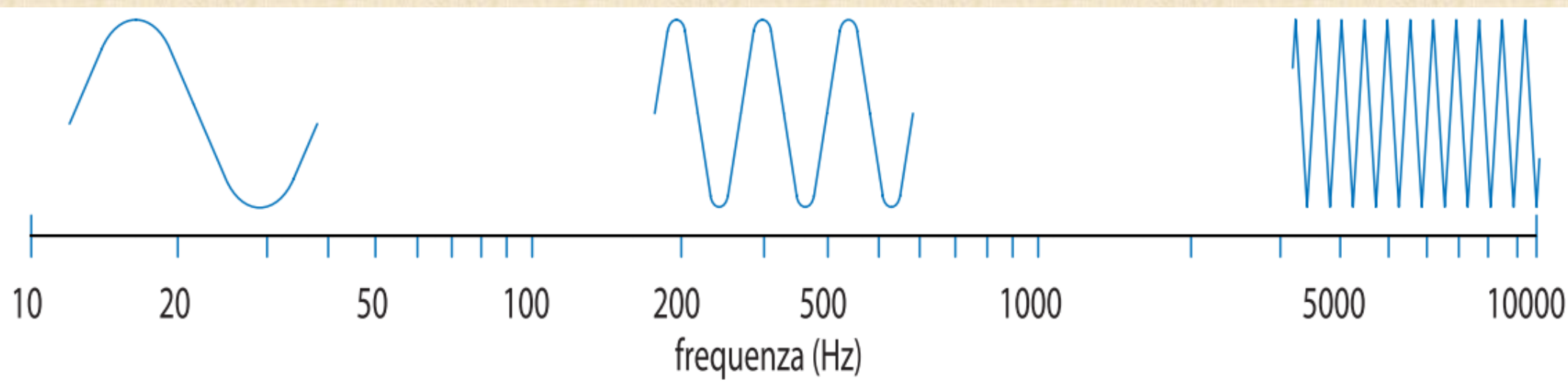


- Curva A**: corrisponde alla isofonica da 40 phon.
- Curva B**: corrisponde alla isofonica da 70 phon.
- Curva C**: corrisponde alla isofonica da 100 phon.
- Curva D**: non corrisponde a nessuna particolare isofonica: è specifica per il rumore aeroportuale.

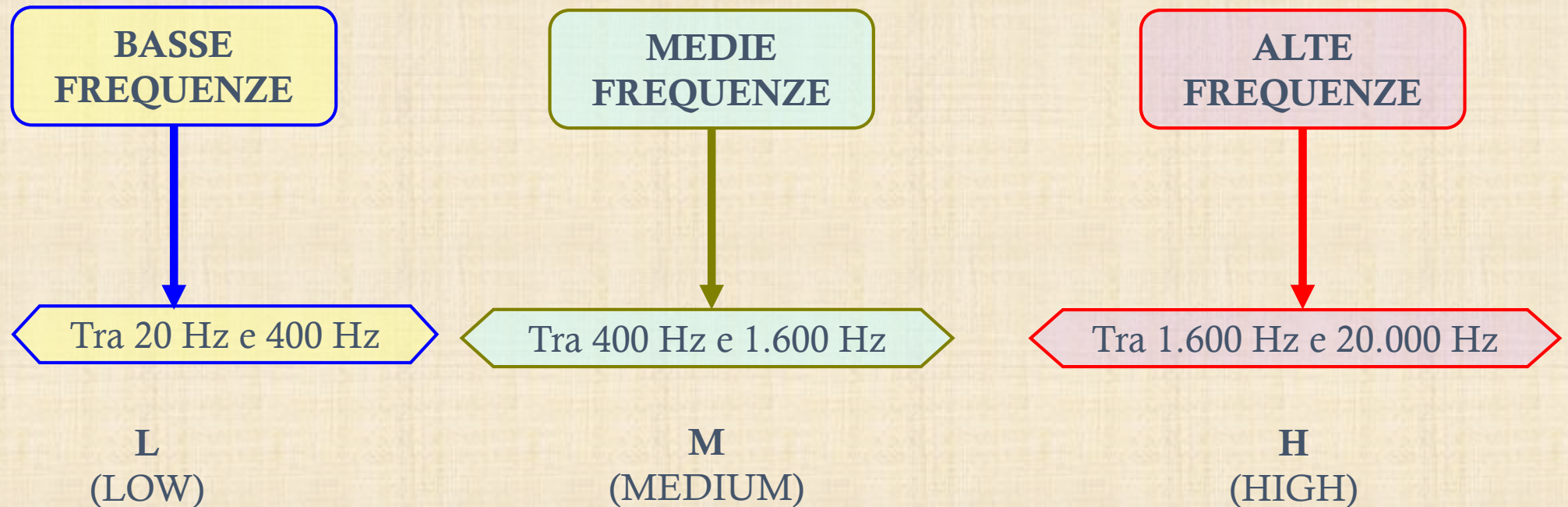
IL SIGNIFICATO DI FREQUENZA

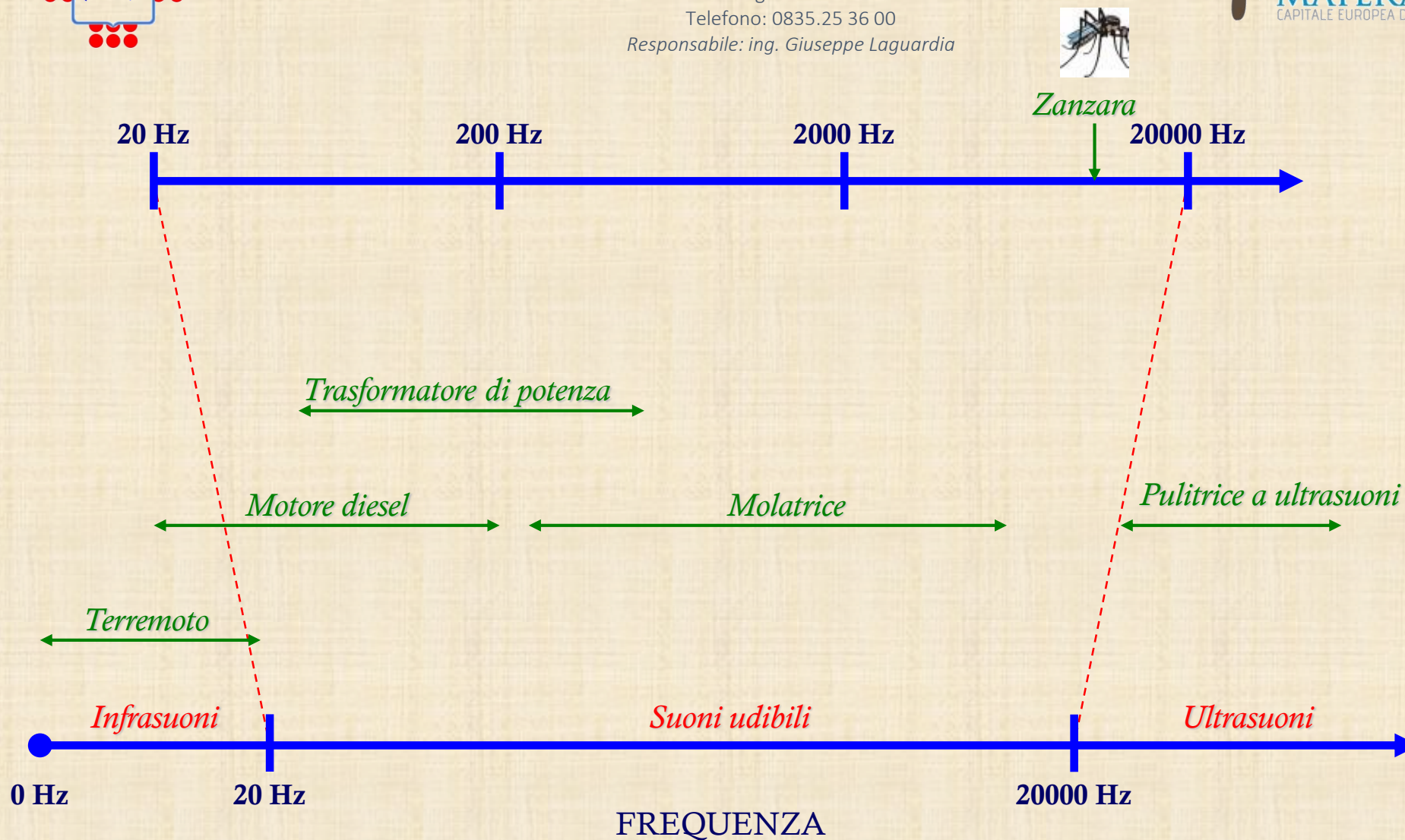
Con il termine FREQUENZA si indica il numero di cicli completi che un'ondulazione sonora compie in un secondo, si misura in Hertz (Hz).

