INFN Istituto Nazionale di Fisica Nucleare SEZIONE DI MILANO

Le Radiazioni Ottiche in Ambiente di Lavoro

Flavia Groppi

INFN-LASA Via F.lli CERVI 201, 2054 Segrate

Tel. 02 503 1957

E mail : flavia.groppi @mi.infn.it

flavia.groppi @unimi.it

Introduzione

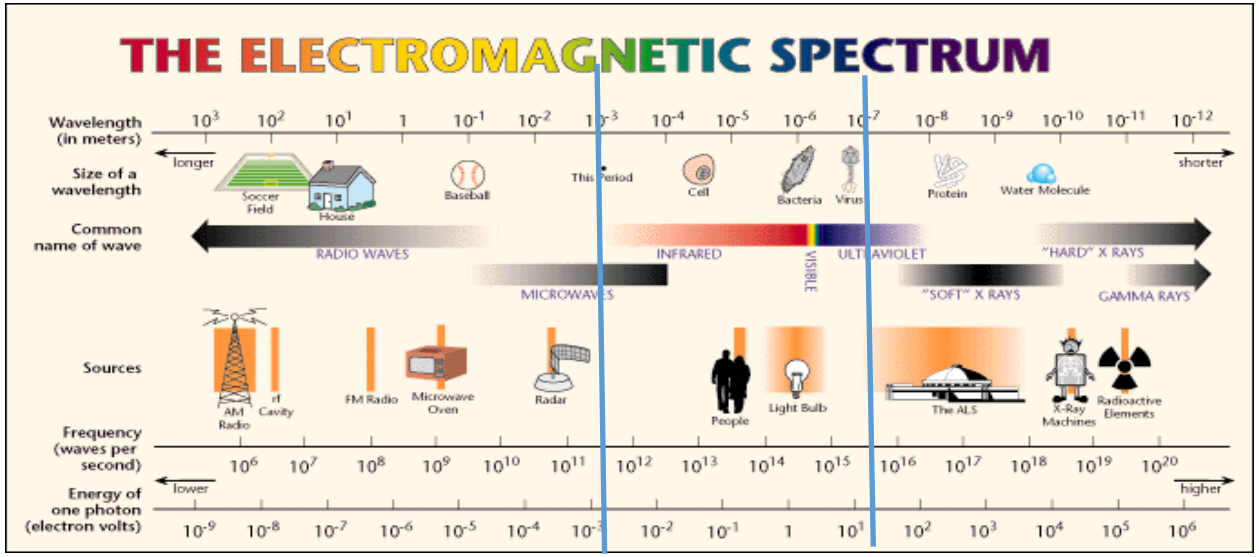
Definizione di Radiazioni Ottiche

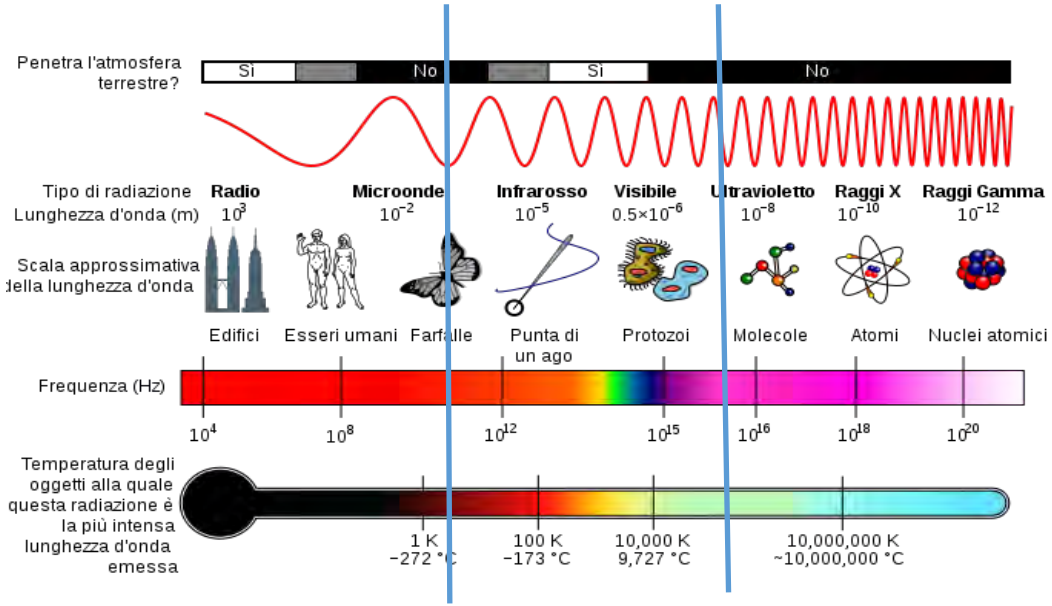
Il D.lgs. 81/2008 definisce le **radiazioni ottiche** *"tutte le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezza d'onda compresa tra 100 nm e 1 mm"*

Importanza del tema negli ambienti di Lavoro

Al pari delle radiazioni ionizzanti è importante valutare i rischi da esposizione alle radiazioni ottiche, in particolare in ambito lavorativo, essendo possibili esposizioni sistematiche e continuative a tale tipo di radiazioni

Tipi di Radiazioni Ottiche





Lo spettro delle radiazioni ottiche si suddivide in radiazioni ultraviolette, radiazioni visibili e radiazioni infrarosse.

Ai fini protezionistici, le radiazioni ottiche sono suddivise in:

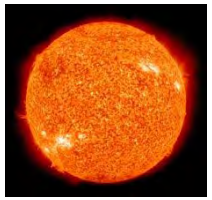
- Radiazioni ultraviolette: radiazioni ottiche di lunghezza d'onda compresa tra 100 e 400 nm.
  La banda degli ultravioletti è suddivisa in **UVA** (~320-400 nm), **UVB** (~ 290-320 nm) e **UVC** (~ 200-290 nm);

- 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).

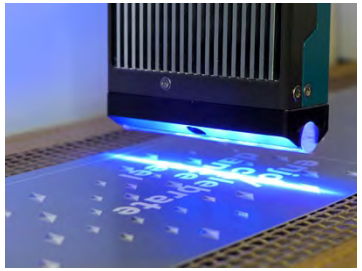
Fonti di radiazione ottiche negli ambienti di lavoro

Sorgenti naturali : Sole



Sorgenti Ottiche Artificiali (ROA):

- lampade per l'illuminazione (lampade ad alogenuri metallici, lampade al mercurio, sistemi LED)
- lampade ad UVC, utilizzate per la sterilizzazione
- lampade ad UVB-UVA per l'abbronzatura o la fototerapia
- lampade ad UVA per la polimerizzazione e l'essicazione di inchiostri



Sorgenti di radiazione Infrarossa: lampade ad IRA-IRB per il riscaldamento.

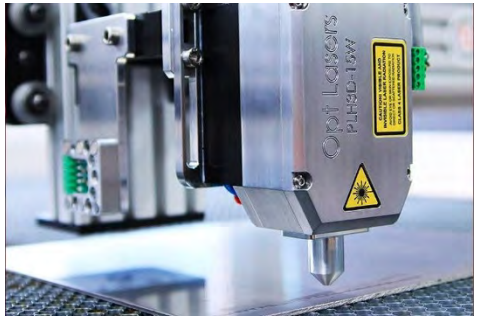
Immagini da Internet

Fonti di radiazione ottiche negli ambienti di lavoro

Altri esempi tipici di sorgenti di radiazioni ottiche artificiali :

- saldatura dei metalli, ad arco elettrico o a gas
- attività di taglio (taglio al plasma,..)
- forni di fusione (tipicamente di metalli e di vetro), dove può diventare preponderante l'infrarosso.

Il **laser (L.A.S.E.R.: Light Amplification by Stumulated Emission of Radiation)**
Radiazione ottica artificiale coerente, con fascio di elevata densità di energia direzionale.

