

RADIAZIONI OTTICHE: BASI FISICHE, NORMAZIONE TECNICA E I PROFESSIONISTI DELLA SICUREZZA LASER, AGGIORNAMENTI E NOVITÀ NORMATIVE



• **Dr. Valentina Furlan** •

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione, UNIPV
valentina.furlan@unipv.it – rams.unipv.it/

IL LASER

LASER

Light

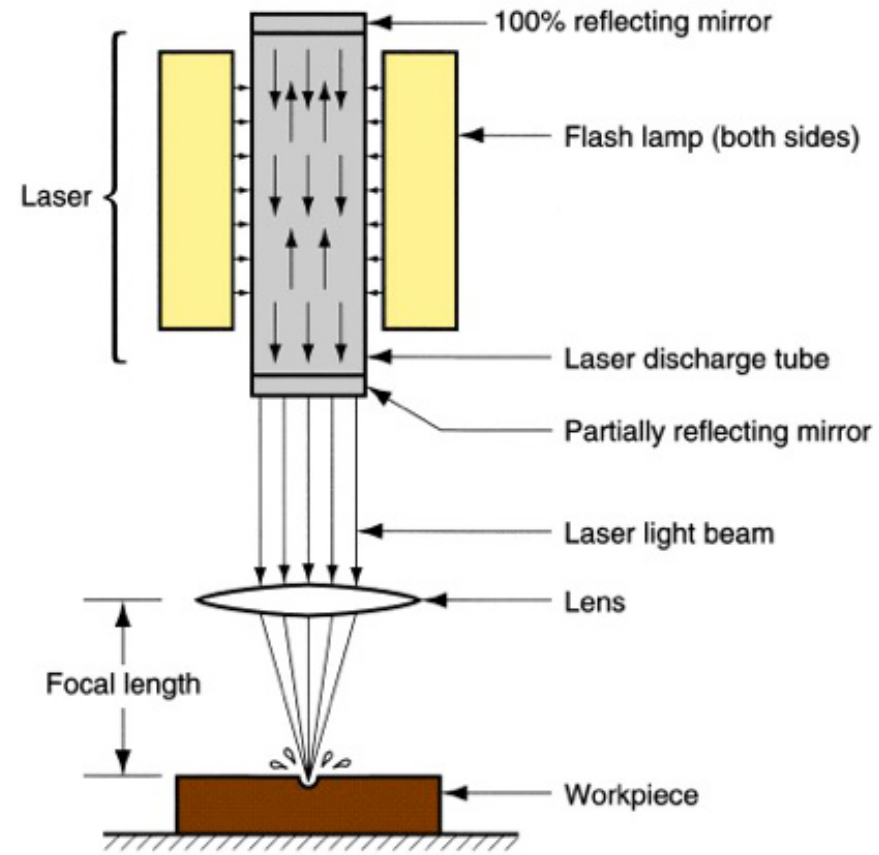
Amplification

By

Stimulated

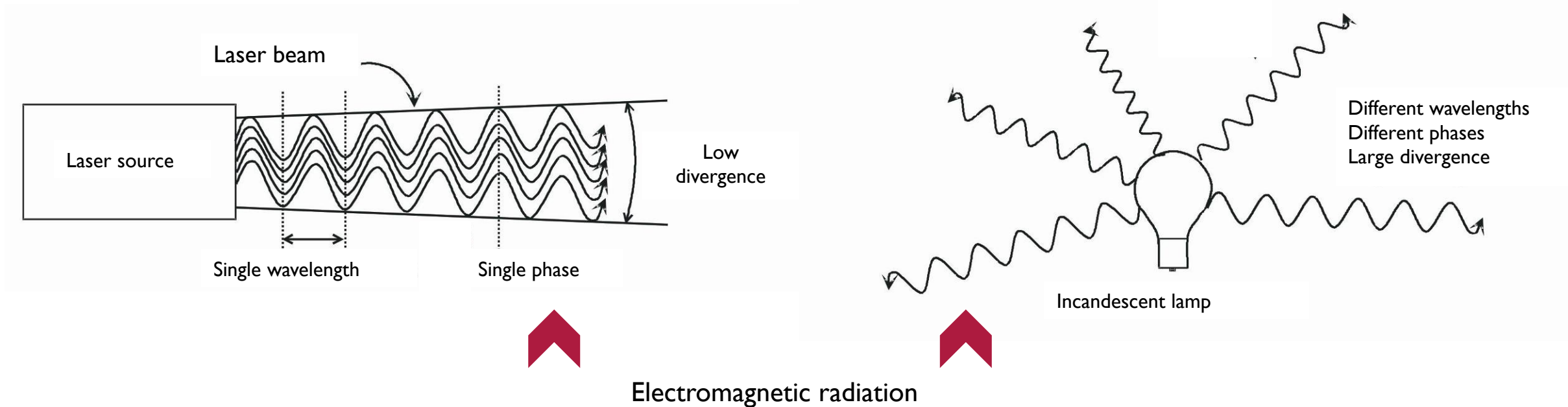
Emission

Radiation



IL LASER

LASER Light Amplification by Stimulated Emission Radiation



IL LASER

Monochromaticity

Beam Coherence

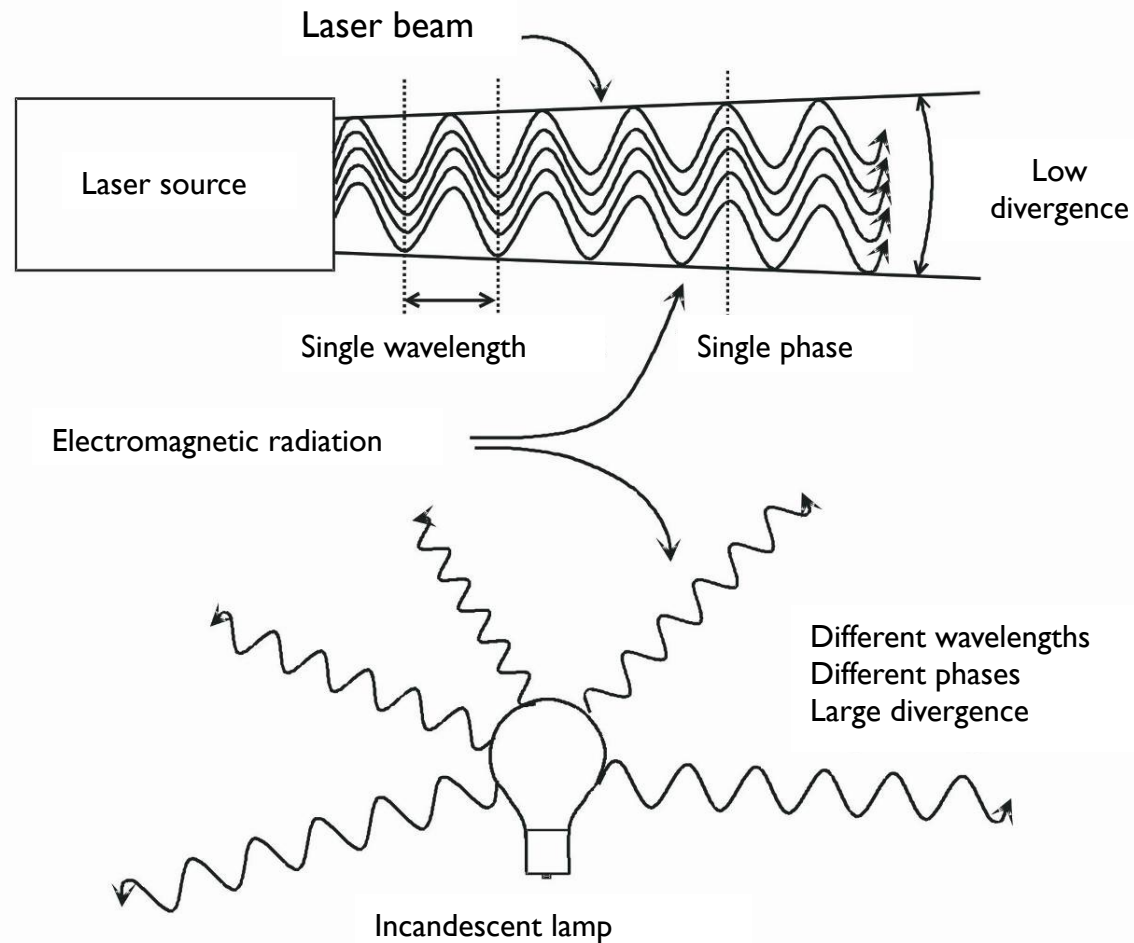
Collimation

- **focusability**

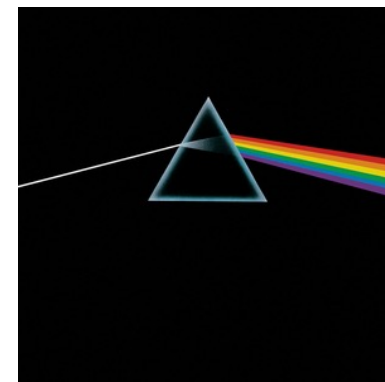
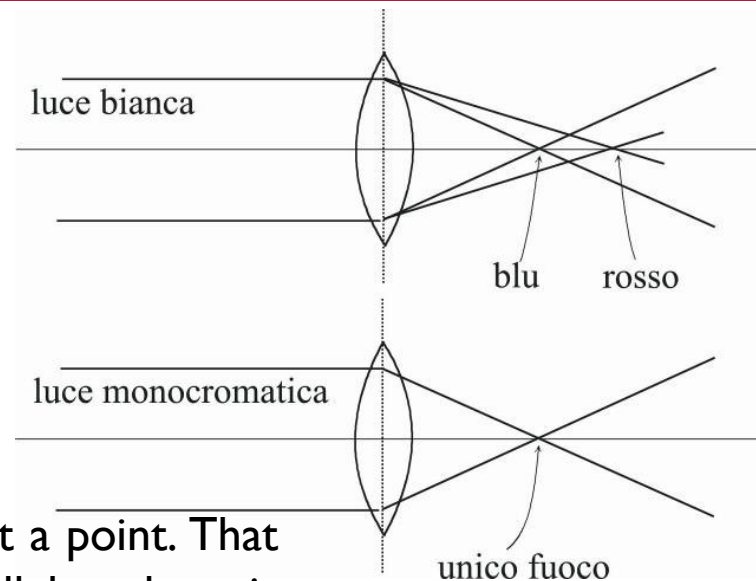
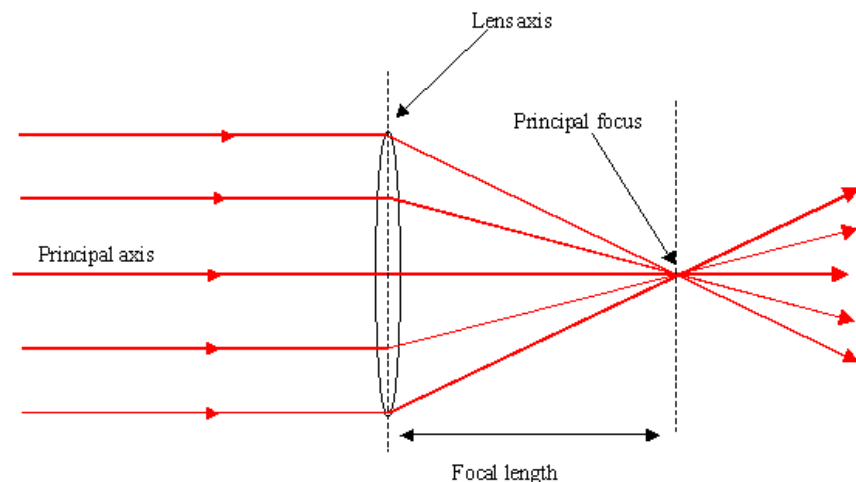
Brightness or Radiance

Transverse Modes

Temporal Modes

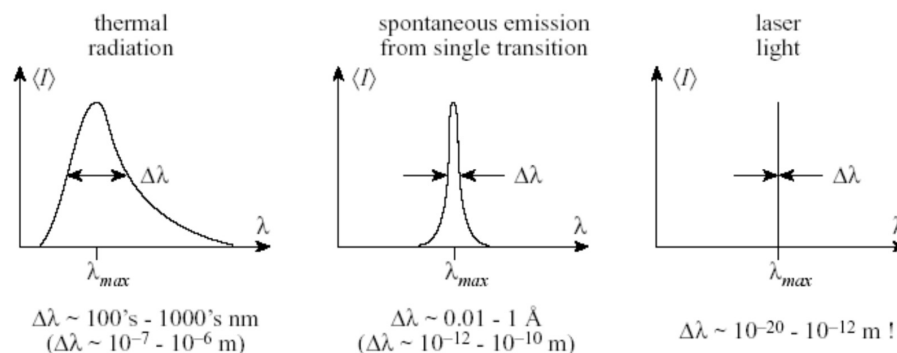


IL LASER: MONOCROMATICITA'



Waters et al, 1973

When a parallel beam of light incident on a lens, it meet at a point. That point is called focus (point onto which collimated light parallel to the axis is focused).



IL LASER: LA COERENZA

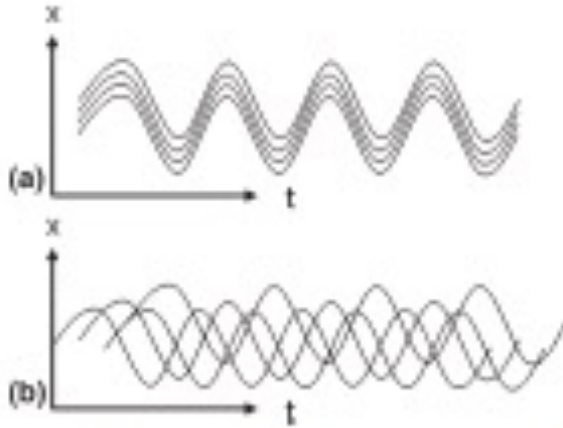