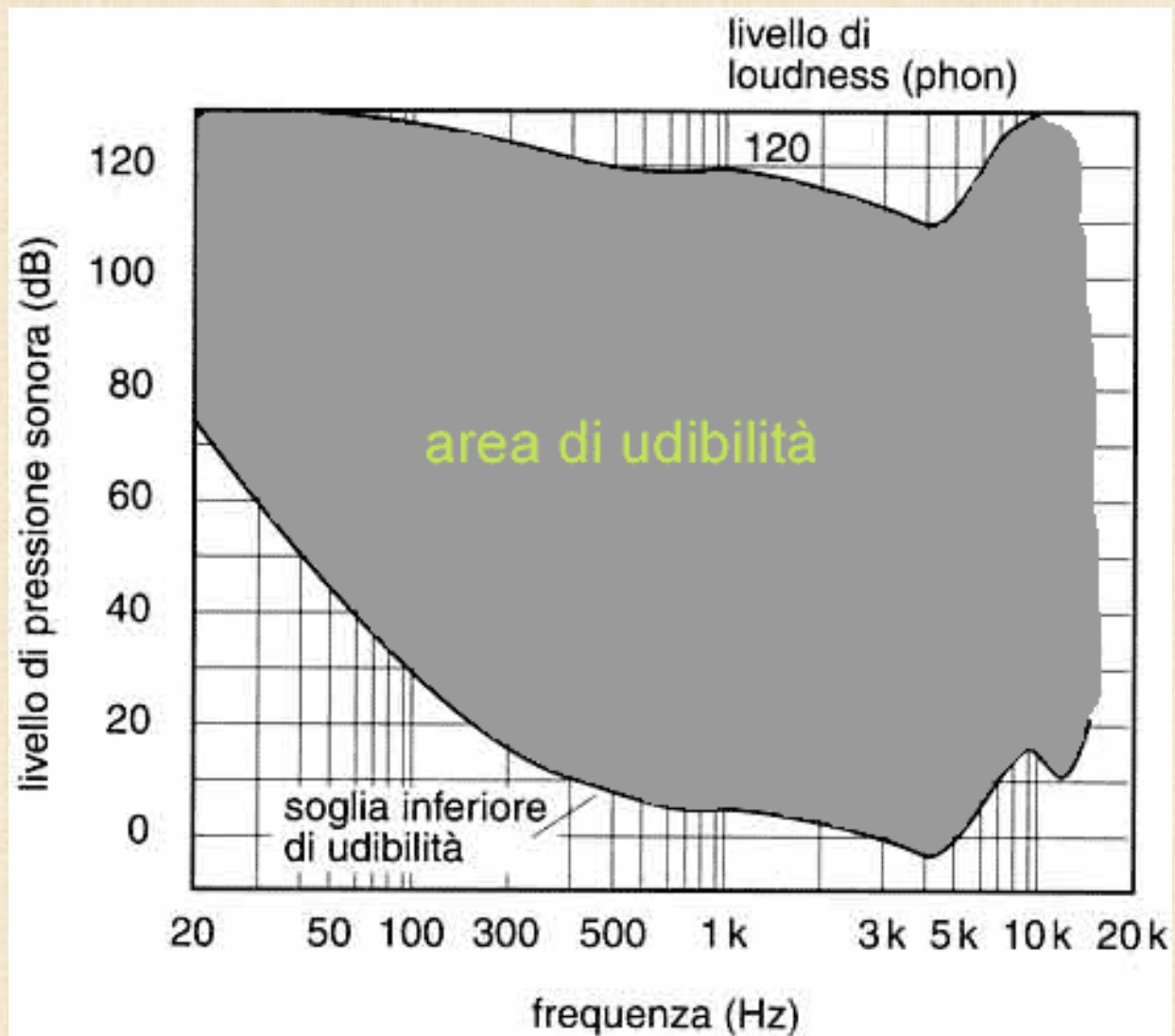
Una frequenza di un hertz ($f = 1$ Hz) significa che la vibrazione di un oggetto compie un movimento avanti e indietro nell'intervallo di un secondo; una frequenza di 100 Hz significa che la vibrazione di una molecola compie cento movimenti avanti e indietro nell'intervallo di un secondo.



Le frequenze che siamo in grado di percepire vanno dai 20 Hz fino ai 20.000 Hz; tale campo è generalmente suddiviso in tre gruppi.







LA SENSAZIONE SONORA

ppeak e LEX



ppeak [pressione acustica di picco]

Valore massimo della pressione acustica istantanea ponderata in frequenza "C"

LEX,8h [livello di esposizione giornaliera al rumore]

Valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione al rumore per una giornata lavorativa nominale di otto ore



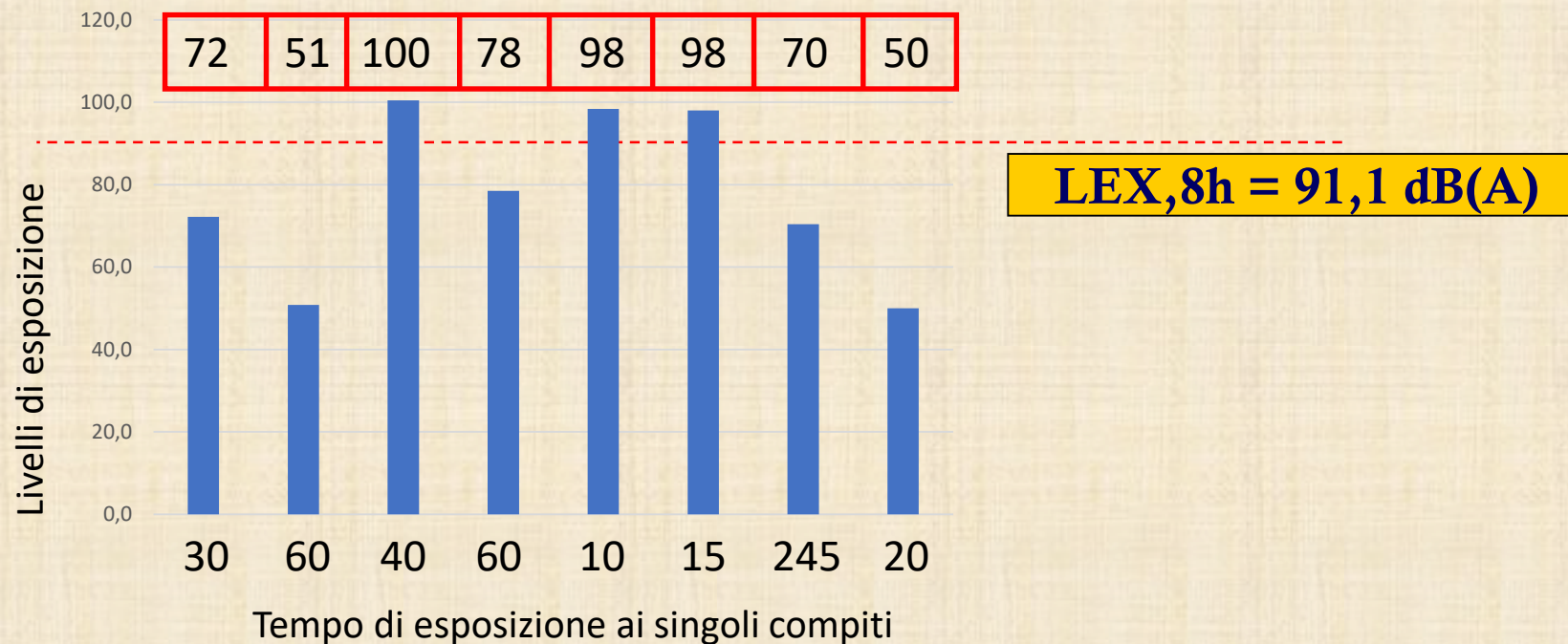
LEX,w [livello di esposizione settimanale al rumore]

Valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione giornaliera al rumore per una settimana nominale di cinque giornate lavorative di otto ore

LIMITI DI ESPOSIZIONE PREVISTI DALLA NORMATIVA

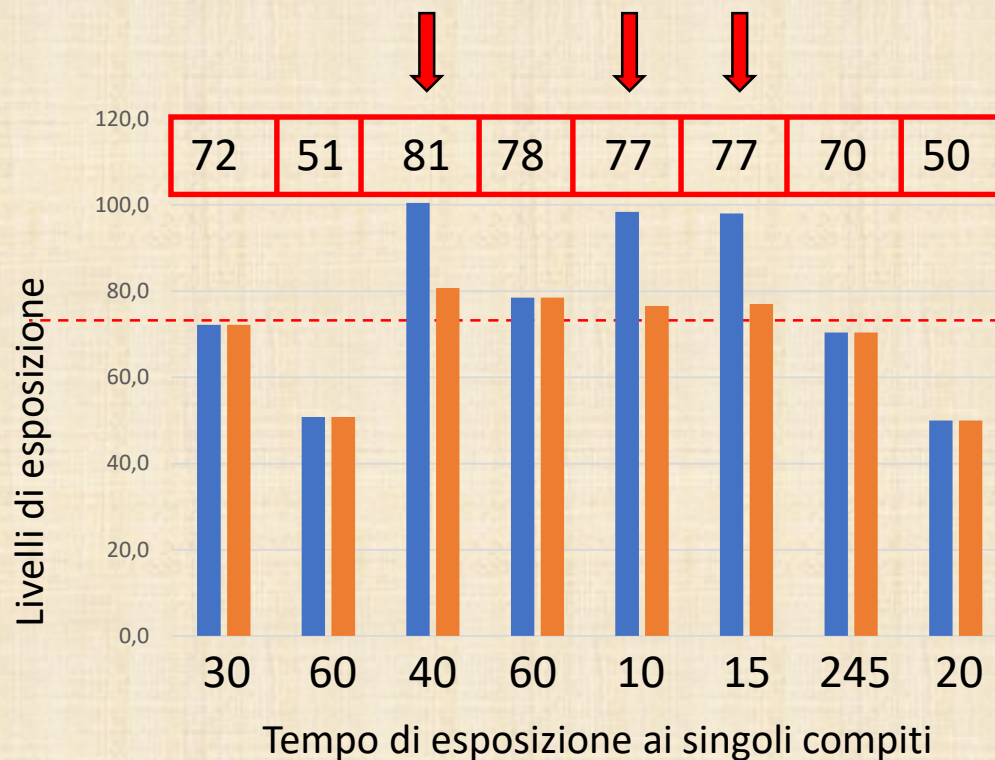
$L_{EX,8h}$ dB(A)	80	85	87
	Sorveglianza sanitaria FACOLTATIVA		Sorveglianza sanitaria OBBLIGATORIA
P_{peak} dB(C)	135	137	140
Pa	112	140	200
	Valori inferiori d'azione	Valori superiori d'azione	Valori limite di esposizione





Superamento dei valori limite di esposizione – L_{ex} 87 dB(A)

Il Datore di lavoro mette in atto tutte le misure necessarie all'eliminazione o riduzione del rischio



Abbattimento dell'esposizione del lavoratore alle fonti di rumore maggiori a 85 dB(A) mediante l'uso di dispositivi di protezione individuale

$LEX,8h = 74,4 \text{ dB(A)}$

Il Datore di lavoro, quando i rischi derivanti dal rumore non possono essere evitati con le misure di prevenzione e protezione di cui all'art. 192 del D.Lgs. 81/08, fornisce i dispositivi di protezione individuali per l'udito

.... Verifica l'efficacia dei dispositivi di protezione individuale dell'udito.



I DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE DELL'UDITO (OTOPROTETTORI)



PER OGNI DISPOSITIVO DI PROTEZIONE
DELL'UDITO IL PRODUTTORE DEVE FORNIRE
LE CARATTERISTICHE TECNICHE
SULL'ABBATTIMENTO DEL RUMORE

SNR

[Simplified Noise Reduction]
*(riduzione del rumore
semplificata)*

HML

[Attenuazione alle alte (H),
medie (M) e basse (L)
frequenze]

FREQUENZE

[Attenuazione sonora
in ottave]

Cuffia 3M - 1435

F (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf	11.6	17.2	21.7	30.4	29.2	35.4	34.4
sf	3.5	2.7	3.1	3.4	4.2	4.1	4.6
Mf-sf	8.1	14.5	18.6	27.0	25.0	31.3	29.8

SNR= 25

H= 27

M= 22

L= 15

Cuffia BILSOM - LOTON

Frequency Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000	SNR Value
Mean Value dB	12,9	15,2	24,8	34,2	32,0	36,1	28,4	26 dB
Standard Deviation dB	3,0	2,0	3,1	3,1	3,1	2,9	3,7	
Assumed Protection dB	9,9	13,2	21,7	31,1	28,9	33,2	24,7	

H= 29 dB M= 24 dB L= 16 dB

Bilsom Mach 1

SNR= 23 H= 29 M= 20 L= 13

Frequenza in HZ:	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Attenuazione media dB:	14,4	13,3	11,7	17,6	31,8	30,9	34,7	31,4
Deviazione standard dB:	3,8	2,9	1,8	2,4	2,9	2,8	2,4	4,9
Protezione presunta dB:	10,6	10,4	9,9	15,2	28,9	28,1	32,3	26,5

Inserti auricolari 3M - 1100

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	30,0	33,1	36,3	38,4	38,7	39,7	48,3	44,4
sf (dB)	3,9	5,0	7,4	6,2	5,6	4,3	4,5	4,4
Mf-sf (dB)	26,1	28,1	28,9	32,2	33,1	35,4	43,8	40,0

SNR=37dB

H=37dB

M=34dB

L=31dB

Inserti auricolari EAR - CLASSIC

ValueType	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	H (dB)	M (dB)	L (dB)	SNR (dB)
Mean att	22.3	23.3	24.6	26.9	27.4	34.1	41.6	40.4	30	24	22	28
Stand dev	5.4	5.3	3.6	5.4	4.8	3.1	3.5	6.4				
APV	16.9	18.1	20.9	21.5	22.6	30.9	38.1	34				

Bilsom PerCap

SNR= 24 H= 27 M= 20 L= 18

Frequenza in HZ:	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Attenuazione media dB:	21,4	22,5	21,5	19,0	22,6	30,3	35,7	38,8
Deviazione standard dB:	4,8	3,5	3,6	2,9	2,7	3,1	4,2	4,3
Protezione presunta dB:	16,6	19,0	17,9	16,1	19,9	27,2	31,5	34,5

L'ADEGUATEZZA DEL DISPOSITIVO DI PROTEZIONE INDIVIDUALE

Livello sonoro continuo equivalente calcolato tenendo conto del dispositivo di protezione auricolare	Livello di protezione
Maggiore di 80 dB	INSUFFICIENTE
Da 75 a 80 dB	ACCETTABILE
Da 70 a 75 dB	BUONA
Da 65 a 70 dB	ACCETTABILE
Minore di 65 dB	TROPPO ALTA

SOSTANZE OTOTOSSICHE

- Viene definita come una **sostanza che può danneggiare le strutture e/o la funzione dell'orecchio interno e le vie neurali collegate.**
- L'effetto combinato delle sostanze ototossiche, per inalazione o per contatto cutaneo, e dell'esposizione al rumore è particolarmente dannoso per l'udito.
- La loro presenza causa uno stato anormale dell'orecchio interno, **rendendolo particolarmente vulnerabile ai danni meccanici dovuti al rumore.**
- Le sostanze ototossiche vengono generalmente classificate in «non occupazionali» e «occupazionali».

SOSTANZE OTOTOSSICHE

- ❑ Nel primo caso, esse sono costituite essenzialmente da farmaci (antibiotici, amino-glicosidi, diuretici dell'ansa, l'acido etacrinico, ecc.).
- ❑ Nel secondo caso, esse sono individuate sostanzialmente nei solventi (toluene, stirene, etilbenzene, ecc.), nei metalli (piombo, mercurio, manganese), negli asfissianti (monossido di carbonio, acido cianidrico). Inoltre, molti agenti chimici impiegati nel settore dell'agricoltura sono potenzialmente ototossici.
- ❑ Il danno uditivo si presenta se l'esposizione a queste avviene a concentrazioni sufficientemente alte che, peraltro, possono essere anche inferiori a quelle per cui la sostanza è considerata tossica sotto altri aspetti (rischio chimico).
- ❑ Inoltre, è stato dimostrato che l'azione ototossica viene anche amplificata dalla presenza di rumore anche a livelli inferiori ad 85 dB(A) e dalla compresenza di più sostanze ototossiche.

VALUTAZIONE DEL RISCHIO: EFFETTI EXTRAUDITIVI

Andrà valutato il rischio in relazione alla possibile insorgenza di effetti extrauditivi dovuti al rumore nei seguenti ambiti:

- attività scolastiche, ricreative, sportive e assimilabili
- **uffici**
- **laboratori di analisi e di ricerca**
- **attività sanitarie**
- attività commerciali

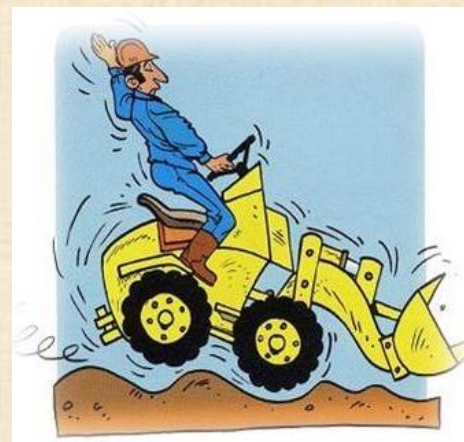
I livelli di esposizione sonora rilevabili in questo tipo di ambienti solitamente non dovrebbero essere di entità tale da causare danni all'apparato uditivo, pertanto non è generalmente appropriato utilizzare i criteri valutativi prescritti dal D.lgs. 81/2008 al titolo VIII Capo II, basati sulla valutazione del $L_{EX,8h}$ ed il confronto con i valori limite di esposizione, valevoli per la prevenzione degli effetti uditivi del rumore.