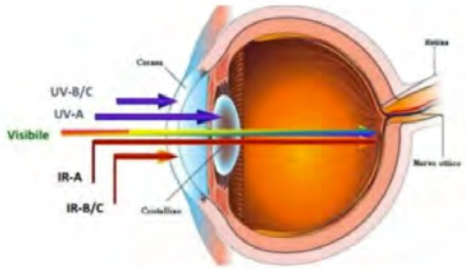


Immagini da Internet

Effetti delle Radiazioni Ottiche sul Corpo Umano

Gli effetti sulla salute dei lavoratori esposti a radiazioni ottiche artificiali riguardano due organi bersaglio:

- **l'occhio** in tutte le sue parti (cornea, cristallino e retina)
- **la pelle**



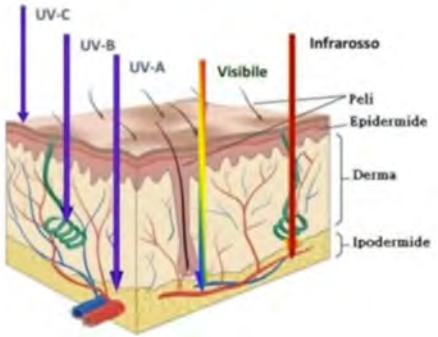
La **tipologia** degli effetti associati all'esposizione a radiazioni ottiche artificiali dipende da:

- lunghezza d'onda
- intensità

Gli effetti dannosi più significativi che possono manifestarsi sulla struttura dell'**occhio** sono:

- fotocheratocongiuntivite (180-330 nm)
- danni al cristallino che possono accelerare l'insorgenza della cataratta (290-340 nm);
- danno retinico da luce blu (300-550 nm).

Immagini da Internet



Gli effetti più rilevanti che possono manifestarsi sulla **pelle**, invece, sono:

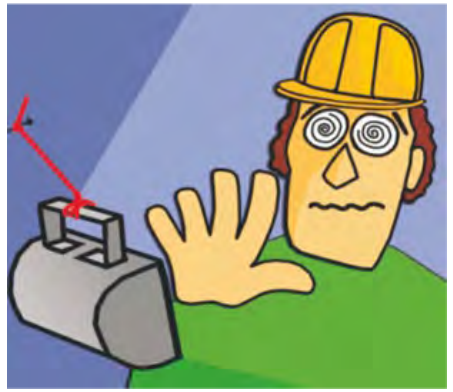
- eritema (200-400 nm);
- foto invecchiamento cutaneo (220-440 nm);
- tumori della pelle (270-400 nm);
- reazioni fototossiche e fotoallergiche (280-400 nm);

Altri Effetti delle Radiazioni Ottiche

Oltre ai rischi per la salute dovuti all'esposizione diretta a ROA, esistono **effetti indiretti,** non meno importanti, quali:

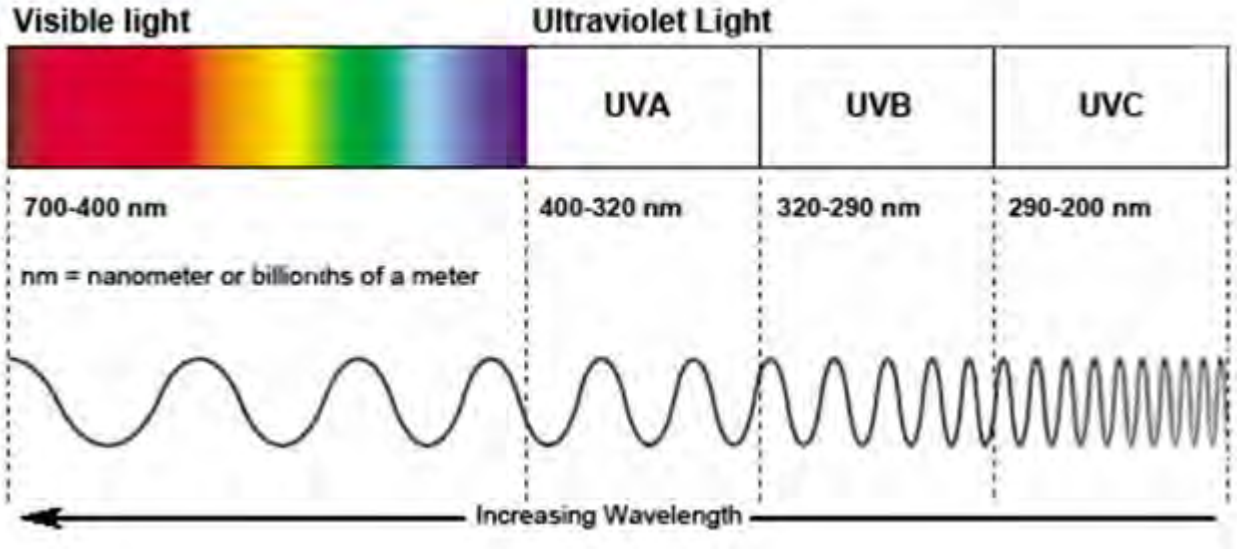
- Disturbi temporanei visivi quali abbagliamento, accecamento dovuti a sovraesposizione a luce visibile

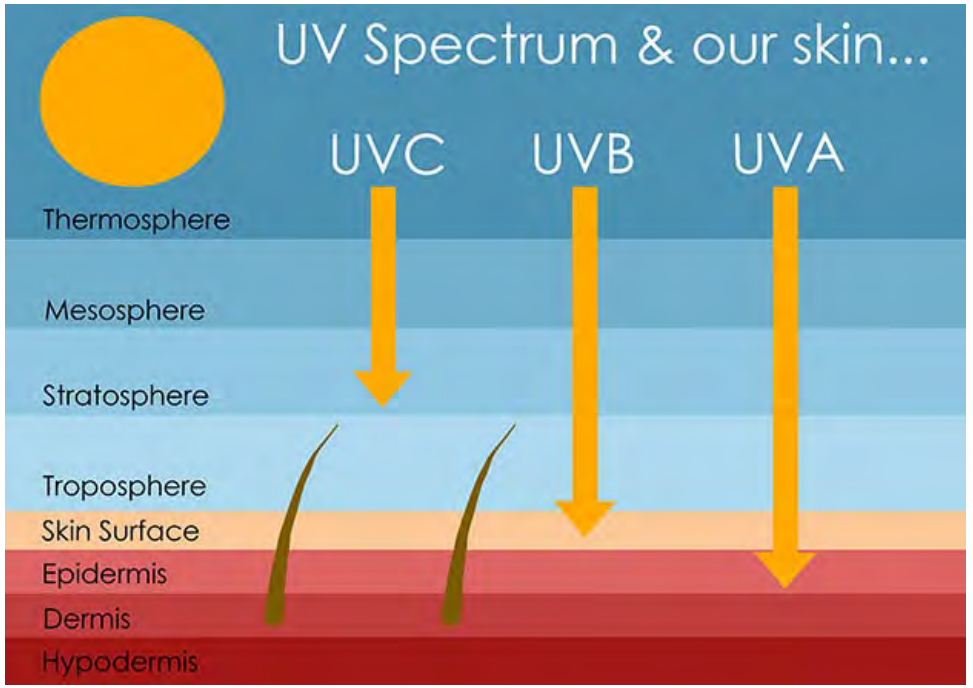
- Rischi di incendio e di esplosione innescati dalle sorgenti stesse o
- dal fascio di radiazione.



Immagini da Internet

Radiazioni Ultraviolette (UV)





- Sterilizzazione
- Illuminazione
- Cosmesi (UV-A)
- APPLICAZIONI MEDICHE (possibilità di esposizione dell'operatore sanitario)
  - Trattamento malattie cutanee (psoriasi)
  - Polimerizzazione resine odontoiatriche
  - Fototerapia neonatale (fotosensibilizzazione della bilirubina)

Immagini da Internet

Radiazioni Ultraviolette

Lampade abbronzanti

Media/Elevata Possibilità di sovraesposizione

Le sorgenti utilizzate in ambito estetico per abbronzatura possono emettere sia UVA che UVB (con contributi relativi variabili a seconda della tipologia).