Fig. 1.13 Schematic illustrating the concept of coherence: (a) spatially and temporally coherent light, and (b) spatially and temporally incoherent light

- space coherence
- time coherence
- incoherent light

- Spatially coherent light
- Temporally coherent light

Of particular interest in the applications such as interferometry and holography.

IL LASER: LA COLLIMAZIONE

- Small divergence = propagates hundreds of km without expanding very much ($\text{mm} \cdot \text{rad}$).
- Highly directional beams = highly collimated beams

NON COLLIMATED



COLLIMATED



IL RISCHIO LASER

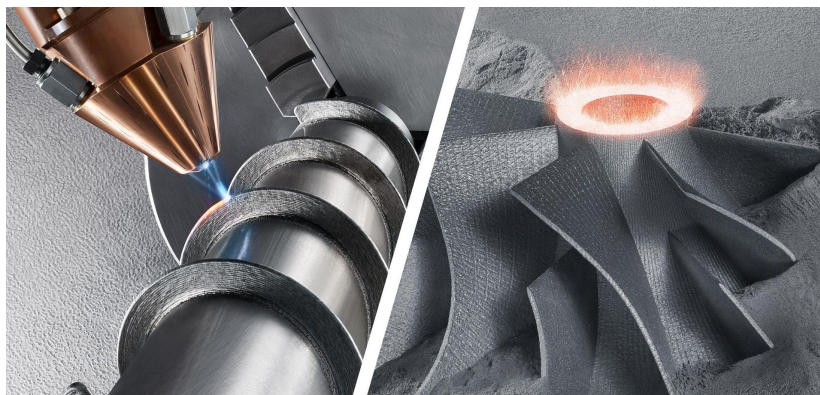
- Il LASER è una radiazione in grado di trasportare energia (potenza).
- L'energia trasportata è comunemente concentrata in una zona di dimensioni limitate (i.e. spot laser). Per ottenere questa ridistribuzione di energia su un'area concentrata, il fascio laser passa attraverso lenti e un dedicato setup ottico di diverso livello di complessità in funzione del tipo di sorgente e trattamento.
- Questa Energia o Potenza localizzata viene trasportata anche per distanze considerevoli e costituisce la fonte di PERICOLO (non il RISCHIO).