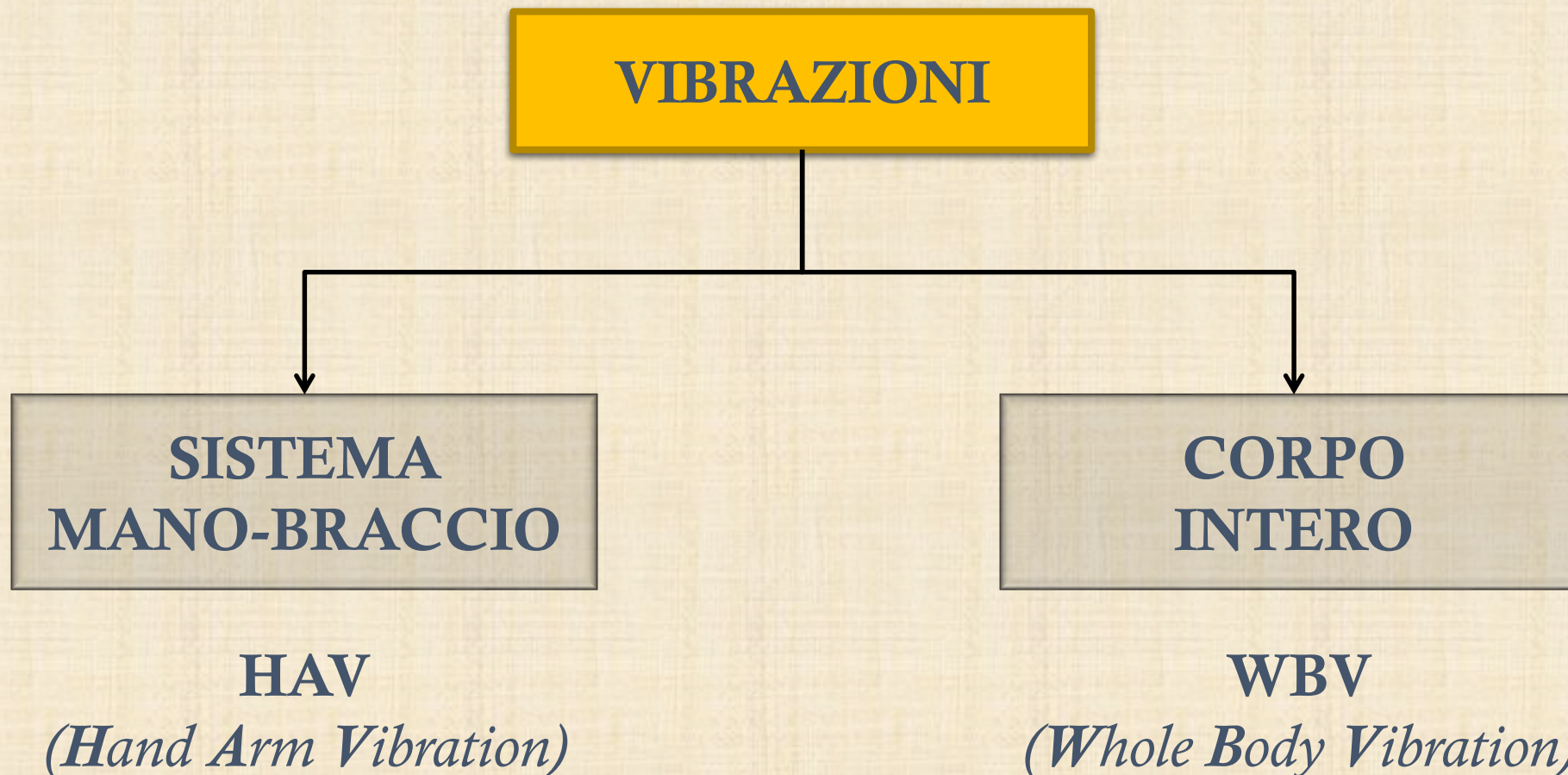
La valutazione del rischio rumore per questo tipo di ambienti va inquadrata nell'ambito della prevenzione dell'insorgenza di effetti extra uditivi, quali fenomeni di disturbo (annoyance) e di disagio, che possono avere importanti effetti sulla salute dei lavoratori.



Approfondimento

Vibrazioni





Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio

Vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al sistema mano-braccio nell'uomo, comportano un rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici o muscolari.



Vibrazioni trasmesse al corpo intero

Vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al corpo intero, comportano rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare lombalgie e traumi del rachide.



BANDE DI FREQUENZA DELLE VIBRAZIONI

$$f < 2 \text{ Hz}$$

- Vibrazioni di **bassa frequenza**, tipiche dei mezzi di trasporto.

$$2 \leq f \leq 20 \text{ Hz}$$

- Vibrazioni di **media frequenza**, generate da macchinari e impianti industriali.

$$f > 20 \text{ Hz}$$

- Vibrazioni di **alta frequenza**, tipiche degli strumenti vibranti che vengono utilizzati in moltissime attività lavorative.

Esposizione giornaliera a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio $A_{HAV}(8)$ - $[m/s^2]$: valore mediato nel tempo, ponderato in frequenza, delle accelerazioni misurate per una giornata lavorativa nominale di otto ore.



Esposizione giornaliera a vibrazioni trasmesse al corpo intero $A_{WBV}(8)$ - $[m/s^2]$: valore mediato nel tempo, ponderato, delle accelerazioni misurate per una giornata lavorativa nominale di otto ore.

LIMITI DI ESPOSIZIONE PREVISTI DALLA NORMATIVA

CORPO INTERO



VALORE LIMITE GIORNALIERO DI ESPOSIZIONE SU PERIODI BREVI

CORPO INTERO = 1,5 m/s²

SISTEMA MANO-BRACCIO = 20 m/s²



I DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE CONTRO LE VIBRAZIONI MECCANICHE



Rischio da radiazioni



Approfondimento



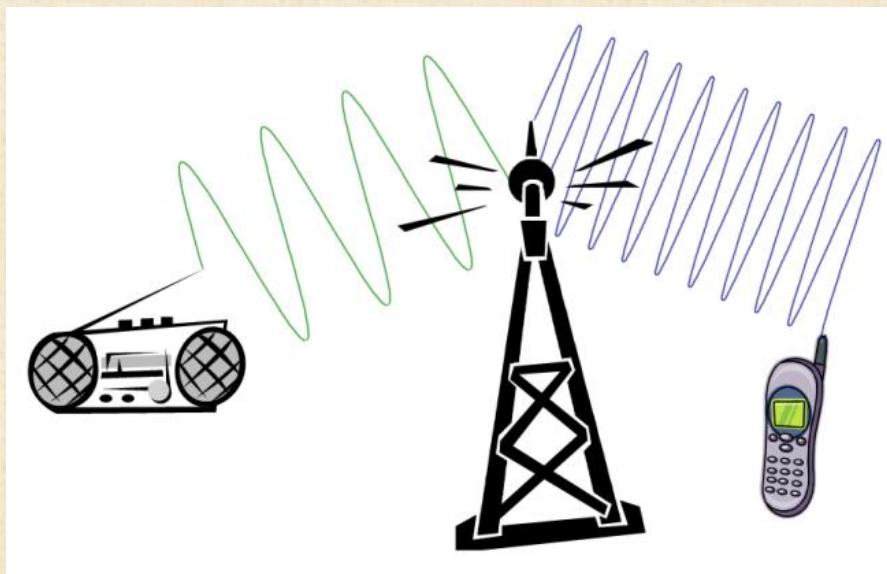
COSA È UNA RADIAZIONE?

Il termine “radiazione” può essere riferito ad una serie di avvenimenti molto complessi e differenti fra loro, sia per natura che per effetti sull’uomo. In generale indica il fenomeno per cui dalla materia viene emessa energia sotto forma di particelle o di onde elettromagnetiche, che si propagano nello spazio circostante andando a interagire o meno con cose e persone che trovano sul loro passaggio. Una prima distinzione può essere fatta in base agli effetti che provocano le radiazioni sulla materia con la quale vanno ad impattare.

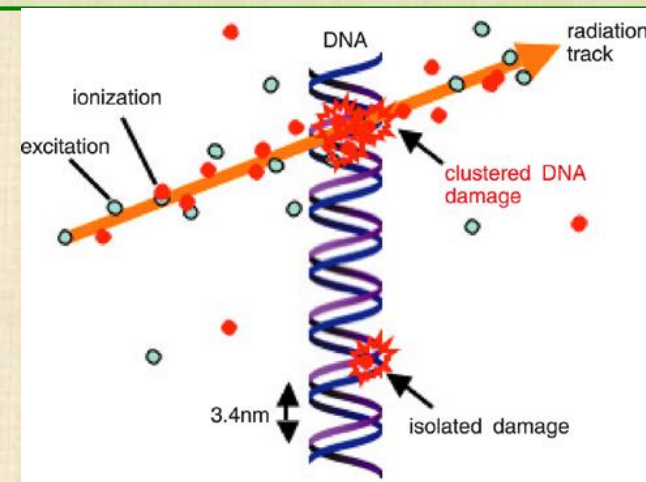
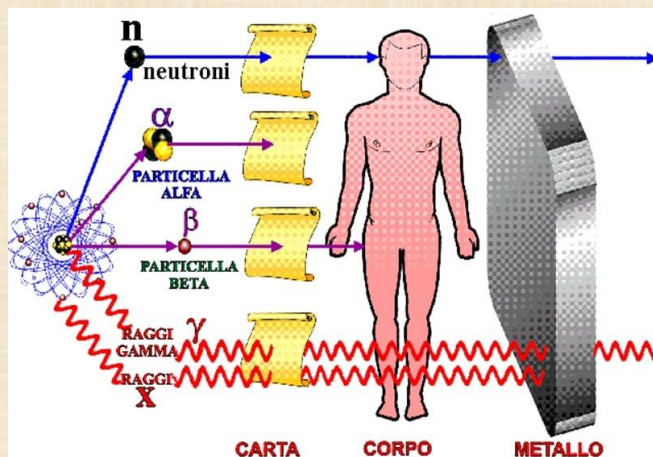
Su questa base si può fare una distinzione fra:

- **radiazioni ionizzanti;**
- **non ionizzanti.**

Con il termine "**radiazioni non ionizzanti**" si comprendono quelle forme di radiazioni non in grado di provocare la rottura di legami elettronici della materia e che portino alla formazione di coppie di particelle aventi carica opposta.



Le "radiazioni ionizzanti" sono dotate di un potere altamente penetrante, che permette loro di ionizzare la materia e cioè di riuscire a separare gli elettroni dagli atomi che incontrano nel loro percorso. Di conseguenza gli atomi perdono la loro neutralità (che consiste nell'avere un uguale numero di protoni e di elettroni) e si caricano elettricamente¹. La ionizzazione può causare negli organismi viventi fenomeni chimici che portano a lesioni osservabili sia a livello cellulare che dell'organismo, con conseguenti alterazioni funzionali e morfologiche, fino alla morte delle cellule o alla loro radicale trasformazione.