Tali sorgenti superano i limiti per i lavoratori per esposizioni dell'ordine dei minuti

Immagini da Internet

Radiazioni Ultraviolette

Lunghezza d'onda (nm)	Tipo	Occhio	Pelle	
100 - 280	UV C	fotocheratite foto congiuntivite	Eritema (scottatura della pelle)	Tumori cutanei Processo accelerato di invecchiamento della pelle
280 - 315	UV B			
315 - 400	UV A	cataratta fotochimica	Reazione di foto sensibilità	

Radiazioni Visibili

- Sorgenti di illuminazione artificiale (lampade ad alogenuri metallici, lampade Hg …)
- Lampade per uso medico (fototerapia neonatale e dermatologica) /estetico
- **Luce pulsata – (IPL Intense Pulsed Light)**
- Saldatura

Luce pulsata – (IPL Intense Pulsed Light) Uso medico o estetico

- Elevata/molto elevata possibilità di sovraesposizione
- Emissioni di radiazioni ottiche potenzialmente molto superiori ai valori limite anche per pochi secondi

Immagini da Internet

Radiazioni Visibili
(danni da sovraesposizione)

Lunghezza d'onda (nm)	Tipo	Occhio	Pelle	
400 – 780	Visibile	lesione fotochimica e termica della retina	Reazione di foto sensibilità	Bruciatura della pelle

Radiazioni Infrarosse

- 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).

Applicazioni (bassa intensità) :
Trasmissione segnali/dati

Applicazioni industriali:
- Riscaldatori ad infrarossi per riscaldamento
- Riscaldatori per processi industriali.

I sistemi di riscaldamento a infrarossi possono avere diverse caratteristiche e livelli di temperatura generata, adattandosi a differenti contesti di applicazione e utilizzo industriale.
Riscaldamento ambienti:
• ambienti di grandi dimensioni, fabbriche, capannoni e strutture industriali;
• utilizzo zootecnico, riscaldamento animali.

Radiazioni Infrarosse

- 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).

Utilizzi nel settore produttivo:
- cottura e riscaldamento di alimenti nella fase di preparazione e produzione;
- riscaldamento e fusione di materie plastiche;
- essiccazione di verniciatura;
- rimozione dell'umidità.
- essiccazione di vernici, piastrelle, di resine bicomponenti epossidiche, poliesteri e acriliche;
- asciugatura nelle industrie tessili e nei cantieri navali;
- irraggiamento di postazioni di lavoro in ambienti in cui non sia possibile o sia antieconomico utilizzare altri sistemi di riscaldamento;
- polimerizzazione e preparazione per lo stampaggio nell'industria delle materie plastiche;
- piegatura e termoformatura di materiali acrilici, PVC, nylon e plastiche ABS;
- tunnel aperti per esiccare la verniciatura di carrozzeria auto, di macchine utensili e mobili in metallo.

Radiazioni Infrarosse

Rischi in specifiche applicazioni

Lunghezza d'onda (nm)	Tipo	Occhio	Pelle
780 - 1400	IR A	cataratta bruciatura della retina	
1400 - 3000	IR B	cataratta, bruciatura della cornea	
3000 - 10^6	IR C	bruciatura della cornea	

Radiazioni Infrarosse

Rischi in specifiche applicazioni

Fonte / posto di lavoro	Commento	Misure di protezione
Fusione di metalli, fonderie	Il valore limite per gli occhi è il primo a essere superato; più alto è il punto di fusione, più grande è il pericolo (ferro: 1450 °C, alluminio: 750 °C)	Ridurre al minimo la durata di esposizione, utilizzare appositi schermi e dispositivi di protezione individuale (DPI) come occhiali a infrarossi e indumenti di protezione
Altoforno	È possibile che venga superato il valore limite per la pelle e gli occhi (1600 °C)	Utilizzare appositi schermi, visiere e indumenti di protezione adeguati
Lavorazione del vetro, attività di vetraio	È possibile che venga superato il valore limite per gli occhi,soprattutto se si lavora a lungo davanti a un forno per vetro o altri sistemi di riscaldamento (l'intensità dell'esposizione dipende dalla temperatura della sorgente di radiazioni); durante la lavorazione del vetro con fiamme di gas si formano anche radiazioni UV	Utilizzare appositi schermi, indossare DPI (occhiali a infrarossi senza alterazione dei colori)
Emettitori a infrarossi per incollaggio o asciugatura (con una parte di luce visibile)	È possibile che venga superato il valore limite per gli occhi (a seconda della distanza e della durata di esposizione)	Utilizzare appositi schermi, indossare DPI (occhiali a infrarossi)
Fiamma libera	Il valore limite per gli occhi viene superato se si fissa a lungo la fiamma da una distanza estremamente ridotta	Occhiali a infrarossi
Stufa elettrica a infrarossi	Nel settore della gastronomia, per esigenze di riscaldamento, si utilizzano molto spesso stufe a infrarossi ad alta potenza (2 kW).Se si lavora vicino all'apparecchio (20 cm), il valore limite per gli occhi viene superato nel giro di pochissimo tempo (< 10⁻⁴⁰⁰>	È necessario mantenere una distanza adeguata dall'apparecchio, evitando di tenere lo sguardo fisso al suo interno

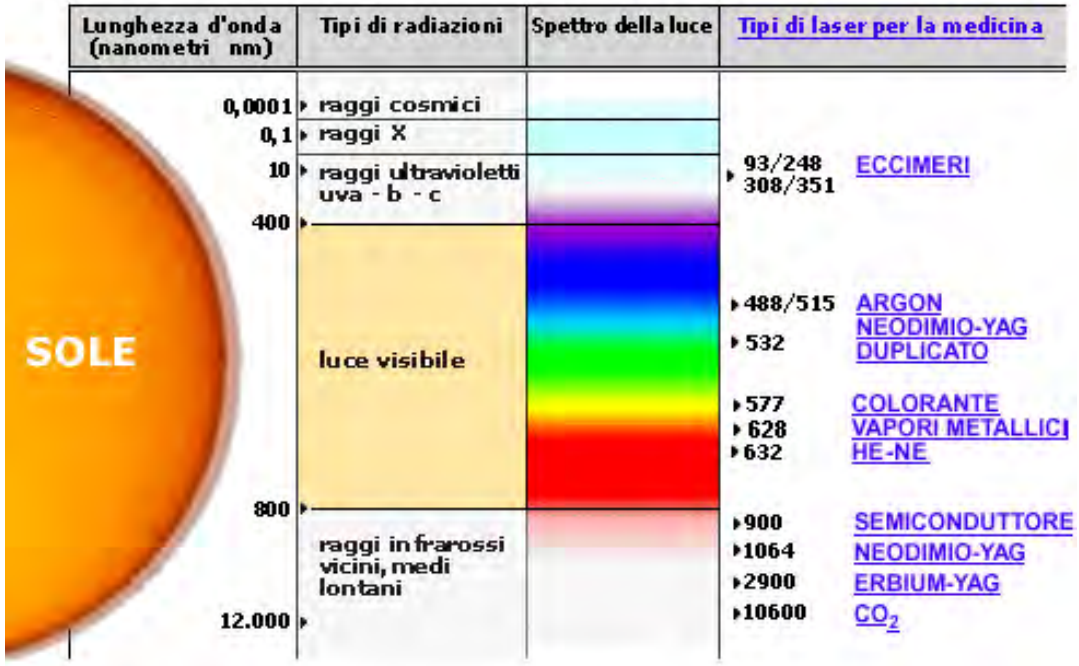
Da : https://www.suva.ch/it-ch/prevenzione/per-pericoli/situazioni-radiazioni-e-materiali-pericolosi/radiazioni-e-radioattivita/radiazioni-non-ionizzanti/informazioni-e-pericoli-delle-radiazioni-infrarosse#state=%5Banchor-590C8BCF-DA27-4730-9B5E-B9E15AEF4C05%5D

Il Laser negli Ambienti di Lavoro

LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) emette radiazione monocromatica, di elevata intensità e coerente.

- Esiste attualmente una grande varietà di sorgenti laser (a stato solido, a gas, a coloranti organici, ad eccimeri) che coprono un intervallo di lunghezze d'onda che comprende la radiazione visibile, l'infrarosso e l'ultravioletto.
- Emissione può essere continua (CW), o ad impulsi di grande intensità e breve durata (anche ben al di sotto del picosecondo).