PERICOLO: è una proprietà intrinseca di un element o un canodizione che potrebbe provocare infortune o danni

VS **RISCHIO:** è la possibilità che qualcosa di indesiderato e negative accada (come un infortunio, un danno o una perdita

IL RISCHIO LASER

- L'energia della radiazione laser è in grado di causare danni importanti ai tessuti biologici. Gli organi target o organi a rischio sono gli OCCHI e la PELLE. La capacità di penetrazione di una radiazione ottica in un materiale è limitata e suoi meccanismi verranno descritti in seguito.
- Il rischio legato al laser non è legato solo all'interazione con gli organi target ma anche ad altri rischi (ad es: elettrico, radiazioni collaterali, fumo, rumore, etc.)

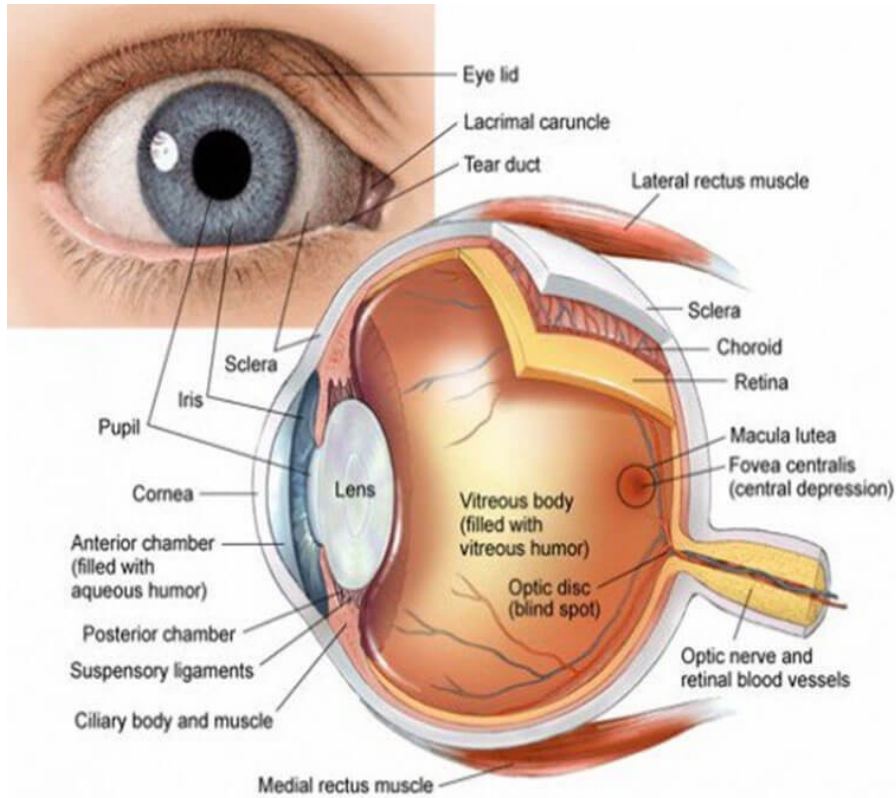


Courtesy of TRUMPF



Courtesy of BLM GROUP

COME FUNZIONA L'OCCHIO?



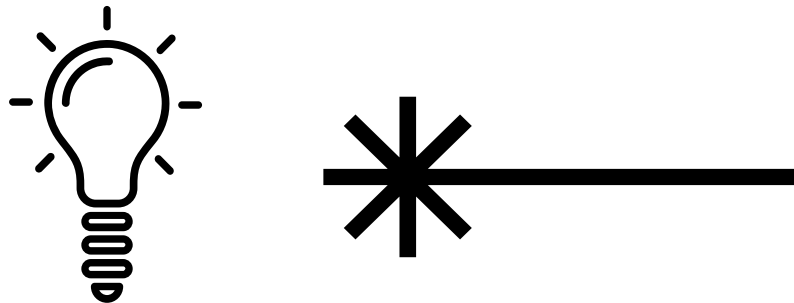
- Prima i raggi (la luce) raggiungono la cornea (trasparente e leggermente bombata), la cui forma è responsabile di gran parte della rifrazione della luce.
- Parte della luce entra nell'occhio attraverso un'apertura chiamata pupilla. L'iride, ovvero l'anello colorato che circonda la pupilla, controlla il quantitativo di luce che entra nell'occhio.
- Il cristallino raccoglie la luce che colpisce la pupilla e riproduce l'immagine nitida sulla retina. Su quest'ultima sono presenti cellule sensoriali (coni e bastoncelli), maggiormente concentrate sulla macula (5 mm^2) per trasformare la luce in un segnale elettrico.
- Il segnale viaggia dalla retina, attraverso il nervo ottico fino al cervello che lo rielabora nell'immagine reale.
- Il corretto funzionamento dell'occhio richiede la presenza delle lacrime.

Un esempio numerico di trasmissione della luce

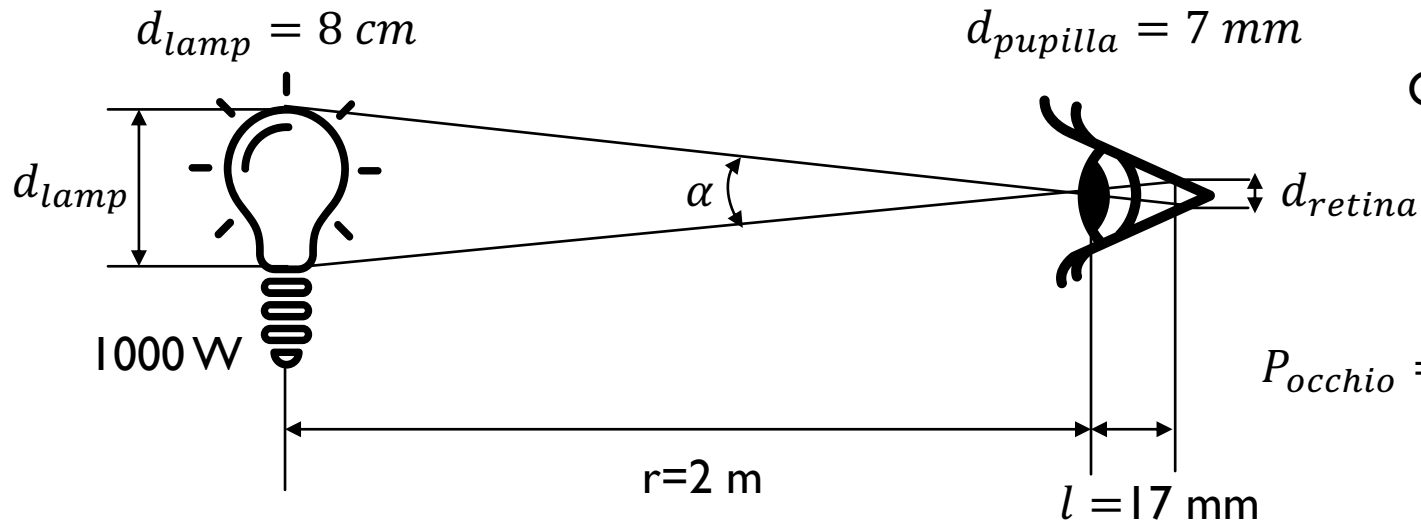
Confronteremo ora, in termini di Potenza, la radiazione proveniente da una lampada con quella di un laser visibile, ipotizzando che entrambe le radiazioni raggiungano l'occhio umano sotto le seguenti ipotesi:

- La lampada è ad arco con potenza 1 kW (efficienza luminosa, η , r del 13.2%) e dimensione dell'arco di 8 cm
- Il laser è collimato, ha $\lambda = 470 \text{ nm}$, Potenza di 0.1 mW
- Lampada e laser sono osservati a distanza di 2 m.
- Il diametro del laser è inferiore a 7 mm.

Si richiede di valutare la densità di Potenza a livello della retina.