D.Lgs.
230/1995

Le figure professionali che operano in radiologia interventistica, per le quali esistono precisi riferimenti normativi sono per la radioprotezione del lavoratore:

- **l'esperto qualificato**, è lo specialista che si occupa della sorveglianza fisica (radioprotezione) dei lavoratori e della popolazione contro i rischi derivanti dall'impiego di radiazioni ionizzanti e la cui competenza è riconosciuta e attestata dalla vigente normativa, e che abbia ottenuto l'abilitazione presso il Ministero del Lavoro e conseguentemente essere iscritto in un apposito elenco nazionale istituito presso lo stesso Ministero;
- **il medico incaricato della sorveglianza medica** (dei lavoratori esposti alle radiazioni ionizzanti), uno specialista che ha il compito della sorveglianza medica dei lavoratori esposti a radiazioni ionizzanti mediante l'effettuazione di visite mediche e accertamenti complementari necessari all'espressione del giudizio di idoneità al rischio.

Campi elettromagnetici

Si intendono per **campi elettromagnetici**: campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo di frequenza inferiore o pari a 300GHz.



La terra, l'atmosfera e il sole da sempre generano un fondo elettromagnetico naturale, al quale si sono aggiunti, come conseguenza del progresso tecnologico, i campi prodotti dalle sorgenti legate all'attività antropica, campi che hanno provocato un notevole innalzamento di tale fondo naturale. Gli esseri viventi hanno da sempre convissuto con tali radiazioni, evolvendosi in modo da adattarsi ad esse, proteggersi o utilizzare al meglio questi agenti fisici. La componente principale di quelle che vengono definite radiazioni non ionizzanti è costituita dalle onde elettromagnetiche comprese nell'arco di frequenza 0-300 GHz. I campi elettromagnetici si propagano come onde (onde elettromagnetiche) che si differenziano sulla base della frequenza.

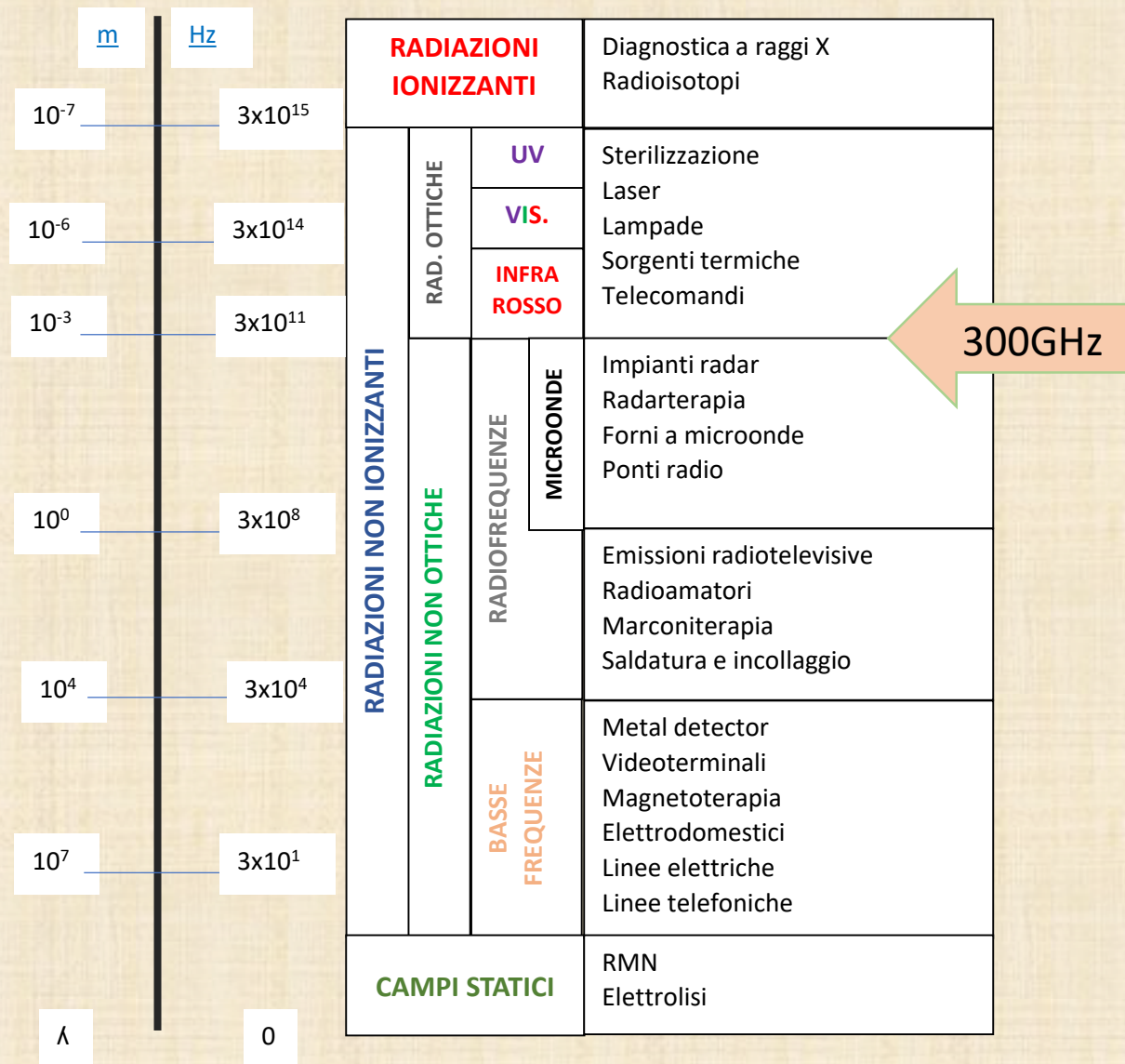
Le onde elettromagnetiche possono quindi essere classificate in base ad essa.

Per questo motivo, le sorgenti di onde elettromagnetiche comprese nel range di frequenza 0-300 GHz, vengono suddivise in tre categorie principali:

- sorgenti di campi a bassa frequenza (fino a 300 Hz), comunemente definiti come campi ELF (Extremely Low Frequency), dovute essenzialmente al sistema di produzione, distribuzione e utilizzo dell'energia elettrica (linee elettriche, cabine di trasformazione, elettrodomestici, ecc.) che in Italia presenta una frequenza industriale costante pari a 50 Hz;
- sorgenti di campi a radio-frequenza, comunemente definiti come campi RF (Radio Frequency - fra i 100 kHz e i 300 MHz) dovute generalmente agli impianti di ricetrasmisione radio e tv;
- sorgenti di campi a Micro Onde o MO (fra i 300 MHz e i 300 GHz) dovute agli impianti per cellulari o ai ponti radio che prevedono frequenze molto più alte, comprese tra 100 kHz e 300 GHz.

Principali impieghi delle varie bande di frequenza

Nome	Simbolo	Estensione	Lunghezza d'onda	Applicazioni
Extremely low frequency	ELF	da 3 a 30 Hz	da 100.000 km a 10.000 km	comunicazioni tra sottomarini
Super low frequency	SLF	da 30 a 300 Hz	da 10.000 km a 1.000 km	distribuzione di energia elettrica (50 hertz e 60 hertz)
Ultra low frequency	ULF	da 300 Hz a 3 kHz	da 1.000 km a 100 km	rilevamento dei minerali
Very low frequency	VLF	da 3 a 30 kHz	da 100 km a 10 km	LORAN, apparati per la navigazione aerea
Low frequency	LF	da 30 a 300 kHz	da 10 km a 1 km	trasmissioni internazionali, radiofari
Medium frequency	MF	da 300 a 3000 kHz	da 1 km a 100 m	radiofari, trasmissioni radio AM, comunicazioni marittime e aeronautiche
High frequency	HF	da 3 a 30 MHz	da 100 m a 10 m	shortwave, banda cittadina, NFC
Very high frequency	VHF	da 30 a 300 MHz	da 10 m a 1 m	trasmissioni radio FM, trasmissioni televisive, aviazione
Ultra high frequency	UHF	da 300 a 3000 MHz	da 100 cm a 10 cm	trasmissioni televisive, telefono cellulare, reti wireless, forni a microonde, satelliti orbitanti, radiomicrofoni
Super high frequency	SHF	da 3 a 30 GHz	da 10 cm a 1 cm	reti wireless, radar, satelliti orbitanti
Extremely high frequency	EHF	da 30 a 300 GHz	da 10 mm a 1 mm	Microonde, radioastronomia, sistemi d'arma avanzati, scanner di sicurezza



ALLEGATO XXXVI del D.Lgs. 81/08

Parte I - GRANDEZZE FISICHE CONCERNENTI L'ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTRICI

Le seguenti grandezze fisiche sono utilizzate per descrivere l'esposizione ai campi elettromagnetici:

L'intensità di campo elettrico (E) è una quantità vettoriale che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in volt per metro (Vm^{-1}).

È necessario distinguere il campo elettrico ambientale rispetto al campo elettrico presente all'interno del corpo (in situ) a seguito dell'esposizione al campo elettrico ambientale.

La corrente attraverso gli arti (IL) è la corrente che attraversa gli arti di una persona esposta a campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenze comprese tra 10 MHz e 110 MHz a seguito del contatto con un oggetto in un campo elettromagnetico o del flusso di correnti capacitive indotte nel corpo esposto. È espressa in ampere (A).

La corrente di contatto (IC) è una corrente che compare quando una persona entra in contatto con un oggetto conduttore a diverso potenziale elettrico all'interno di un campo elettromagnetico. È espressa in ampere (A). Una corrente di contatto stabile nel tempo si verifica quando la persona è in contatto continuo con un oggetto all'interno di un campo elettromagnetico. Nel momento in cui si stabilisce tale contatto, può verificarsi una scarica di scintille con correnti transitorie associate.