- **Applicazioni** in campo medico ed estetico, nella lavorazione di materiali (taglio metalli), nel campo della metrologia e misure, nel campo delle telecomunicazioni.



coerenza

- L’emissione laser è detta essere coerente:
- I treni d’onda della radiazione sono in fase nel tempo e nello spazio, mentre la luce di una sorgente ordinaria (lampada ad incandescenza) è una sovrapposizione di lunghezze d’onda non coerenti

alta densità di potenza (brillanza)

- Queste tre proprietà fondamentali sono anche però fattori di rischio che rendono la luce laser più pericolosa delle normali sorgenti luminose.
- La radiazione laser è in grado di depositare una grande quantità di energia in un’area molto piccola

ALTRE CARATTERISTICHE SIGNIFICATIVE

dal punto di vista protezionistico

- **emissione continua**
- **emissione pulsata**

Potenza media :

importante in termini del calcolo del valore di dose

Potenza di picco;

importante per la profondità massima di penetrazione

- **Collimazione (nel caso di laser a diodo): é prodotta da una lente posta davanti al diodo che corregge la divergenza (ang.30-90 gradi) propria di questo tipo di laser.**
- **Alta densità di potenza a distanza**

Classificazione dei Lasers

Varietà di laser e loro applicazioni →classificazione e definizione di un limite di pericolosità (**L**imite di **E**missione **A**ccessibile)

LEA = max. livello di radiazione che può essere emesso da una sorgente in tutto il campo delle sue possibilità durante il funzionamento ed in un momento qualunque dopo la sua fabbricazione (come da misure secondo norma CEI EN 60825-1)

(in sostanza è livello di radiazione massimo di una sorgente cui può accedere un operatore e determina la pericolosità di un apparato laser)

- Classe 1
- Classe 1M
- Classe 2
- Classe 2M
- Classe 3R
- Classe 3B
- Classe 4

Classe 1

Classe 2

Classe 3A

Classe 3B

Classe 4

Classificazione dei sistemi Lasers

La norma **CEI EN 60825** (principale rif. per normativa laser italiana) classifica i laser in cinque classi pericolosità crescente:

E’ responsabilità del costruttore o del suo agente fornire la corretta classificazione di un apparecchio laser.

Se la modifica da parte dell’utilizzatore di un apparecchio già classificato influenza un aspetto qualunque delle prestazioni dell’apparecchio o delle sue funzioni, la persona o l’organismo che effettua tale modifica ha la responsabilità di assicurare la riclassificazione e la nuova targatura dell’apparecchio laser.

Pertanto nota la classificazione è possibile stimare il rischio associato alla installazione ed impiego dell’apparato.

Classificazione sistemi Laser

CLASSE I (Laser Esente): Non pongono problemi anche per osservazione diretta prolungata del fascio in quanto o intrinsecamente sicuri o sicuri per il loro progetto tecnico.

CLASSE II: Laser a bassa potenza, emissione nel visibile CW (P<1 mW) o ad impulsi; l'osservazione diretta del fascio non è pericolosa purché sia conservato il riflesso palpebrale che consente un'interruzione dell'irraggiamento della cornea in un tempo inferiore a 0.25 secondi.

CLASSE IIIA: P< 5 mW per CW fino a 5 volte il limite della classe II per quelli ad impulso ripetitivi o a scansione nella regione spettrale del visibile. L'osservazione diretta del fascio non è pericolosa purché sia conservato il riflesso palpebrale che, che consente un'interruzione dell'irraggiamento della cornea in un tempo inferiore a 0.25 secondi, ovvero l'osservazione non avvenga attraverso sistemi ottici (es Oculari).

CLASSE IIIB: Laser e i sistemi laser che non superano i limiti di esposizione accesibile (Vedi allegato norma CEI EN 60825). La radiazione emessa può essere nel visibile e non, P< 500mW CW. L'esposizione diretta al raggio ad occhio nudo è pericolosa; non è invece pericolosa la luce diffusa.

CLASSE IV: Laser e sistemi laser che superano i limiti della classe IIIB, (P> 500mW). Sono in grado di provocare danni agli occhi ed alla pelle anche per esposizione a fascio diffuso oltre che diretto. Possono costituire anche un pericolo d'incendio. A questi laser sono associati solitamente anche altri rischi ad esempio elettrucuzione.

(Alcune) Tabelle valutazione del LEA

Classe 1

Durata di emissione ts / Lunghezza d'onda λ nm	< 10^{-9}	Da 10^{-9} a 10^{-7}	Da 10^{-7} a 1.8 10^{-5}	Da 1.8 10^{-5} a 5 10^{-5}	Da 5 10^{-5} a 1 10^{-3}	Da 1 10^{-3} a 3	Da 3 a 10	Da 10 a 10^{3}	Da 10^{3} a 10^{4}	Da 10^{4} a 3 10^{4}
Da 180 a 302.5	2.4 10^{4} W	2.4 x 10^{-5} J								
Da 302.5 a 315		7.9 x 10^{-7} C_1 J (t<T_1)					7.9 x 10^{-7} C_2 J (t>T_1)	7.9 x 10^{-7} C_2 J		
Da 315 a 400		7.9 x 10^{-7} C_1 J						7.9 x 10^{-3} J	7.9 x 10^{-6} W	
Da 400 a 550	200 C_6 W	2 x 10^{-7} C_6 J		7 x 10^{-4} $t^{0.75}$ C_6 J				3.9 x 10^{-3} C_6 J	3.9 x 10^{-7} C_6 W	
Da 550 a 700								3.9 x 10^{-3} C_3C_6 J (t < T_2) 7 x 10^{-4} $t^{0.75}$ C_6 J (t > T_2)	3.9 x 10^{-7} C_3C_6 W	
Da 700 a 1050	200 C_4C_6 W	2 x 10^{-7} C_4C_6 J		7 x 10^{-4} $t^{0.75}$ C_4C_6 J					1.2 x 10^{-4} C_4C_6 W	
Da 1050 a 1400	2 x 10^{3} C_6C_7 W	2 x 10^{-6} C_6C_7 J		3.5 x 10^{-3} $t^{0.75}$ C_6C_7 J					6 x 10^{-4} C_6C_7 W	
Da 1400 a 1500	8 x 10^{5} W	8 x 10^{-4} J				4.4 x 10^{-3} $t^{0.25}$ J	5.4 x 10^{-2} $t^{0.25}$ J	10^{-2} W		
Da 1500 a 1800	8 x 10^{6} W	8 x 10^{-3} J					0.1 J			
Da 1800 a 2600	8 x 10^{5} W	8 x 10^{-4} W				4.4 x 10^{-3} $t^{0.25}$ J	5.4 x 10^{-2} $t^{0.25}$ J			
Da 2600 a 4000	8 x 10^{4} W	8 x 10^{-5} J	4.4 x 10^{-3} $t^{0.25}$ J							
Da 4000 a 10^{6}	10^{11} W m^{-2}	100 J m^{-2}	5.6 x 10^{3} $t^{0.25}$ J m^{-2}					10^{3} W m^{-2}		

T emissione fs / λ (nm)	<10^{-9}	10^{-9} – 0.25	0.25-3 10^{4}
180 – 302.5	3.8 x 10^{5} W	3.8 x 10^{-4} J	1.5 x 10^{-3} W
302.5-315	1.25 x 10^{4} C_2 W	1.25 x 10^{-5} C_2 J	5 x 10^{-5} C_2 W
315-400	1.25 x 10^{8} W	0.125 J	0.5 W
400-700	3 x 10^{7} W	0.03 J per t<0.06 s 0.5 W per t>=0.06 s	0.5 W
700-1050	3 x 10^{7} C_4 W	0.03 C_4 J per t<0.06 C_4 s 0.5 W per t>=0.06C_4 s	0.5 W
1050-1400	1.5 x 10^{8} W	0.15 J	0.5 W
1400-10^{6}	1.25 x 10^{8}W	0.125 J	0.5 W