Un esempio numerico di trasmissione della luce



Cosa arriva all'occhio nel caso della lampada?

$$E = \frac{\eta P}{Area} = \frac{\eta P}{4\pi r^2} = \frac{0.132 \cdot 1000}{4\pi 2^2} = 2.63 \frac{W}{m^2}$$

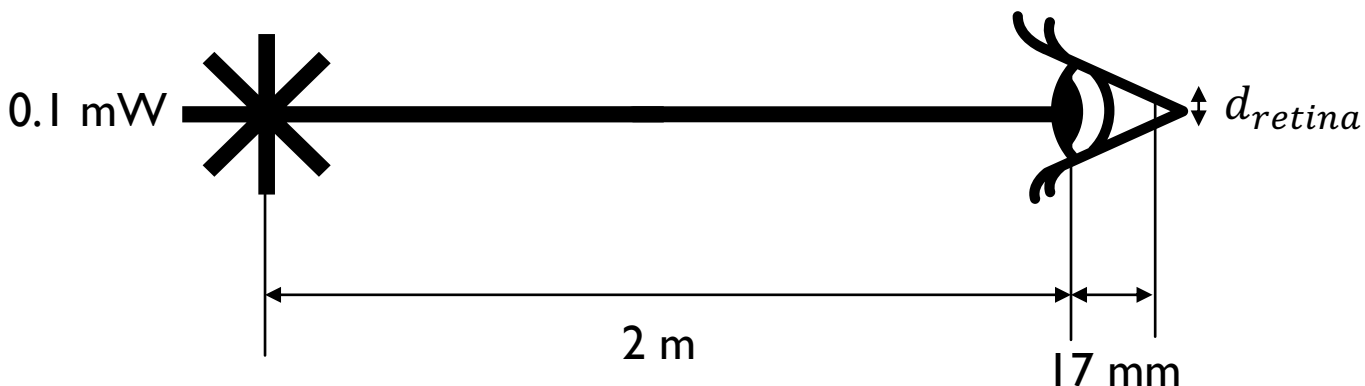
$$P_{occhio} = E \cdot A_{pupilla} = E \cdot \frac{\pi}{4} d_{pupilla}^2 = 2.63 \cdot \frac{\pi}{4} (7 \cdot 10^{-3})^2 = 0.1 \text{ mW}$$

E a alla retina in termini di densità di potenza?

$$E_{retina} = \frac{P_{occhio}}{A_{retina}} = \frac{P_{occhio}}{\frac{\pi}{4} d_{retina}^2} ?$$

$$2 \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{d_{lamp}}{r} = \frac{d_{retina}}{l} \rightarrow d_{retina} = \frac{d_{lamp}}{r} l = \frac{8 \cdot 10^{-2}}{2} 17 \cdot 10^{-3} = 6.8 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 680 \mu\text{m} \Rightarrow E_{retina} = 275.5 \frac{W}{m^2}$$

Un esempio numerico di trasmissione della luce



Cosa arriva all'occhio nel caso del laser?

$$\text{se } d_{laser} < d_{pupilla} \Rightarrow P_{occhio} = 0.1 \text{ mW}$$

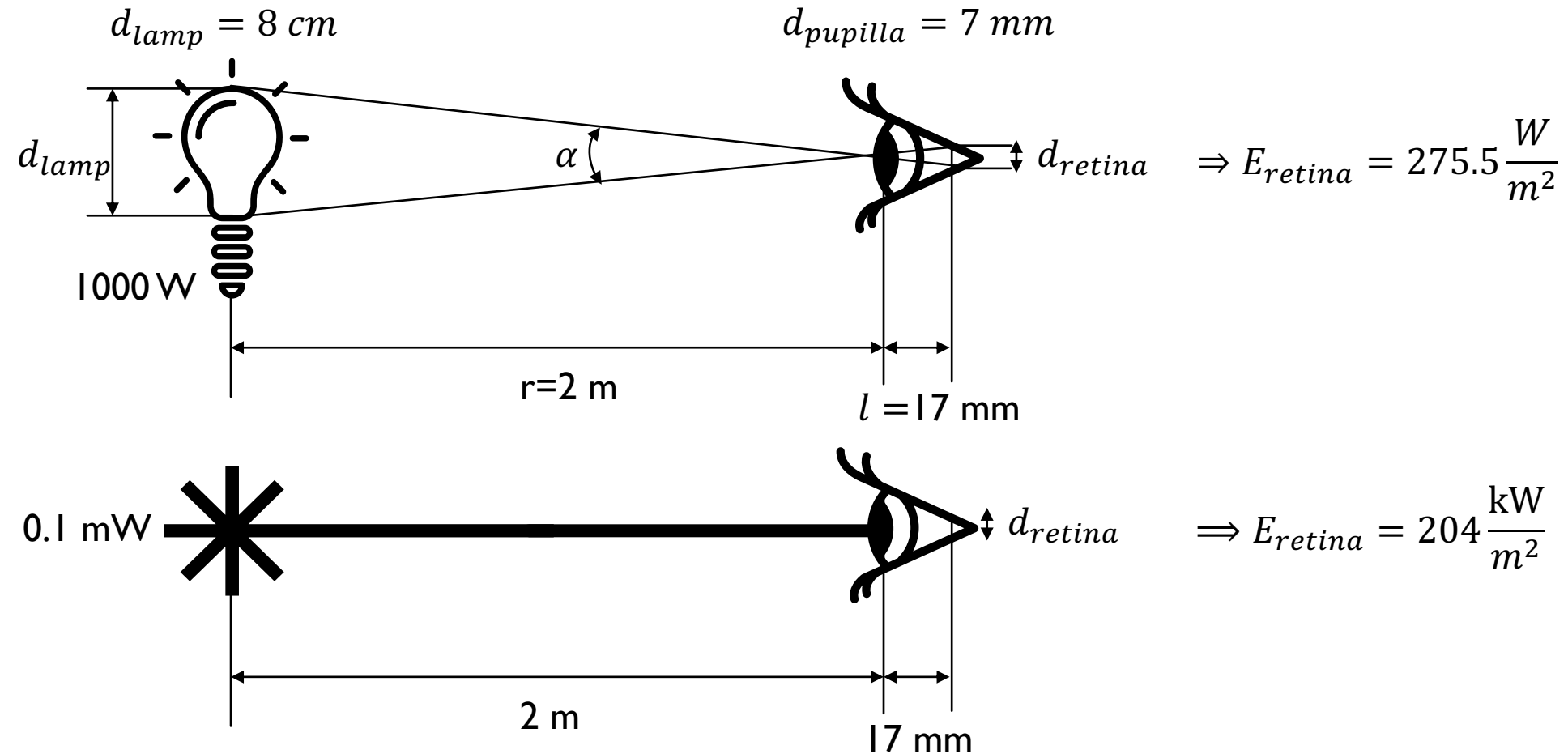
E a alla retina in termini di densità di potenza? $E_{retina} = \frac{P_{occhio}}{A_{retina}} = \frac{P_{occhio}}{\pi \frac{d_{retina}^2}{4}}$?