La carica elettrica (Q) è la grandezza impiegata per le scariche elettriche ed è espressa in coulomb (C).

L'intensità di campo magnetico (H) è una grandezza vettoriale che, insieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in ampere per metro (Am^{-1}).

L'induzione magnetica (B) è una grandezza vettoriale che determina una forza che agisce sulle cariche in movimento. È espressa in tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono intercambiabili in base alla seguente equivalenza: intensità di campo magnetico (H) pari a $1 \text{ Am}^{-1} =$ induzione magnetica (B) pari a $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$ (circa 1,25 microtesla).

Densità di potenza (S). Questa grandezza si impiega nel caso delle frequenze molto alte, per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è piccola. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione; è espressa in watt per metro quadrato (Wm^{-2}).

Assorbimento specifico di energia (SA). E' l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in joule per chilogrammo (Jkg^{-1}). Nel presente decreto, questa grandezza è utilizzata per la definizione dei limiti per gli effetti sensoriali derivanti da esposizioni a microonde pulsate.

Tasso di assorbimento specifico di energia (SAR). Si tratta del valore mediato, su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa di tessuto corporeo, ed è espresso in watt per chilogrammo (Wkg^{-1}). Il SAR riferito a tutto il corpo (a corpo intero) è una grandezza ampiamente accettata per porre in rapporto gli effetti termici nocivi (sanitari) all'esposizione alle radiofrequenze (RF). Oltre al valore del SAR medio a corpo intero, sono necessari anche valori del SAR locale per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a particolari condizioni di esposizione, quali ad esempio il caso di un individuo esposto a RF di frequenze di pochi MHz (ad esempio provenienti da riscaldatori dielettrici), e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

Tra le grandezze sopra citate, possono essere misurate direttamente l'induzione magnetica (B), la corrente di contatto (IC), la corrente attraverso gli arti (IL), l'intensità di campo elettrico (E), l'intensità di campo magnetico (H) e la densità di potenza (S).

Parte II - EFFETTI NON TERMICI

Valori Limite di Esposizione e Valori di Azione nell'intervallo di frequenze tra 0 Hz E 10 Mhz

A. Valori Limite di Esposizione (VLE)

I VLE per le frequenze inferiori a 1 Hz (Tabella A1) sono limiti per il campo magnetico statico, la cui misurazione non è influenzata dalla presenza del soggetto esposto.

I VLE per le frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz (tabella A2) sono limiti per i campi elettrici indotti all'interno del corpo (in situ) a seguito dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo.

VLE per l'induzione magnetica esterna a frequenze tra 0 e 1 Hz

Il VLE relativo agli effetti sensoriali è il VLE applicabile in condizioni di lavoro normali (tabella A1) ed è correlato alla prevenzione di nausea e vertigini dovute a disturbi sull'organo dell'equilibrio, e di altri effetti fisiologici, conseguenti principalmente al movimento del soggetto esposto all'interno di un campo magnetico statico.

Il VLE relativo agli effetti sanitari in condizioni di lavoro controllate (tabella A1) è applicabile su base temporanea durante il turno di lavoro, ove giustificato dalla pratica o dal processo produttivo, purché siano state adottate le misure di prevenzione di cui all'articolo 208, comma 4.

Tabella A1

VLE per l'induzione magnetica esterna (B_0) per frequenze comprese tra 0 e 1 Hz

	VLE relativi agli effetti sensoriali [T]
Condizioni di lavoro normali	2
Esposizione localizzata degli arti	8
	VLE relativi agli effetti sanitari [T]
Condizioni di lavoro controllate	8

VLE relativi agli effetti sanitari per il campo elettrico interno (in situ) per frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz

I VLE relativi agli effetti sanitari (tabella A2) sono correlati alla stimolazione elettrica di tutti i tessuti del sistema nervoso centrale e periferico nel corpo, compresa la testa.

Tabella A2

VLE relativi agli effetti sanitari per l'intensità di campo elettrico interno a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz

Intervallo di frequenza	VLE relativi agli effetti sanitari [Vm^{-1}] (valore di picco)
$1 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	1,1
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$3,8 \times 10^{-4} f$

VLE relativi agli effetti sensoriali per il campo elettrico interno (in situ) per frequenze comprese tra 1 Hz e 400 Hz

I VLE relativi agli effetti sensoriali (tabella A3) sono correlati agli effetti del campo elettrico interno sul sistema nervoso centrale nella testa, tra cui fosfeni e modifiche minori e transitorie di talune funzioni cerebrali

Tabella A3

VLE relativi agli effetti sensoriali per il campo elettrico interno a frequenze comprese tra 1 Hz e 400 Hz

<i>Intervallo di frequenza</i>	<i>VLE relativi agli effetti sensoriali [Vm⁻¹] (valore di picco)</i>
<i>1 Hz ≤ f < 10 Hz</i>	<i>0,7/f</i>
<i>10 Hz ≤ f < 25 Hz</i>	<i>0,07</i>
<i>25 Hz ≤ f ≤ 400 Hz</i>	<i>0,0028 f</i>

B. Valori di Azione (VA)

I valori di azione (VA), espressi nelle grandezze fisiche misurabili di seguito riportate, consentono una valutazione semplificata della conformità ai pertinenti VLE. In particolare il rispetto dei VA garantisce il rispetto dei pertinenti VLE, mentre il superamento dei VA medesimi corrisponde all'obbligo di adottare le pertinenti misure di prevenzione e protezione di cui all'articolo 210:

- VA (E) inferiori e VA (E) superiori, per i campi elettrici ambientali variabili nel tempo, come indicati nella tabella B1;
- VA (B) inferiori e VA (B) superiori, per l'induzione magnetica ambientale variabile nel tempo, come indicati nella tabella B2;
- VA (IC) per la corrente di contatto, come indicati nella tabella B3;
- VA (B0) per l'induzione magnetica di campi magnetici statici, come indicati nella tabella B4.

I VA per E e B corrispondono ai valori del campo elettrico e magnetico imperturbati, calcolati o misurati sul posto di lavoro nello spazio occupato dal corpo del lavoratore, in assenza di questi. Il valore di B0 non è perturbato dalla presenza del soggetto esposto.

Valori di azione (VA) per esposizione a campi elettrici

I VA inferiori (tabella B1, seconda colonna) per il campo elettrico ambientale sono stabiliti al fine di prevenire scariche elettriche nell'ambiente di lavoro, e garantiscono il rispetto dei VLE (tabelle A2 e A3).

I VA superiori (tabella B1, terza colonna) garantiscono anch'essi il rispetto dei VLE (tabelle A2 e A3), ma non assicurano l'assenza di scariche elettriche a meno che non siano intraprese le misure di protezione di cui all'articolo 210, comma 5.

Tabella B1

VA per i campi elettrici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz

<i>Intervallo di frequenza</i>	<i>VA (E) inferiori per l'intensità del campo elettrico [Vm^{-1}] (valori RMS)</i>	<i>VA (E) superiori per l'intensità del campo elettrico [Vm^{-1}] (valori RMS)</i>
$1 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50 \text{ Hz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$1,0 \times 10^6 / f$
$1,64 \leq f < 3 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

Valori di azione (VA) per esposizione a campi magnetici

I VA superiori (tabella B2, terza colonna) garantiscono il rispetto dei VLE relativi agli effetti sanitari correlati alla stimolazione elettrica dei tessuti nervosi periferici e centrali (tabella A2). L'osservanza dei VA superiori assicura che non siano superati i VLE relativi agli effetti sanitari ma, se l'esposizione della testa supera i VA inferiori per esposizioni a frequenze fino a 400 Hz, sono possibili effetti sensoriali, come fosfeni o modifiche minori e transitorie

dell'attività cerebrale. In tal caso, ove giustificato dalla pratica o dal processo produttivo, è possibile applicare l'articolo 208, comma 3, lettera b).

I VA inferiori (tabella B2, seconda colonna), garantiscono per le frequenze al di sotto di 400 Hz il rispetto dei VLE relativi agli effetti sensoriali (tabella A3), mentre per le frequenze al di sopra di 400 Hz coincidono con i VA superiori assicurando il rispetto dei VLE relativi agli effetti sanitari (tabella A2).

I VA per l'esposizione degli arti (tabella B2, quarta colonna) garantiscono il rispetto dei VLE per gli effetti sanitari relativi alla stimolazione elettrica dei tessuti limitatamente agli arti, tenuto conto del fatto che il campo magnetico presenta un accoppiamento più debole negli arti che nel corpo intero. Questi valori possono essere utilizzati in caso di esposizione strettamente confinata agli arti, restando ferma la necessità di valutare il rispetto dei VA su tutto il corpo del lavoratore.