Classe 3B

λ(nm)	T emissione(s)	**LEA Classe 2**
400 - 700	T<0.25 T>=0.25	Stesso LEA di Classe 1 C_6x10^{-3}

Classe 3A

Durata di emissione t s / Lunghezza d'onda λ nm	< 10^{-9}	Da 10^{-9} a 10^{-7}	Da 10^{-7} a 1.8 10^{-5}	Da 1.8 10^{-5} a 5 10^{-5}	Da 5 10^{-5} a 1 10^{-3}	Da 1 10^{-3} a 0,25	Da 0,25 a 3	Da 3 a 10	Da 10 a 10^{3}	Da 10^{3} a 3 10^{4}
Da 180 a 302.5	1.2 10^{5} W e 3 10^{10} W m^{-2}	1.2 x 10^{-4} J e 30 J m^{-2}								
Da 302.5 a 315		4 x 10^{-6} C_1 J e J m^{-2} (t<T_1)					4 x 10^{-6} C_2 J e C_2 J m^{-2} (t>T_1)	4 x 10^{-6} C_2 J e C_2 J m^{-2}		
Da 315 a 400		4 x 10^{-6} C_1 J e C_1 J m^{-2}						4 x 10^{-2} J e 10^{4} J m^{-2}	4 x 10^{-5} W e 10 W m^{-2}	
Da 400 a 700	1000 C_6 W e 5 x 10^{6} C_6 W m^{-2}	10^{-6} C_6 J e 5 x 10^{-3} C_6 J m^{-2}		3.5 x 10^{-3} $t^{0.25}$ C_6 J e 18 $t^{0.25}$ C_6 J m^{-2}			5 x 10^{-3} C_6 W e 25 C_6 W m^{-2}			
Da 700 a 1050	1000 C_4C_6 W e 5 x 10^{6} C_4C_6 W m^{-2}	10^{-6} C_4C_6 J e 5 x 10^{-3} C_4C_6 J m^{-2}		3.5 x 10^{-3} $t^{0.75}$ C_4C_6 J e 18 $t^{0.75}$ C_4C_6 J m^{-2}						6 x 10^{-4} C_4C_6 W e 3.2 C_4C_6 W m^{-2}
Da 1050 a 1400	10^{4} C_6C_7 W e 5 x 10^{7} C_6C_7 W m^{-2}	10^{-5} C_6C_7 J e 5 x 10^{-2} C_6C_7 J m^{-2}		1.8 x 10^{-2} $t^{0.75}$ C_6C_7 J e 90 $t^{0.75}$ C_6C_7 J m^{-2}						3 x 10^{-3} C_6C_7 W e 16 C_4C_6 W m^{-2}
Da 1400 a 1500	4 x 10^{6} W e 10^{12} W m^{-2}	4 x 10^{-3} J e 10^{3} J m^{-2}				2.2 x 10^{-2} $t^{0.25}$ J e 5600 $t^{0.25}$ J m^{-2}	0.27 $t^{0.25}$ J e 5600 $t^{0.25}$ J m^{-2}	5 10^{-2} W e 10^{3} W m^{-2}		
Da 1500 a 1800	4 x 10^{7} W e 10^{13} W m^{-2}	4 x 10^{-2} J e 10^{4} J m^{-2}					1.5 J e 10^{4} J m^{-2}			
Da 1800 a 2600	4 x 10^{6} W e 10^{12} W m^{-2}	4 x 10^{-3} J e 10^{3} J m^{-2}				2.2 x 10^{-2} $t^{0.25}$ J e 5600 $t^{0.25}$ J m^{-2}	0.27 $t^{0.25}$ J e 5600 $t^{0.25}$ J m^{-2}			
Da 2600 a 4000	4 x 10^{5} W e 10^{11} W m^{-2}	4 x 10^{-4} J e 100 J m^{-2}	2.2 x 10^{-2} $t^{0.25}$ J e 56 10^{3} $t^{0.25}$ J m^{-2}							
Da 4000 a 10^{6}	10^{11} W m^{-2}	100 J m^{-2}	5,6 10^{3} $t^{0.25}$ J m^{-2}					10^{3} W m^{-2}		

Precauzioni

Precauzioni di base	I	II	IIIA	IIIB	IV
nessuna precauzione	X				
non osservare direttamente il fascio		X	X	X	X
non utilizzare ottiche di osservazione (lenti, microscopi, telescopi, ecc.)			X	X	X
Evitare l'esposizione diretta dell'occhio				X	X
Evitare l'esposizione diretta dell'occhio e della pelle a radiazione diretta e diffusa: fare attenzione a possibili fonti d'incendio					X
usare precauzioni specifiche per luce laser non visibile		X	X	X	X

Se l'emissione della **radiazione laser è invisibile** (esterna, totalmente o in parte, all'intervallo delle lunghezze d'onda della radiazione visibile) deve essere indicato sulla targhetta.

Quando la protezione degli occhi risulta indispensabile, anche solo per talune operazioni, devono essere fornite dal costruttore anche tutte le indicazioni necessarie per la scelta di DPI oculari.

Riassunto sorgenti (1)

SORGENTE	POSSIBILITA' DI ESPOSIZIONE	NOTE
Arco elettrico (saldatura elettrica)	Molto elevata	Le saldature ad arco elettrico (tranne quelle a gas) a prescindere dal metallo, possono superare i valori limite previsti per la radiazione UV per tempi di esposizione dell'ordine delle decine di secondi a distanza di un metro dall'arco. I lavoratori, le persone presenti e di passaggio possono essere sovraesposti in assenza di adeguati precauzioni tecnico-organizzative
Lampade germicide per sterilizzazione e disinfezione	Elevata	Gli UVC emessi dalle lampade sono utilizzati per sterilizzare aree di lavoro e locali in ospedali, industrie alimentari e laboratori
Lampade per fotoindurimento di polimeri, fotoincisione, "curing"	Media	Le sorgenti UV sono usualmente posizionate all'interno di apparecchiature, ma l'eventuale radiazione che può fuoriuscire attraverso aperture o fessure è in grado di superare i limiti in poche decine di secondi
"Luce Nera" usata nei dispositivi di test e controllo non distruttivi (eccetto lampade classificate nel gruppo "Esente" secondo CEI EN 62471:2009)	Bassa – Media o Elevata in relazione all'applicazione	Il rischio è riconducibile all'emissione di UVA associata alla radiazione visibile Lampade UVA sono utilizzate in dispositivi quali quelli dedicati al controllo e all'ispezione dei materiali o per il controllo delle banconote; analoghe sorgenti sono usate nei locali per intrattenimento quali discoteche, pub e nei concerti. I sistemi impiegati in metallurgia superano il limite per l'esposizione a UVA per tempi dell'ordine di 1 – 2 ore, rispetto ad attività che possono essere protratte per tutto il turno lavorativo.
Lampade/sistemi LED per fototerapia	Elevata	La radiazione UV utilizzata per le terapie in dermatologia e la "luce blu" utilizzata nell'ambito di attività sanitarie (fototerapia dell'ittero neonatale, chirurgia rifrattiva, ecc…).
Lampade ad alogenuri metallici	Bassa (Elevata se visione diretta)	Sono utilizzate nei teatri, in ambienti vasti (es.: supermercati) e aperti per l'illuminazione esterna e possono superare sia i limiti per gli UV che per la radiazione visibile e in particolare per la "luce blu" per visione diretta della sorgente
Fari di veicoli	Bassa (Elevata se visione diretta)	Possibile sovraesposizione da luce blu per visione diretta protratta per più di 5-10 minuti: potenzialmente esposti i lavoratori delle officine di riparazione auto

Riassunto sorgenti (2)