Nel caso di un laser collimato, la sorgente è una sorgente puntiforme e l'immagine che riesce a generare sulla retina ha la dimensione più piccola ottenibile, $d_{retina} = 25 \mu m$

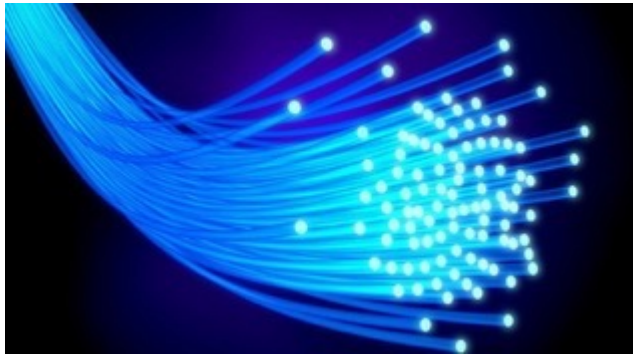
$$\Rightarrow E_{retina} = 204 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$$

<https://thenounproject.com/>

Un esempio numerico di trasmissione della luce



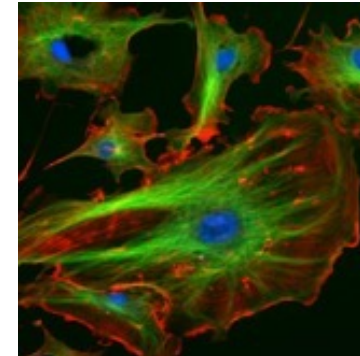
IL LASER E LE SUE APPLICAZIONI



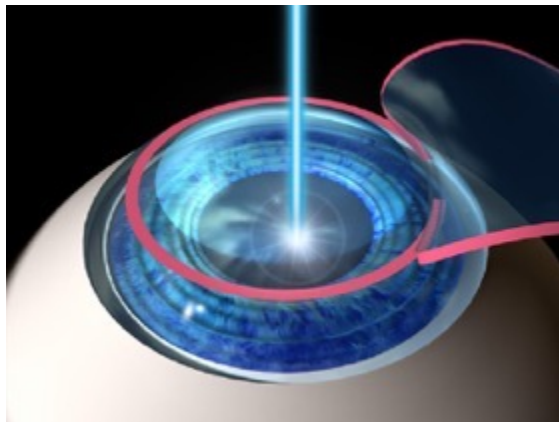
Telecommunication



Illumination



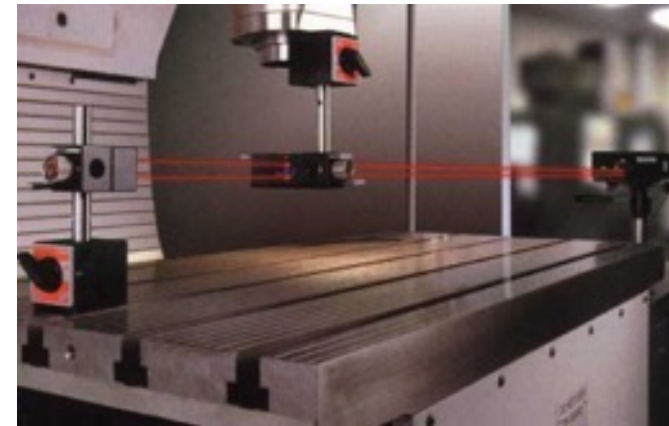
Life sciences



Surgey



Industrial manufacturing



Metrology

DIRECTIVE 2006/25/EC → LEGISLATIVE DECREE 81/08

L'Italia ha introdotto la Direttiva Capo I e V del Titolo VIII del D.Lgs. 81/08 entrando in vigore il 26 aprile 2010.

U.Lgs. 09 aprile 2008 n. 81

D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO

Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

(Gazzetta Ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008 - Suppl. Ordinario n. 108)
(Decreto integrativo e correttivo: Gazzetta Ufficiale n. 180 del 05 agosto 2009 - Suppl. Ordinario n. 142/L)

SOMMARIO

TESTO UNICO.....	I
AGGIORNAMENTI.....	I
SOMMARIO.....	IX
SCHEMA RIASSUNTIVO DEI TITOLI.....	XLV
SCHEMA RIASSUNTIVO DEGLI ALLEGATI.....	XLVI
TITOLO I - PRINCIPI COMUNI.....	1
CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI.....	1
Articolo 1 - Finalità.....	1
Articolo 2 - Definizioni.....	1
Articolo 3 - Campo di applicazione.....	3
Articolo 4 - Computo dei lavoratori.....	6
CAPO II - SISTEMA ISTITUZIONALE.....	8
Articolo 5 - Comitato per l'indirizzo e la valutazione delle politiche attive e per il coordinamento nazionale delle attività di vigilanza in materia di salute e sicurezza sul lavoro.....	8
Articolo 6 - Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro.....	8
Articolo 7 - Comitati regionali di coordinamento.....	10
Articolo 8 - Sistema informativo nazionale per la prevenzione nei luoghi di lavoro.....	10
Articolo 9 - Enti pubblici aventi compiti in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro.....	11
Articolo 10 - Informazione e assistenza in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro.....	13
Articolo 11 - Attività promozionali.....	13
Articolo 12 - Interpello.....	14
Articolo 13 - Vigilanza.....	15
Articolo 14 - Disposizioni per il contrasto del lavoro irregolare e per la tutela della salute e sicurezza dei lavoratori.....	16
CAPO III - GESTIONE DELLA PREVENZIONE NEI LUOGHI DI LAVORO.....	18
SEZIONE I - MISURE DI TUTELA E OBBLIGHI.....	18
Articolo 15 - Misure generali di tutela.....	18
Articolo 16 - Delega di funzioni.....	18
Articolo 17 - Obblighi del datore di lavoro non delegabili.....	19

TITOLO VIII - AGENTI FISICI.....	101
CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI.....	101
Articolo 180 - Definizioni e campo di applicazione.....	101
Articolo 181 - Valutazione dei rischi.....	101
Articolo 182 - Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi.....	101
Articolo 183 - Lavoratori particolarmente sensibili.....	101
Articolo 184 - Informazione e formazione dei lavoratori.....	102
Articolo 185 - Sorveglianza sanitaria.....	102
Articolo 186 - Cartella sanitaria e di rischio.....	102
CAPO V - PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI.....	116
Articolo 213 - Campo di applicazione.....	116
Articolo 214 - Definizioni.....	116
Articolo 215 - Valori limite di esposizione.....	116
Articolo 216 - Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi.....	116
Articolo 217 - Disposizioni miranti ad eliminare o a ridurre i rischi.....	117
Articolo 218 - Sorveglianza sanitaria.....	117

Abbiamo poi le Norme CEI EN 60825 e le Guide CEI per l'utilizzatore

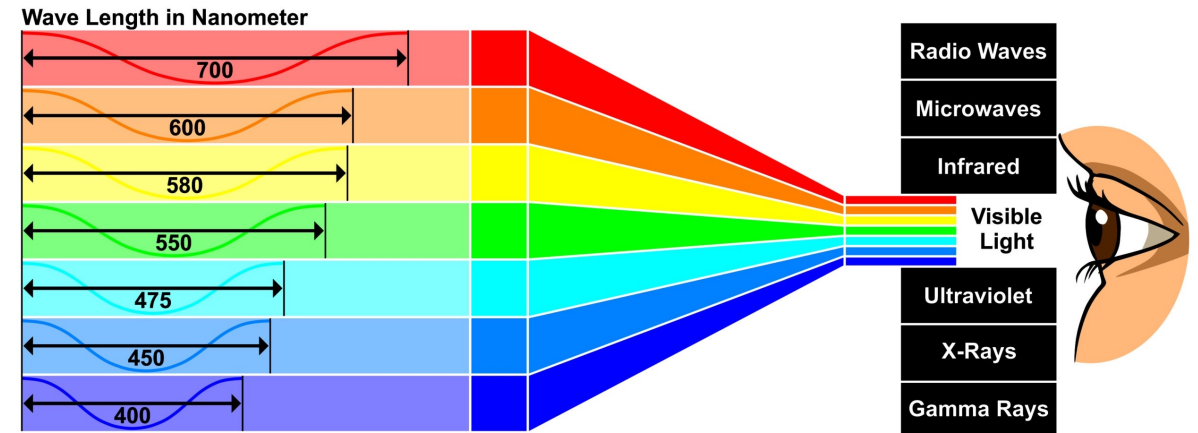


LE DEFINIZIONI

L.D. art. 214 - Directive, art. 2

- Ultraviolet radiation:
 - **UVC (100 - 280 nm)**
 - **UVB (280 - 315 nm)**
 - **UVA (315 - 400 nm)**
- Visible radiation: **(380 - 780 nm)**
- Infrared radiation:
 - **IRA (780 - 1400 nm)**
 - **IRB (1400 - 3000 nm)**
 - **IRC (3000 nm - 1 mm)**

ATT!
For laser safety
standard IEC 60825-1
defines range between
400 and 700 nm



© 514067857/Shutterstock.com

GLI ATTORI DELLA SICUREZZA



NELL'AMBITO DELLA SICUREZZA LASER ABBIAMO ALTRI INCARICHI

Le guide nazionali (CEI 76 3849 R e 3850 R) prevedono due posizioni legate alla sicurezza laser (vecchia normativa in aggiornamento):

Tecnico Sicurezza Laser (TSL) per il settore industriale, la ricerca e le applicazioni civili;

Addetto alla Sicurezza Laser (ASL) per il settore sanitario.