Tabella B2

VA per i campi magnetici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz

Intervallo di frequenza	VA (B) inferiori per l'induzione magnetica [μT] (valori RMS)	VA (B) superiori per l'induzione magnetica [μT] (valori RMS)	VA (B) per l'induzione magnetica per esposizione localizzata degli arti [μT] (valori RMS)
$1 \leq f < 8 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^5 / f^2$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$8 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,5 \times 10^4 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$25 \leq f < 300 \text{ Hz}$	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$3,0 \times 10^3 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Tabella B3

VA per la corrente di contatto I_C

Frequenza	VA (I_C) corrente di contatto stabile nel tempo [mA] (RMS)
fino a 2,5 kHz	1,0
$2,5 \leq f < 100 \text{ kHz}$	$0,4 f$
$100 \text{ kHz} \leq f \leq 10000 \text{ kHz}$	40

Valori di azione (VA) per l'induzione magnetica esterna (B_0) di campi magnetici statici ai fini della prevenzione da effetti e rischi indiretti

Tabella B4

VA per l'induzione magnetica di campi magnetici statici

<i>Rischi</i>	<i>VA (B_0) [mT]</i>
<i>Interferenza con dispositivi impiantabili attivi, ad esempio stimolatori cardiaci</i>	<i>0,5</i>
<i>Rischio di attrazione e propulsivo nel campo periferico di sorgenti ad alta intensità (> 100 mT)</i>	<i>3</i>

Parte III - EFFETTI TERMICI

Valori Limite di Esposizione e Valori di Azione nell'intervallo di Frequenze Tra 100 KHZ e 300 GHZ

A. Valori Limite di Esposizione (VLE)

I VLE relativi agli effetti sanitari per le frequenze comprese tra 100 kHz e 6 GHz (tabella A1) sono riferiti alla potenza (energia per unità di tempo) assorbita per unità di massa di tessuto corporeo, derivante da esposizione a campi elettrici, magnetici, ed elettromagnetici.

Il VLE relativo agli effetti sensoriali per le frequenze comprese tra 0,3 e 6 GHz (tabella A2) è riferito all'energia assorbita per ogni piccola massa (10 g) di tessuto all'interno della testa, derivante da esposizione a campi elettromagnetici, ed è finalizzato alla prevenzione degli effetti uditivi provocati da esposizioni della testa a microonde pulsate.

I VLE relativi agli effetti sanitari per le frequenze superiori a 6 GHz (tabella A3) sono riferiti alla densità di potenza di onda elettromagnetica incidente sulla superficie corporea.

Tabella A1

VLE relativi agli effetti sanitari per esposizione a campi elettromagnetici a frequenze comprese tra 100 kHz e 6 GHz

<i>VLE relativi agli effetti sanitari</i>	<i>Valori di SAR mediati per ogni periodo di sei minuti [Wkg⁻¹]</i>
<i>VLE relativo allo stress termico sistemico, espresso come SAR medio a corpo intero</i>	0,4
<i>VLE relativo allo stress termico localizzato nella testa e nel tronco, espresso come SAR locale (nella testa e nel tronco)</i>	10
<i>VLE relativo allo stress termico localizzato, negli arti, espresso come SAR locale (negli arti)</i>	20

Tabella A2

VLE relativo agli effetti sensoriali per esposizione a campi elettromagnetici a frequenze comprese tra 0,3 e 6 GHz

<i>Intervallo di frequenza</i>	<i>Assorbimento specifico locale di energia nella testa (SA) [mJkg⁻¹]</i>
$0,3 \leq f \leq 6 \text{ GHz}$	10

Tabella A3

VLE relativo agli effetti sanitari per esposizione a campi elettromagnetici di frequenze comprese tra 6 GHz e 300 GHz

<i>Intervallo di frequenza</i>	<i>Densità di potenza [Wm⁻²]</i>
$6 \text{ GHz} \leq f \leq 300 \text{ GHz}$	50

B. Valori di Azione (VA)

I valori di azione (VA), espressi nelle grandezze fisiche misurabili di seguito riportate, consentono una valutazione semplificata della conformità ai pertinenti VLE. In particolare il rispetto dei VA garantisce il rispetto dei pertinenti VLE, mentre il superamento dei VA medesimi corrisponde all'obbligo di adottare le pertinenti misure di prevenzione e protezione di cui all'articolo 210:

- VA (E) per i campi elettrici ambientali variabili nel tempo, come indicati nella tabella B1;
- VA (B) per l'induzione magnetica ambientale variabile nel tempo, come indicati nella tabella B1;
- VA (S) per la densità di potenza ambientale come indicati nella tabella B1;
- VA (IC) per la corrente di contatto, come indicati nella tabella B2;
- VA (IL) per la corrente attraverso gli arti, come indicati nella tabella B2.

Valori di azione (VA) per esposizione a campi elettrici e magnetici

I VA per E e B corrispondono ai valori del campo elettrico e magnetico imperturbati, e sono intesi come valori massimi calcolati o misurati sul posto di lavoro nello spazio occupato dal corpo del lavoratore o parti specifiche di questo.

I VA (E) e VA (B) derivano dai VLE relativi al SAR e alla densità di potenza (tabelle A1 e A3). Il VA (S) viene a coincidere con il corrispondente VLE, essendo espresso nella medesima unità di misura.

Tabella B1

VA per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ambientali a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz

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]
$100 \text{ kHz} \leq f < 1 \text{ MHz}$	$6,1 \times 10^2$	$2,0 \times 10^6 / f$	-
$1 \leq f < 10 \text{ MHz}$	$6,1 \times 10^8 / f$	$2,0 \times 10^6 / f$	-
$10 \leq f < 400 \text{ MHz}$	61	0,2	-
$400 \text{ MHz} \leq f < 2 \text{ GHz}$	$3 \times 10^{-3} f^{1/2}$	$1,0 \times 10^{-5} f^{1/2}$	-
$2 \leq f < 6 \text{ GHz}$	$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	-
$6 \leq f \leq 300 \text{ GHz}$	$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	50

Tabella B2

VA per le correnti di contatto stazionarie e le correnti indotte attraverso gli arti

Intervallo di frequenza	VA (I_C) per la corrente di contatto stabile nel tempo [mA] (RMS)	VA (I_L) per la corrente indotta in qualsiasi arto [mA] (RMS)
$100 \text{ kHz} \leq f < 10 \text{ MHz}$	40	-
$10 \text{ MHz} \leq f \leq 110 \text{ MHz}$	40	100

Radiazioni Ottiche Artificiali

Per **radiazioni ottiche** si intendono tutte le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezza d'onda compresa tra **100 nm e 1 mm**.

Queste, ai fini protezionistici, sono a loro volta suddivise in:

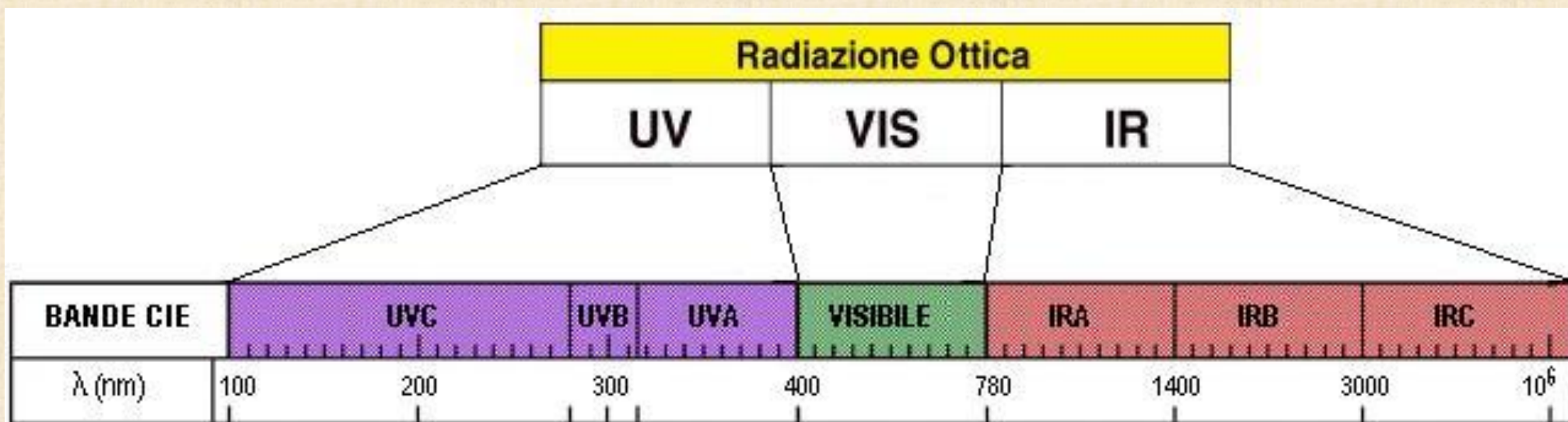
Radiazioni ultraviolette: radiazioni ottiche di lunghezza d'onda compresa tra 100 e 400 nm.

La banda degli ultravioletti è suddivisa in UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) e UVC (100-280 nm);

Radiazioni visibili : radiazioni ottiche di lunghezza d'onda compresa tra 380 e 780 nm;

Radiazioni infrarosse: radiazioni ottiche di lunghezza d'onda compresa tra 780 nm e 1 mm.

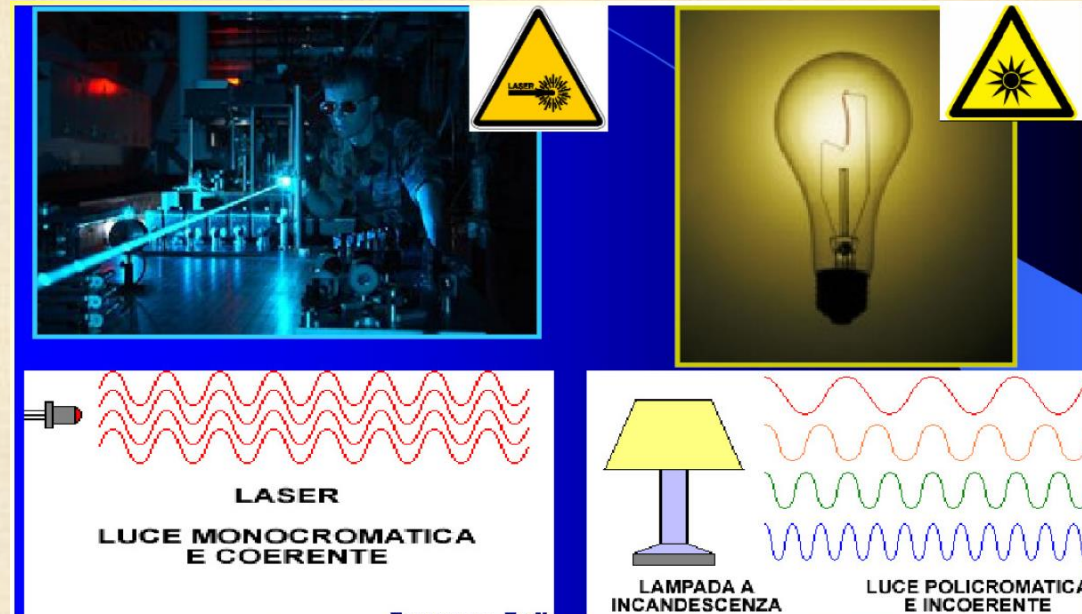
La regione degli infrarossi è suddivisa in IRA (780-1400 nm), IRB (1400-3000 nm) e IRC (3000 nm⁻¹ - 1 mm).