SORGENTE	POSSIBILITA' DI ESPOSIZIONE	NOTE
Lampade scialitiche da sala operatoria	Bassa (Elevata se visione diretta)	Per talune lampade i valori limite di esposizione per luce blu possono essere superati in 10 minuti in condizioni di visione diretta della sorgente
Lampade ad alogenuri metallici	Media-Elevata	Sono utilizzate nei teatri, in ambienti vasti (es.: supermercati),e aperti per l'illuminazione esterna e possono superare sia i limiti per gli UV che per la radiazione visibile e in particolare per la "luce blu"
Lampade abbronzanti	Media – Elevata	Le sorgenti utilizzate in ambito estetico per l'abbronzatura possono emettere sia UVA che UVB, i cui contributi relativi variano a seconda della loro tipologia. Queste sorgenti superano i limiti per i lavoratori per esposizioni dell'ordine dei minuti.
Lampade per usi particolari eccetto lampade classificate nel gruppo "Esente"	Media – Elevata	Si tratta di lampade fluorescenti non per illuminazione generale quali quelle utilizzate in acquari e terrari.
Lampade per uso generale e lampade speciali classificate nei gruppi 1,2,3 ai sensi della norma CEI EN 62471:2009	Bassa-Media-Elevata in relazione alla classificazione	Inclusi sistemi LED. Necessari accorgimenti pe installazione ed uso sicuro se la classe è superiore alla prima.
Corpi incandescenti quali metallo o vetro fuso, ad esempio nei crogiuoli dei forni di fusione con corpo incandescente a vista e loro lavorazione	Elevata–Molto elevata	Nel corso della colata e in prossimità dei crogiuoli le esposizioni a IRB-IRC possono superare i valori limite per tempi di esposizione dell'ordine di pochi secondi.
Riscaldatori radiativi a lampade	Medio-Elevata	Emissioni di radiazioni infrarosse superiori ai valori limite possono essere riscontrate fino a 2 metri di distanza da taluni riscaldatori radiativi: necessari accorgimenti per installazione ed impiego sicuro
Apparecchiature con sorgenti IPL per uso medico o estetico	Elevata-Molto elevata	Emissioni di radiazioni ottiche potenzialmente molto superiori ai valori limite anche per pochi secondi. Necessarie precauzioni per installazione/impiego sicuro
Laser	Molto Elevata/Elevata: laser in classe 4/3B; Media: Laser in classe 2-3. Innocui: Laser in Classe 1	per i Laser in classe 3B e 4 sono obbligatorie specifiche misure di tutela e specifici requisiti di installazione ai fini della sicurezza

Normativa: Valutazione rischio ROA: il D.lgs. 81/2008

La **valutazione rischio radiazioni ottiche artificiali** è l'analisi del livello di esposizione a radiazioni cui sono esposti i lavoratori all'interno degli ambienti di lavoro.

Tale valutazione ha lo scopo di accertare che il livello di esposizione rientri entro i limiti di sicurezza definiti dalla Normativa e, in caso contrario, che vengano stabilite adeguate misure di prevenzione e protezione per i lavoratori.

La valutazione del rischio radiazioni ottiche artificiali, negli ambienti di lavoro, è trattata nel D.lgs. 81/2008 all'interno dei rischi da **agenti fisici.**

L'**art. 216** del D.lgs. 81/2008 impone al Datore di Lavoro l'obbligo di effettuare la valutazione del rischio radiazioni ottiche artificiali all'interno della propria azienda, al fine di individuare i lavoratori esposti a tale fattore di rischio e di attuare adeguati interventi di prevenzione e protezione per la salute e sicurezza.

Ai fini della valutazione, il Datore di Lavoro deve tener conto, in particolare, dei seguenti elementi:
- il livello, la gamma di lunghezze d'onda e la durata dell'esposizione a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche;
- i valori limite di esposizione di cui all'art. 215 (allegato XXXVII);
- qualsiasi effetto diretto e indiretto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori.

Normativa: Cosa deve fare il Datore di Lavoro per valutare il rischio ROA?

La valutazione rischio radiazioni ottiche artificiali è di fatto sempre obbligatoria in quanto il legislatore impone al Datore di Lavoro l'obbligo di valutare **tutti** i rischi potenzialmente presenti in azienda.

Quindi anche nel caso in cui il livello di esposizione a radiazioni ottiche artificiali risulti inferiore ai valori limite di esposizione, è necessario riportare nel **DVR** l'indicazione circa l'assenza di tale fattore di rischio, nonché gli elementi a sostegno di tale affermazione.

Nel caso in cui la valutazione venga effettuata mediante indagine strumentale, sarà necessario predisporre un documento specifico che costituisce parte integrante del DVR (sotto forma di Allegato).

L'esito della valutazione deve quindi essere inserito all'interno di altri documenti riguardanti la sicurezza, tra cui:

- Piano Operativo della Sicurezza (POS) in caso di attività in Titolo IV;
- Documento Unico di Valutazione dei Rischi Interferenti (DUVRI) nel caso in cui i lavoratori di ditte esterne siano potenzialmente esposti a tale rischio.

Normativa: Cosa deve fare il Datore di Lavoro per valutare il rischio ROA?

In particolare, ai fini della valutazione, il Datore di Lavoro deve:
•censire le proprie attrezzature identificando quelle che possono emettere ROA;
•se presenti, recuperare la documentazione del costruttore;

Alcuni casi in cui si richiede una valutazione del rischio dettagliata sono:
•Laser di categoria 1M, 2M 3R, 3B e 4 (nella nuova classificazione) o nelle classi 3A, 3B e 4 nella vecchia classificazione;
•Saldatura elettrica ad arco;
•Sistemi LED per fototerapia;
•Apparecchi con sorgenti IPL per uso medico od estetico".

Qualora i livelli di esposizione siano superati, il Datore di Lavoro, secondo l'**art. 218** del D.lgs. 81/2008, deve obbligatoriamente sottoporre i lavoratori a **Sorveglianza Sanitaria** con l'ausilio del Medico Competente; tale sorveglianza deve essere effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno.

Misure di prevenzione e protezione del rischio radiazioni ottiche artificiali

Per ridurre gli effetti provocati da esposizione a radiazioni ottiche artificiali, il Datore di Lavoro deve adottare adeguate misure di prevenzione e protezione, tra cui:

•Riduzione del rischio alla fonte con l'adozione di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali;

•Riduzione del tempo di esposizione del lavoratore ad attività lavorativa con livello di esposizione a radiazione rilevante;

•Utilizzo di DPI adeguati per proteggere occhi e pelle (ad esempio **occhiali** e **tute**);

Bisogna inoltre considerare la presenza di lavoratori sensibili (ad esempio senza cristallino) o sensibilizzati (uso di sostanze chimiche fotosensibilizzanti).

Valori limiti

Ai fini della valutazione è da tenere presente che i limiti di esposizione fissati dal D.lgvo 81/08 definiscono i livelli di esposizione non superabili nell'arco della giornata lavorativa, al di sotto dei quali, di solito, non si verificano effetti dannosi di tipo deterministico in soggetti adulti sani, cioè effetti per i quali è nota la soglia di insorgenza e la cui gravità è funzione dell'entità dell'esposizione.

I limiti di esposizione sono stati fissati per soggetti sani. Nei casi di soggetti "*particolarmente sensibili*" alla radiazione ottica, ovvero in presenza di sostanze fototossiche o foto allergizzanti, il rispetto dei limiti di esposizione può non essere sufficiente a garantire la prevenzione di effetti avversi indesiderati e si rende perciò necessario, in fase di scelta delle appropriate misure di tutela, approfondire le valutazioni insieme al medico competente e, nel dubbio, adottare, anche in via cautelativa, ulteriori precauzioni e misure di protezione.

Valutazione del rischio per soggetti particolarmente sensibili

- Il rispetto dei valori limite di esposizione non necessariamente tutela taluni dei soggetti particolarmente sensibili indicati al **punto 5.24** (si vedano le pubblicazioni ICNIRP “Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation …”, pagg. 174-175 e pag.185 e “Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0,38 to 3 µm)”, pag.551.
- La valutazione del rischio per questi soggetti andrà effettuata in strettissimo collegamento con il medico competente.