La definizione di due figure, le cui mansioni da svolgere ai fini della sicurezza sono in linea di massima simili ma con conoscenze e competenze diverse, è giustificata dalle differenti valutazioni del rischio specifico, dalle procedure e dai controlli da applicare in relazione al tipo di utilizzo dell'apparecchiatura laser.

EXPOSURE LIMIT VALUES

Exposure limit values for laser exposure to the eye — Short exposure duration < 10 s

Wavelength ^a [nm]		Aperture	Duration [s]						
			10 ⁻¹¹ - 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ - 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ - 1.8 · 10 ⁻⁵	1.8 · 10 ⁻⁵ - 5 · 10 ⁻⁵	5 · 10 ⁻⁵ - 10 ⁻³	10 ⁻³ - 10 ¹
UVC	180 - 280	1 mm for ≤ 0.3 s; 1.5 · t ^{0.25} for 0.3 s < t ≤ 10 s	E = 3 · 10 ¹⁰ · [W m ⁻²] See note ^c						
UVB	280 - 302								
	303								
	304								
	305								
	306								
	307								
	308								
	309								
	310								
	311								
	312								
	313								
	314								
	315 - 400								
UVA	400 - 700	7 mm	H = 1.5 · 10 ⁻⁴ C _E [J m ⁻²]	H = 2.7 · 10 ⁻⁴ t ^{0.25} C _E [J m ⁻²]	H = 5 · 10 ⁻⁷ C _E [J m ⁻²]	H = 18 t ^{0.25} C _E [J m ⁻²]	H = 90 t ^{0.25} C _E C _E [J m ⁻²]	H = 5.6 · 10 ⁻¹ t ^{0.25} [J m ⁻²]	
Visible&IRA	700 - 1 050		H = 1.5 · 10 ⁻⁴ C _A C _E [J m ⁻²]	H = 2.7 · 10 ⁻⁴ t ^{0.25} C _A C _E [J m ⁻²]	H = 5 · 10 ⁻⁷ C _A C _E [J m ⁻²]	H = 18 t ^{0.25} C _A C _E [J m ⁻²]	H = 90 t ^{0.25} C _A C _E [J m ⁻²]	H = 5.6 · 10 ⁻¹ t ^{0.25} [J m ⁻²]	
	1 050 - 1 400		H = 1.5 · 10 ⁻⁵ C _E C _E [J m ⁻²]	H = 2.7 · 10 ⁻⁵ t ^{0.25} C _E C _E [J m ⁻²]					
	1 400 - 1 500		E = 10 ⁻¹² [W m ⁻²] See note ^c		H = 10 ⁻⁷ [J m ⁻²]		H = 5.6 · 10 ⁻¹ t ^{0.25} [J m ⁻²]		
IRB & IRC	1 500 - 1 800		E = 10 ⁻¹² [W m ⁻²] See note ^c		H = 10 ⁻⁷ [J m ⁻²]				
	1 800 - 2 600	See note ^d	E = 10 ⁻¹² [W m ⁻²] See note ^c		H = 10 ⁻⁷ [J m ⁻²]		H = 5.6 · 10 ⁻¹ t ^{0.25} [J m ⁻²]		
	2 600 - 10 ⁶		E = 10 ⁻¹¹ [W m ⁻²] See note ^c		H = 100 [J m ⁻²]		H = 5.6 · 10 ⁻¹ t ^{0.25} [J m ⁻²]		

a If the wavelength of the laser is covered by two limits, then the more restrictive applies.
b When 1 400 nm < λ < 10⁶ nm: aperture diameter = 1 mm for t ≤ 0.3 s and 1.5 · t^{0.25} mm for 0.3 s < t ≤ 10 s; when 10⁶ nm < λ < 10⁶ nm: aperture diameter = 11 mm.
c Due to lack of data at these pulse lengths, ICNIRP recommends the use of the 1 ns irradiance limits.
d The table states values for single laser pulses. In case of multiple laser pulses, then the laser pulse durations of pulses falling within an interval T_{int} (listed in table 2.6) must be added up and the resulting time value must be filled in for t in the formula: 5.6 · 10⁻¹ · t^{0.25}.

Tabella 2.2

Valori limite di esposizione dell'occhio a radiazioni laser — Durata di esposizione breve < 10 s

Lunghezza d'onda ^a [nm]		Apertura	Durata [s]						
			10 ⁻¹³ - 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ - 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ - 1.8 · 10 ⁻⁵	1.8 · 10 ⁻⁵ - 5 · 10 ⁻⁵	5 · 10 ⁻⁵ - 10 ⁻³	10 ⁻³ - 10 ¹
UVC	180 - 280	1 mm per t ≤ 0.3 s; 1.5 · t ^{0.25} per 0.3 s < t ≤ 10 s	E = 3 · 10 ¹⁰ · [W m ⁻²] Cfr. nota ^c						
UVB	280 - 302								
	303								
	304								
	305								
	306								
	307								
	308								
	309								
	310								
	311								
	312								
	313								
	314								
UVA	315 - 400								
Visibile&IRA	400 - 700	7 mm	H = 1.5 · 10 ⁻⁴ C _E [J m ⁻²]	H = 2.7 · 10 ⁻⁴ t ^{0.25} C _E [J m ⁻²]	H = 5 · 10 ⁻⁷ C _E [J m ⁻²]	H = 18 t ^{0.25} C _E [J m ⁻²]	H = 90 t ^{0.25} C _E C _E [J m ⁻²]	H = 5.6 · 10 ⁻¹ t ^{0.25} [J m ⁻²]	
IRB & IRC	700 - 1 050		H = 1.5 · 10 ⁻⁴ C _A C _E [J m ⁻²]	H = 2.7 · 10 ⁻⁴ t ^{0.25} C _A C _E [J m ⁻²]	H = 5 · 10 ⁻⁷ C _A C _E [J m ⁻²]	H = 18 t ^{0.25} C _A C _E [J m ⁻²]	H = 90 t ^{0.25} C _A C _E [J m ⁻²]	H = 5.6 · 10 ⁻¹ t ^{0.25} [J m ⁻²]	
	1 050 - 1 400		H = 1.5 · 10 ⁻⁵ C _E C _E [J m ⁻²]	H = 2.7 · 10 ⁻⁵ t ^{0.25} C _E C _E [J m ⁻²]					
	1 400 - 1 500		E = 10 ⁻¹² [W m ⁻²] See note ^c		H = 10 ⁻⁷ [J m ⁻²]		H = 5.6 · 10 ⁻¹ t ^{0.25} [J m ⁻²]		
	1 500 - 1 800		E = 10 ⁻¹² [W m ⁻²] See note ^c		H = 10 ⁻⁷ [J m ⁻²]				
	1 800 - 2 600	Cfr. nota ^d	E = 10 ⁻¹² [W m ⁻²] See note ^c		H = 10 ⁻⁷ [J m ⁻²]		H = 5.6 · 10 ⁻¹ t ^{0.25} [J m ⁻²]		
	2 600 - 10 ⁶		E = 10 ⁻¹¹ [W m ⁻²] See note ^c		H = 100 [J m ⁻²]		H = 5.6 · 10 ⁻¹ t ^{0.25} [J m ⁻²]		

a Se la lunghezza d'onda del laser è coperta da due limiti, si applica il più restrittivo.
b Se 1 400 nm < λ < 10⁶ nm: apertura diametro = 1 mm per t ≤ 0.3 s e 1.5 · t^{0.25} mm per 0.3 s < t ≤ 10 s; se 10⁶ nm < λ < 10⁶ nm: apertura diametro = 11 mm.
c Per mancanza di dati a queste lunghezze di impulso, ICNIRP raccomanda di usare i limiti di irradianza per 1 ns.
d La tabella riporta i valori di singoli impulsi laser. In caso di impulsi multipli, le durate degli impulsi che rientrano in un intervallo T_{int} (elenate nella tabella 2.6) devono essere sommate e il valore di tempo risultante deve essere usato per t nella formula: 5.6 · 10⁻¹ · t^{0.25}.