Le sorgenti di radiazioni ottiche possono inoltre essere classificate in **coerenti** e **non coerenti**.

Le prime emettono radiazioni in fase fra di loro (i minimi e i massimi delle radiazioni coincidono), e sono generate da LASER, mentre le seconde emettono radiazioni sfasate e sono generate da tutte le altre sorgenti non LASER e dal Sole.

Tutte le radiazioni ottiche non generate dal Sole (radiazioni ottiche naturali) sono di origine artificiale, cioè sono generate artificialmente da apparati e non dal Sole.



Art. 216 - Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi

1. Nell'ambito della **valutazione dei rischi** di cui all'articolo 181, il datore di lavoro **valuta e, quando necessario, misura e/o calcola** i livelli delle **radiazioni ottiche** a cui possono essere esposti i lavoratori.

La metodologia seguita nella valutazione, nella misurazione e/o nel calcolo rispetta le norme della Commissione elettrotecnica internazionale (IEC), per quanto riguarda le radiazioni laser, e le raccomandazioni della Commissione internazionale per l'illuminazione (CIE) e del Comitato europeo di normazione (CEN) per quanto riguarda le radiazioni incoerenti.

Nelle situazioni di esposizione che esulano dalle suddette norme e raccomandazioni, e fino a quando non saranno disponibili norme e raccomandazioni adeguate dell'Unione Europea, il datore di lavoro adotta le buone prassi individuate od emanate dalla Commissione consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e per l'igiene del lavoro o, in subordine, linee guida nazionali o internazionali scientificamente fondate.

In tutti i casi di esposizione, la valutazione tiene conto dei dati indicati dai fabbricanti delle attrezzature, se contemplate da pertinenti Direttive comunitarie di prodotto.

Art. 217 - Disposizioni miranti ad eliminare o a ridurre i rischi

1. Se la valutazione dei rischi di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), mette in evidenza che i valori limite d'esposizione possono essere superati, il datore di lavoro definisce e attua un programma d'azione che comprende misure tecniche e/o organizzative destinate ad evitare che l'esposizione superi i valori limite, tenendo conto in particolare ...
2. In base alla valutazione dei rischi di cui all'articolo 216, i luoghi di lavoro in cui i lavoratori potrebbero essere esposti a livelli di radiazioni ottiche che superino i valori limite di esposizione devono essere indicati con un'apposita segnaletica. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile.
3. Il datore di lavoro adotta le misure di cui al presente articolo alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio.

Art. 218 - Sorveglianza sanitaria

1. **La sorveglianza sanitaria viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità inferiore decisa dal medico competente con particolare riguardo ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio, tenuto conto dei risultati della valutazione dei rischi trasmessi dal datore di lavoro. La sorveglianza sanitaria è effettuata con l'obiettivo di prevenire e scoprire tempestivamente effetti negativi per la salute, nonché prevenire effetti a lungo termine negativi per la salute e rischi di malattie croniche derivanti dall'esposizione a radiazioni ottiche.**
2. **Fermo restando il rispetto di quanto stabilito dall'articolo 182 e di quanto previsto al comma 1, sono tempestivamente sottoposti a controllo medico i lavoratori per i quali è stata rilevata un'esposizione superiore ai valori limite di cui all'articolo 215.**
3. **Laddove i valori limite sono superati, oppure sono identificati effetti nocivi sulla salute:**
 - a) **il medico o altra persona debitamente qualificata comunica al lavoratore i risultati che lo riguardano. Il lavoratore riceve in particolare le informazioni e i pareri relativi al controllo sanitario cui dovrebbe sottoporsi dopo la fine dell'esposizione;**
 - b) **il datore di lavoro è informato di tutti i dati significativi emersi dalla sorveglianza sanitaria tenendo conto del segreto professionale.**

Agenti fotosensibilizzanti (da ICNIRP, 2004)

Agenti	Incidenza	Tipo di reazione	Intervallo delle lunghezze d'onda efficaci
Agenti fotosensibilizzanti dopo somministrazione locale			
Solfonammidi e prodotti chimici associati (schermi solari, sbiancanti ottici)	n.d.*	fitotossica e fotoallergica	290 - 320 nm
Disinfettanti (composti di salicilanilide in saponi e deodoranti)	n.d.	fitotossica e fotoallergica	290 - 400 nm
Fenotiazine (creme, coloranti e insetticidi)	n.d.	fitotossica e fotoallergica	320 nm - Visibile
Coloranti	n.d.	fitotossica iperpigmentazione	Visibile
Catrame di carbone e derivati (composti fenolici)	n.d.	fitotossica	340 - 430 nm
Oli essenziali (profumi e acque di colonia)	n.d.	fitotossica iperpigmentazione	290 - 380 nm
Composti furocumarinici (psoraleni)	n.d.	fitotossica iperpigmentazione	290 - 400 nm
Solfuro di cadmio (tatuaggi)	n.d.	fitotossica	380 - 445 nm
Agenti fotosensibilizzanti dopo somministrazione orale o parenterale			
Amiodarone	Alta	fitotossica	300 - 400 nm
Diuretici a base di tiazide	Media	fotoallergica	300 - 400 nm
Clorpromazina e fenotiazine associate	Media	fitotossica e fotoallergica	320 - 400 nm
Acido nalidixico	Alta	fitotossica	320 - 360 nm
Farmaci antinfiammatori non steroidei	Bassa	fitotossica e fotoallergica	310 - 340 nm
Protriptilina	Alta	fitotossica	290 - 320 nm
Psoraleni	Alta	fitotossica	320 - 380 nm
Sulfamidici (batteriostatici e antidiabetici)	Bassa	fotoallergica	315 - 400 nm
Tetracicline (antibiotici)	Media	fitotossica	350 - 420 nm

*n.d. – non disponibile

ALLEGATO XXXVII del D.Lgs. 81/08 Parte I - Radiazioni ottiche non coerenti

Tabella 1.1

Valori limiti di esposizione per radiazioni ottiche non coerenti

Indice	Lunghezza d'onda nm	Valori limite di esposizione	Unità	Commenti	Parte del corpo	Rischio
a.	180-400 (UVA, UVB e UVC)	$H_{\text{eff}} = 30$ Valore giornaliero 8 ore	[J m ⁻²]		occhio: cornea congiuntiva cristallino cute	fotocheratite congiuntivite catarattogenesi eritema elastosi tumore della cute

Indice	Lunghezza d'onda nm	Valori limite di esposizione	Unità	Commenti
c.	300-700 (Luce blu) Cfr nota 1	$L_B = \frac{10^6}{t}$ per $t \leq 10\,000$ s	L_B : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [secondi]	per $\alpha \geq 11$ mrad

ALLEGATO XXXVII del D.Lgs. 81/08

Tabella 1.1
Valori limiti di esposizione per radiazioni ottiche non coerenti

Indice	Lunghezza d'onda nm	Valori limite di esposizione	Unità	Commenti	Parte del corpo	Rischio
g.	380-1 400 (Visibile e IRA)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_a}$ per $t > 10$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]	$C_a = 1,7$ per $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_a = \alpha$ per $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_a = 100$ per $\alpha > 100$ mrad	occhio: retina	ustione retina
h.	380-1 400 (Visibile e IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a t^{0,25}}$ per $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	L_R : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [secondi]	$\lambda_1 = 380$; $\lambda_2 = 1 400$		
i.	380-1 400 (Visibile e IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ per $t < 10 \mu\text{s}$	[W m ⁻² sr ⁻¹]			

ALLEGATO XXXVII del D.Lgs. 81/08

Parte II - Radiazioni Laser

Rischi delle radiazioni

Lunghezza d'onda [nm] λ	Campo di radiazione	Organo interessato	Rischio	Tabella dei valori limite di esposizione
da 180 a 400	UV	occhio	danno fotochimico e danno termico	2.2, 2.3
da 180 a 400	UV	cute	eritema	2.4
da 400 a 700	visibile	occhio	danno alla retina	2.2
da 400 a 600	visibile	occhio	danno fotochimico	2.3
da 400 a 700	visibile	cute	danno termico	2.4
da 700 a 1 400	IRA	occhio	danno termico	2.2, 2.3
da 700 a 1 400	IRA	cute	danno termico	2.4
da 1 400 a 2 600	IRB	occhio	danno termico	2.2
da 2 600 a 10 ⁶	IRC	occhio	danno termico	2.2
da 1 400 a 10 ⁶	IRB, IRC	occhio	danno termico	2.3
da 1 400 a 10 ⁶	IRB, IRC	cute	danno termico	2.4