Soggetti particolarmente sensibili

- Donne in gravidanza(MC per cautele):art.28,183DLgs81/08+art.11 DLgs.151/01
- Minorenni (MC per cautele; tra i lavori vietati anche ROA)
- Albini e individui di fototipo 1 (per UV)
- Portatori di malattie del collagene (per UV)
- Soggetti in trattamento cronico o ciclico con farmaci fotosensibilizzanti..
- Soggetti affetti da alterazione dell'iride.. e della pupilla..
- Soggetti portatori di drusen (per luce blu)
- Lavoratori con lesioni cutanee maligne o pre-maligne (per UV)
- Lavoratori con patologie cutanee fotoindotte o fotoaggravate (per UV e IR)
- Lavoratori affetti da xeroderma pigmentosus (per UV)
- Soggetti epilettici per esposizione a luce VS intermittente (15-25 flash/s)
- Ai fini della sorveglianza sanitaria devono essere cautelativamente considerati particolarmente sensibili al danno retinico di natura fotochimica i lavoratori che hanno subito un impianto IOL (Intra Ocular Lens=cristallino artificiale), in particolare se esposti tra 300-550nm

Valori limiti misure di prevenzione e protezione

Il rispetto dei limiti di esposizione previene l'insorgenza di ben noti effetti deterministici quali l'eritema, la fotocheratite, la fotocongiuntivite, la cataratta ed effetti di tipo termico, la cui gravità è direttamente correlata all'entità dell'esposizione.

Il rispetto dei limiti fissati dalla vigente normativa per UV e luce blu non può annullare il rischio di effetti a lungo termine dipendenti dalle dosi accumulate in esposizioni croniche nel corso della vita lavorativa (cancerogenesi, danni oculari da esposizione cronica a luce blu).
Per questi ultimi effetti i limiti di esposizione alla radiazione UV e alla luce blu non possono e non devono essere considerati come una sorta di linea di sicurezza al di sotto della quale gli stessi effetti non possono verificarsi.

Limitare l'esposizione al di sotto della soglia di induzione degli effetti acuti contribuisce comunque a diminuire la dose che ogni lavoratore esposto accumula giorno dopo giorno e quindi implicitamente riduce anche la probabilità o la gravità degli effetti a lungo termine, di cui al momento non è nota una relazione dose/risposta.

Valori limiti Organizzazione del lavoro e formazione

Proprio alla luce delle considerazioni precedenti, la normativa prevede che la valutazione dei rischi dovuti all'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali prenda in esame anche:

- qualsiasi effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio;
- qualsiasi eventuale effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori risultante dalle interazioni sul posto di lavoro tra le radiazioni ottiche e le sostanze chimiche fotosensibilizzanti;

In genere in sede di valutazione dei rischi il datore di lavoro non può essere a conoscenza di tutte le situazioni specifiche, per esempio non può sapere se un lavoratore sta seguendo un trattamento medico con farmaci *fotosensibilizzanti*, o se è un soggetto *particolarmente sensibile*.

E' pertanto indispensabile che ciascun lavoratore esposto a ROA sia in grado di individuare la sussistenza ovvero l'insorgenza di eventuali condizioni individuali di suscettibilità al rischio espositivo; è a tal fine indispensabile che tali importanti aspetti siano trattati nell'ambito della formazione prevista dalla normativa, in stretta collaborazione con il medico competente e con l'attività di sorveglianza sanitaria prevista per i lavoratori professionalmente esposti a ROA.

La normativa richiede che nell'ambito della valutazione del rischio si prenda in considerazione in primo luogo la possibilità di ridurre il rischio alla fonte. E' a tal fine fondamentale verificare le modalità di funzionamento ed impiego dell'apparato anche facendo riferimento a quanto indicato dal costruttore sul manuale di istruzioni ed uso in relazione alla possibilità di riduzione del rischio alla fonte. Se l'attività comporta il superamento dei valori limite di esposizione qualora non si adottino specifici dispositivi di protezione, è necessario ricorrere a soluzioni tecniche e procedurali.

Segnaletica

Sorgente Laser

Zona Laser controllata

Radiazione incoerente

Caratteristiche
del Laser

Condizioni in cui la valutazione del rischio può concludersi con la "giustificazione" secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione più dettagliata (art181 comma 3 TU e doc. Regioni+ISPESL+ISS 11.3.2010)

Sorgenti che non danno luogo ad esposizioni tali da presentare rischi per la salute e la sicurezza: in questi casi è giustificato non dover procedere a una valutazione del rischio più dettagliata:

- sorgenti di illuminazione utilizzate per uso residenziale
- tutte le apparecchiature che emettono radiazione ottica non coerente classificate nella ***categoria 0*** secondo lo standard UNI EN 12198:2009
- lampade e i sistemi di lampade, anche a LED, classificate nel gruppo "***Esente***" dalla norma CEI EN 62471:2010: l'illuminazione standard per uso domestico e di ufficio, i monitor dei computer, i display, le fotocopiatrici, le lampade e i cartelli di segnalazione luminosa.
- La norma CEI EN 62471-2010, per tutte le lampade a eccezione di quelle per illuminazione generale, stabilisce i limiti di emissione a 200 mm.
- Sorgenti analoghe, anche in assenza della suddetta classificazione, nelle corrette condizioni di impiego si possono "giustificare".

Laser giustificabili a priori

(art181 comma 3 TU e doc. Regioni+ISPESL+ISS 11.3.2010)

- Tutte le sorgenti che emettono radiazione laser classificate nelle classi 1 e 2 (attenzione: non 1M e 2M nè le apparecchiature di classe 1 o 2 che contengono sorgenti di classe superiore: vedi **Punto 5.13**) secondo lo standard IEC 60825-1 (vedi **Allegato 1**) sono giustificabili.

- Per le altre sorgenti occorrerà effettuare una valutazione del rischio più approfondita.

Sorgenti sicure? Quando?

Sorgente sicura se il rischio di esposizione è trascurabile

ossia quando:

- una sorgente può consentire esposizioni ≤ 20% VLE
- una sorgente può produrre esposizioni > VLE ma solo in situazioni molto improbabili

Due gruppi di sorgenti sicure (Non-binding Guide-HPA):

- Sorgenti che producono esposizioni non significative
- Sorgenti non pericolose nell'uso normale (è però possibile una sovraesposizione in caso di uso non previsto: guasto, ecc.)

Sorgenti «SICURE»:
sorgenti che producono esposizioni insignificanti (rif. «A non binding guide – HPA)

SORGENTI "SICURE" esposizioni insignificanti (rif. "a Non-binding Guide"- HPA)
Flash macchine fotografiche
Lavagne luminose, Fotocopiatrici
Lampade fluorescenti a soffitto con diffusore
Lampade fluorescenti a soffitto compatte
Illuminazione con faretti alogeni
Lampade al tungsteno per illuminazione (anche daylight")
PC o display analoghi con schermo, Palmari
Trappole per insetti UV-A
Apparecchi a illuminazione a soffitto con lampade a incandescenza
Indicatori LED
Indicatori luminosi dei veicoli (frecce retromarcia, freno, fendinebbia, esclusi fari anteriori)
Illuminazione stradale
Riscaldatori a pannelli radianti a combustione di gas

Sorgenti «SICURE IN CERTE CONDIZIONI»: sorgenti non pericolose durante l'uso normale (rif. «A non binding guide – HPA)

SORGENTI "SICURE" in certe condizioni (rif. "a Non-binding Guide"- HPA)	SITUAZIONI PER UN USO SICURO
Lampade fluorescenti a soffitto senza diffusore sulla lampada	Sicure fino a 600 lux
Lampade a ioduri metallici o a Hg ad alta pressione	Sicure se il vetro di copertura è integro e se non in linea con la vista
Proiettori da tavolo	Sicuri se non si guarda dentro al fascio
Lampade a luce nera UV-A a bassa pressione	Sicure se integre e se non in linea con la vista
Fari anteriori dei veicoli	Sicuri per visioni non prolungate di visione del fascio
Videoproiettori da tavolo	Sicuri se non si guarda il fascio
Dispositivi classificati "esente" (EN 62471)	Sicuro se non in linea con la vista. Potrebbe essere pericoloso se si rimuovono le protezioni
Dispositivi laser di classe 1 (EN 60825-1)	Sicuri se la copertura è intatta. Potrebbe essere pericoloso se si rimuovono le protezioni

Principali sorgenti ottiche non coerenti delle quali si dovrebbe approfondire la valutazione del rischio 1