EXPOSURE LIMIT VALUES

Table 4.3. Exposure limit values for laser exposure to the eye – Long exposure duration ≥ 10 s

Wavelength ^a [nm]		Aperture	Duration [s]		
			$10^1 - 10^2$	$10^2 - 10^4$	$10^4 - 3 \cdot 10^4$
UVC	180–280	3.5 mm	$H = 30 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
UVB	280–302		$H = 40 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	303		$H = 60 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	304		$H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	305		$H = 160 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	306		$H = 250 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	307		$H = 400 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	308		$H = 630 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	309		$H = 1.0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	310		$H = 1.6 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	311		$H = 2.5 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	312		$H = 4.0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	313		$H = 6.3 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	314		$H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
UVA	315–400		$H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
E = 1	400–600 Photochemical (See b.) Retinal damage	7 mm	$H = 100 C_B \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ($\gamma = 11 \text{ mrad}$) See d.	$E = 1 C_B \text{ [W m}^{-2}\text{]}$; ($\gamma = 1,1 t^{0.5} \text{ mrad}$) See d.	$E = 1 C_B \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ ($\gamma = 110 \text{ mrad}$) See d.
	400–700 Thermal (See b.) Retinal damage		If $\alpha < 1.5 \text{ mrad}$ then $E = 10 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ If $\alpha > 1.5 \text{ mrad}$ and $t \leq T_2$ then $H = 18 C_E t^{0.75} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ If $\alpha > 1.5 \text{ mrad}$ and $t > T_2$ then $E = 18 C_E T_2^{-0.25} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$		
IRA	700–1400	7 mm	If $\alpha < 1.5 \text{ mrad}$ then $E = 10 C_A C_C \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ If $\alpha > 1.5 \text{ mrad}$ and $t \leq T_2$ then $H = 18 C_A C_C C_E t^{0.75} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ If $\alpha > 1.5 \text{ mrad}$ and $t > T_2$ then $E = 18 C_A C_C C_E T_2^{-0.25} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ (must not exceed 1000 W m^{-2})		
IRB and IRC	1400–10 ⁶	See c.	$E = 1000 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$		

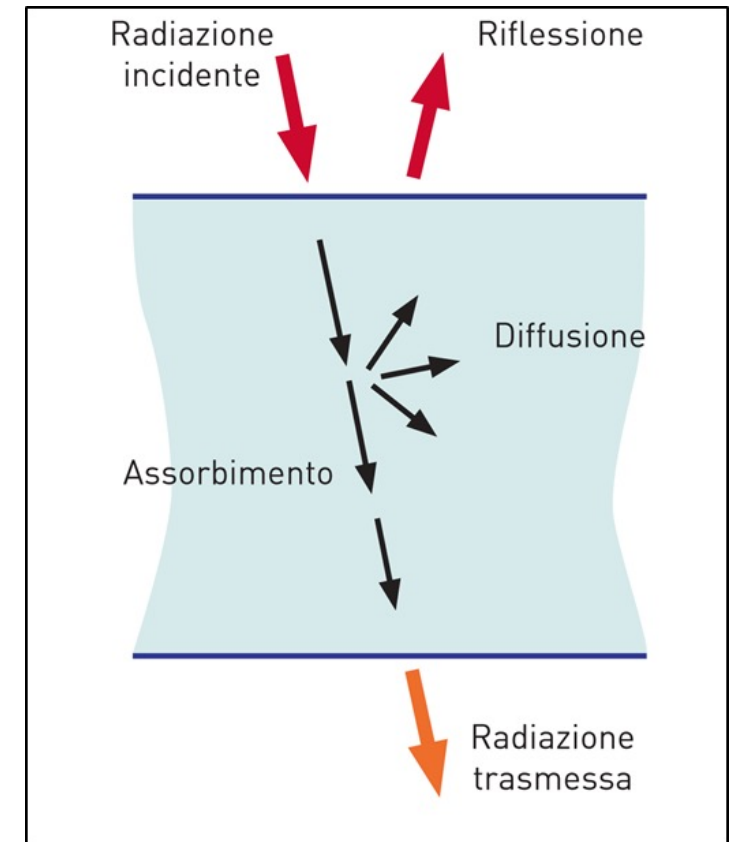
EXPOSURE LIMIT VALUES

Table 4.4. Exposure limit values for laser exposure of skin

Wavelength ^a [nm]		Aperture	Duration [s]					
			< 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ –10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ –10 ⁻³	10 ⁻³ –10 ¹	10 ¹ –10 ³	10 ³ –3 · 10 ⁴
UV (A, B, C)	180–400	3.5 mm	E = 3 · 10 ¹⁰ [W m ⁻²]	Same as eye exposure limits				
Visible and IRA	400–700	3.5 mm	E = 2 · 10 ¹¹ [W m ⁻²]	H = 200 C _A [J m ⁻²]	H = 1,1 · 10 ⁴ C _A t ^{0,25} [J m ⁻²]		E = 2 · 10 ³ C _A [W m ⁻²]	
	700–1400		E = 2 · 10 ¹¹ C _A [Wm ⁻²]					
IRB and IRC	1400–1500	3.5 mm	E = 10 ¹² [W m ⁻²]	Same as eye exposure limits				
	1500–1800		E = 10 ¹³ [W m ⁻²]					
	1800–2600		E = 10 ¹² [W m ⁻²]					
	2600–106		E = 10 ¹¹ [W m ⁻²]					

LA PROPAGAZIONE NEI TESSUTI

- **RIFELSSIONE:** questo fenomeno è dovuto ad un cambiamento nell'indice di rifrazione tra due mezzi.
- **ASSORBIMENTO:** capacità di assorbire la radiazione che propaga con la sua energia.
- **SCATTERING o DIFFUSIONE:** diffusione causata dalle disomogeneità presenti nel mezzo che determinano un'attenuazione del fascio anche se il tipo di materiale è di per se poco assorbente.
- **SCATTERING MULTIPLIO:** fenomeni in cui il fenomeno della diffusione si verifica un numero molto alto di volte.



EFFETTI BIOLOGICI E VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE

- Gli effetti biologici e le soglie di danneggiamento dipendono dal tipo di tessuto colpito dalla radiazione laser (occhio, strutture oculari, pelle).
- Gli effetti biologici dovuti all'interazione della radiazione laser con un tessuto dipendono da:
 - Lunghezza d'onda della radiazione, λ [nm]
 - Durata dell'esposizione (o dell'impulso), t_{exp} [s]
 - Dimensione della zona irradiata, d_s [mm²]
 - Irradimento, E $\left[\frac{W}{m^2}\right]$
 - Esposizione energetica, H $\left[\frac{J}{m^2}\right]$

EFFETTI BIOLOGICI E VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE

I meccanismi di interazione ottica con la materia biologica che determinano le soglie di danneggiamento sono:

- Processo fototermico
- Processo fotochimico
- Effetti non lineari

L'ASSORBIMENTO DELLA RADIAZIONE NEI TESSUTI

- Il principale fenomeno in qualunque tipo di danno causato dalla radiazione laser a un tessuto biologico è l'assorbimento di radiazione ottica da parte di quel sistema.
- L'assorbimento si verifica a livello molecolare o atomico e costituisce un processo specifico della lunghezza d'onda.
- Dunque la sensibilità di un determinato tessuto dipende particolarmente dalla lunghezza d'onda della radiazione che impatta quel tessuto.
- Tanto maggiore è la quantità di radiazione assorbita e tanto maggiore è il danno.
- Le soglie di danneggiamento, pertanto, sono in prima approssimazione inversamente proporzionali al coefficiente di assorbimento, definito come il rapporto tra la potenza della radiazione assorbita dal tessuto e quella della radiazione incidente sul tessuto stesso.
- Il processo di assorbimento della radiazione dipende dalla presenza di sostanze nel tessuto dette cromofori.