Sorgente	Possibilità di sovraesposizione	Note
Arco elettrico (saldatura elettrica)	Molto elevata	Le saldature ad arco elettrico (tranne quelle a gas) a prescindere dal metallo, possono superare i valori limite previsti per la radiazione UV per tempi di esposizione dell'ordine delle decine di secondi a distanza di un metro dall'arco. I lavoratori, le persone presenti e di passaggio possono essere sovraesposti in assenza di adeguati precauzioni tecnico-organizzative
Lampade germicide per sterilizzazione e disinfezione	Elevata	Gli UVC emessi dalle lampade sono utilizzati per sterilizzare aree di lavoro e locali in ospedali, industrie alimentari e laboratori
Lampade per fotoindurimento di polimeri, fotoincisione, "curing"	Media	Le sorgenti UV sono usualmente posizionate all'interno di apparecchiature, ma l'eventuale radiazione che può fuoriuscire attraverso aperture o fessure è in grado di superare i limiti in poche decine di secondi
"Luce Nera" usata nei dispositivi di test e controllo non distruttivi (eccetto lampade classificate nel gruppo "Esente" secondo CEI EN 62471:2009)	Bassa – Media o Elevata in relazione all'applicazione	Il rischio è riconducibile all'emissione di UVA associata alla radiazione visibile Lampade UVA sono utilizzate in dispositivi quali quelli dedicati al controllo e all'ispezione dei materiali o per il controllo delle banconote; analoghe sorgenti sono usate nei locali per intrattenimento quali discoteche, pub e nei concerti. I sistemi impiegati in metallurgia, superano il limite per l'esposizione a UVA per tempi dell'ordine di 1 – 2 ore, rispetto ad attività che possono essere protratte per tutto il turno lavorativo.
Lampade/sistemi LED per fototerapia	Elevata	La radiazione UV utilizzata per le terapie in dermatologia e la "luce blu" utilizzata nell'ambito di attività sanitarie (fototerapia dell'ittero neonatale, chirurgia rifrattiva, ecc…).
Lampade ad alogenuri metallici	Bassa (Elevata se visione diretta)	Sono utilizzate nei teatri, in ambienti vasti (es.: supermercati) e aperti per l'illuminazione esterna e possono superare sia i limiti per gli UV che per la radiazione visibile e in particolare per la "luce blu" per visione diretta della sorgente
Fari di veicoli	Bassa (Elevata se visione diretta)	Possibile sovraesposizione da luce blu per visione diretta protratta per più di 5-10 minuti: potenzialmente esposti i lavoratori delle officine di riparazione auto
Lampade scialitiche da sala operatoria	Bassa (Elevata se visione diretta)	Per talune lampade i valori limite di esposizione per luce blu possono essere superati in 30 minuti in condizioni di visione diretta della sorgente
Lampade ad alogenuri metallici	Elevata	Sono utilizzate nei teatri, in ambienti vasti (es.: supermercati) e aperti per l'illuminazione esterna e possono superare sia i limiti per gli UV che per la radiazione visibile e in particolare per la "luce blu"

Principali sorgenti ottiche non coerenti delle quali si dovrebbe approfondire la valutazione del rischio 2

Lampade abbronzanti	Media – Elevata	Le sorgenti utilizzate in ambito estetico per l'abbronzatura possono emettere sia UVA che UVB, i cui contributi relativi variano a seconda della loro tipologia (vedi ALLEGATO 2). Queste sorgenti superano i limiti per i lavoratori per esposizioni dell'ordine dei minuti.
Lampade per usi particolari eccetto lampade classificate nel gruppo "Esente"	Media – Elevata	Si tratta di lampade fluorescenti non per illuminazione generale quali quelle utilizzate in acquari e terrari. Queste lampade presentano elevate irradianze UVB che possono portare a sovraesposizioni in pochi minuti, soprattutto a distanze ravvicinate.
Lampade per uso generale e lampade speciali classificate nei gruppi 1,2,3 ai sensi della norma CEI EN 62471:2009	Bassa-Media-Elevata in relazione alla classificazione	Inclusi sistemi LED
Corpi incandescenti quali metallo o vetro fuso, ad esempio nei crogiuoli dei forni di fusione con corpo incandescente a vista e loro lavorazione	Elevata–Molto elevata	Nel corso della colata e in prossimità dei crogiuoli le esposizioni a IRB-IRC possono superare i valori limite per tempi di esposizione dell'ordine di pochi secondi.
Riscaldatori radiativi a lampade	Medio-basso	Emissioni di radiazioni infrarosse potenzialmente superiori ai valori limite
Apparecchiature con sorgenti IPL per uso medico o estetico	Elevata-Molto elevata	Emissioni di radiazioni ottiche potenzialmente molto superiori ai valori limite anche per pochi secondi

Riferimenti

Per D.Lgs.81/08 Titolo VIII per RO incoerenti e coerenti (laser)

- Capo I Disposizioni generali
- Capo V Radiazioni ottiche artificiali
- Norme tecniche: CIE per luce VS; CEN per incoerenti; IEC per laser
- Buone prassi o LG accreditate e info fabbricanti

Per le misure RO incoerenti

- UNI EN 14255-1: 2005 per UV
- UNI EN 14255-2: 2006 per VS e IR
- UNI EN 14255-4: 2007 per terminologia e grandezze per le misurazioni
- ICNIRP “Guidelines on limits of exposure to broad-band incoerent optical radiation (0,38 to 3μm)” Health Physics, 1997

Per valutazione e misure RO incoerenti (All. XXXVII parte 1 D.Lgs.81/08)

- UNI EN 12198 parti 1:2009, 2:2009, 3:2008 per ROA emesse dal macchinario
- CEI EN 62471:2009 per sicurezza fotobiologica di lampade e sist lampade,anche LED
- CEI EN 60335-2-27:2005 per lettini abbronzanti e lampade UV per uso estetico
- ICNIRP 14/2007 Protecting workers from ultraviolet radiation

I dispositivi di protezione individuale

PPE Control Measures

- *Appropriate* eyewear
- Gloves
- Special clothing

eyewear must be for the appropriate laser wavelength, attenuate the beam to safe levels, yet be comfortable enough to wear

Norme UNI

- UNI EN 207 (2000)
  - Protezione personale degli occhi. Filtri e protettori dell'occhio contro radiazioni laser
- UNI EN 208 (2000)
  - Protezione personale degli occhi. Protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser e sistemi laser

I dispositivi di protezione individuale: gli occhiali

TABLE 28-7

Minimum Optical Densities Required of Protective Eyewear

($OD_{min} = \log_{10} H_e/MPE$ or $\log_{10} E_e/MPE$)

E_e/MPE or H_e/MPE	OD_{min}
$1 = 10^0$	0
$10 = 10^1$	1
$100 = 10^2$	2
$1000 = 10^3$	3
$10000 = 10^4$	4
$100000 = 10^5$	5
$1000000 = 10^6$	6

Where H_e is equal to the emergent beam radiant exposure in Joules per square centimeter and E_e is equal to the emergent beam irradiance in Watts per square centimeter.

- *Particolarmente importante nella prevenzione è in genere costituito da filtri (lenti) che assorbono o riflettono specifiche lunghezze d'onda.*
- *Occhiali USA stessa scala, ma non hanno garanzia per "stabilità a radiazione"*

I dispositivi di protezione individuale: gli occhiali

- Devono essere facili da utilizzare e robusti
- Devono essere marchiati:
  - costruttore
  - CE
- Devono avere un codice che specifichi l'intervallo di λ che attenua.

Norme CEI

- CEI EN 60825-1 (2003)
  - Sicurezza degli apparecchi laser: classificazione, prescrizioni e guida per l'utilizzatore.
- CEI EN 60601-2-22 (1997)
  - Apparecchi elettromedicali Parte 2: Norme particolari per la sicurezza degli apparecchi laser terapeutici e diagnostici
- **CEI 76-6 fascicolo 5928 (2001) (IEC TR60825-8)**
  - **Sicurezza degli apparecchi laser Parte 8: Guida all'uso degli apparecchi laser in medicina**

Grazie per l’attenzione