L'ASSORBIMENTO E LO SCATTERING

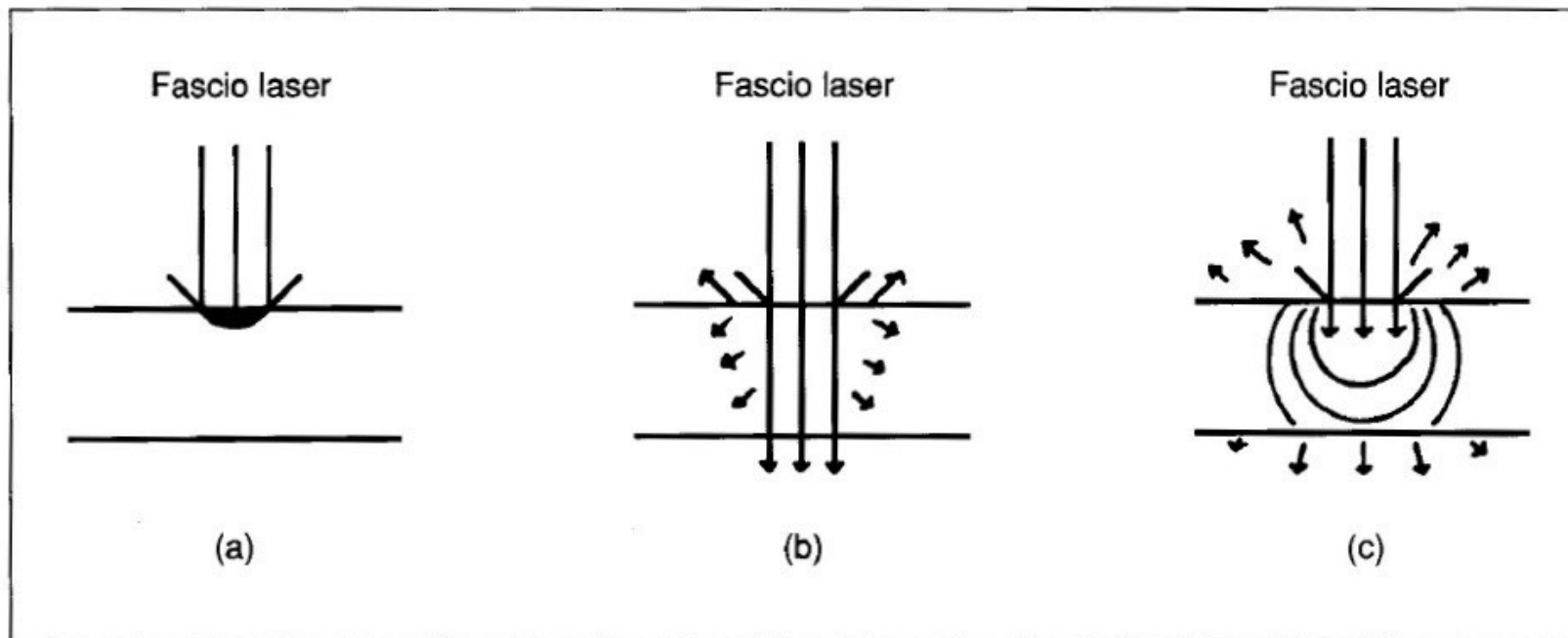


Figura 8. Schema della distribuzione della radiazione in un tessuto: a) assorbimento dominante; b) assorbimento ~ scattering; c) scattering dominante.

NEI TESSUTI UMANI

- **Assorbimento minimo: 600-1000 nm**
- **UVC, UVB, IRB, IRC: assorbimento forte** – profondità di penetrazione tra **1 μm e 50 μm**
- **Da 450 a 590 nm: assorbimento e scattering confrontabili** – profondità di penetrazione tra **50 μm e 1.5 mm**
- **Tra 590 nm e 1500 nm: scattering dominante** - profondità di penetrazione tra **1.5 e 8 mm**

ESPRESSIONE DELL'ESPOSIZIONE MASSIMA PERMESSA (DIRETTIVA)

I limiti di esposizione dipendono dalla lunghezza d'onda, dalla durata dell'esposizione (durata dell'impulso), e in alcuni casi dal diametro irradiato (diametro dello spot).

Le tabelle riportano un'espressione dell'esposizione massima permessa come:

$$EMP_{th} = EMP_{thmin} \cdot \text{Fattori correttivi}$$

$EMP_{thmin}(t)$ è l'Esposizione Massima Permessa minima ed è dipendente dalla durata di esposizione t e al range di lunghezza d'onda considerato

I fattori correttivi sono:

- $C_A(\lambda)$: è relativo all'assorbimento della radiazione da parte dell'epitelio pigmentato retinico, ovvero quello strato di cellule pigmentate che nutre le sovrastanti cellule visive retiniche e che è saldamente attaccato alla sottostante coroide. E' definito per lunghezze d'onda comprese tra $400 \text{ nm} < \lambda < 1400 \text{ nm}$.
- $C_B(\lambda)$: è relativo al danno fotochimico ed è un fattore correttivo definito per lunghezze d'onda comprese tra $400 \text{ nm} < \lambda < 600 \text{ nm}$.
- $C_C(\lambda)$: è relativo alla trasmittanza da parte delle strutture preretiniche che la radiazione attraversa prima di raggiungere la retina. E' definito per lunghezze d'onda comprese tra $700 \text{ nm} < \lambda < 1400 \text{ nm}$.
- C_E : è dipendente dalla grandezza dello spot e tiene conto della condizione di sorgente estesa o riflessione diffusa. Si traduce in una dipendenza dall'angolo sotteso della sorgente apparente $\alpha > \alpha_{min}$ con $\alpha_{min} = 1.5 \text{ mrad}$. E' definito per lunghezze d'onda comprese tra $400 \text{ nm} < \lambda < 1400 \text{ nm}$.



ESPRESSIONE DELL'ESPOSIZIONE MASSIMA PERMESSA (IEC 60825-1)

I limiti di esposizione dipendono dalla lunghezza d'onda, dalla durata dell'esposizione (durata dell'impulso), e in alcuni casi dal diametro irradiato (diametro dello spot).

Le tabelle riportano un'espressione dell'esposizione massima permessa come:

$$EMP_{th} = EMP_{thmin} \cdot \text{Fattori correttivi}$$

$EMP_{thmin}(t)$ è l'Esposizione Massima Permissa minima ed è dipendente dalla durata di esposizione t e al range di lunghezza d'onda considerato

I fattori correttivi sono:

- $C_4(\lambda)$: è relativo all'assorbimento della radiazione da parte dell'epitelio pigmentato retinico, ovvero quello strato di cellule pigmentate che nutre le sovrastanti cellule visive retiniche e che è saldamente attaccato alla sottostante coroide. E' definito per lunghezze d'onda comprese tra $400 \text{ nm} < \lambda < 1400 \text{ nm}$.
- $C_{1,2,3}(\lambda)$: è relativo al danno fotochimico ed è un fattore correttivo definito per lunghezze d'onda comprese tra $180 \text{ nm} < \lambda < 600 \text{ nm}$.
- $C_7(\lambda)$: è relativo alla trasmittanza da parte delle strutture preretiniche che la radiazione attraversa prima di raggiungere la retina. E' definito per lunghezze d'onda comprese tra $700 \text{ nm} < \lambda < 1400 \text{ nm}$.
- C_6 : è dipendente dalla grandezza dello spot e tiene conto della condizione di sorgente estesa o riflessione diffusa. Si traduce in una dipendenza dall'angolo sotteso della sorgente apparente $\alpha > \alpha_{min}$ con $\alpha_{min} = 1.5 \text{ mrad}$. E' definito³⁰ per lunghezze d'onda comprese tra $400 \text{ nm} < \lambda < 1400 \text{ nm}$.



CLASSIFICAZIONE DEI PRODOTTI LASER

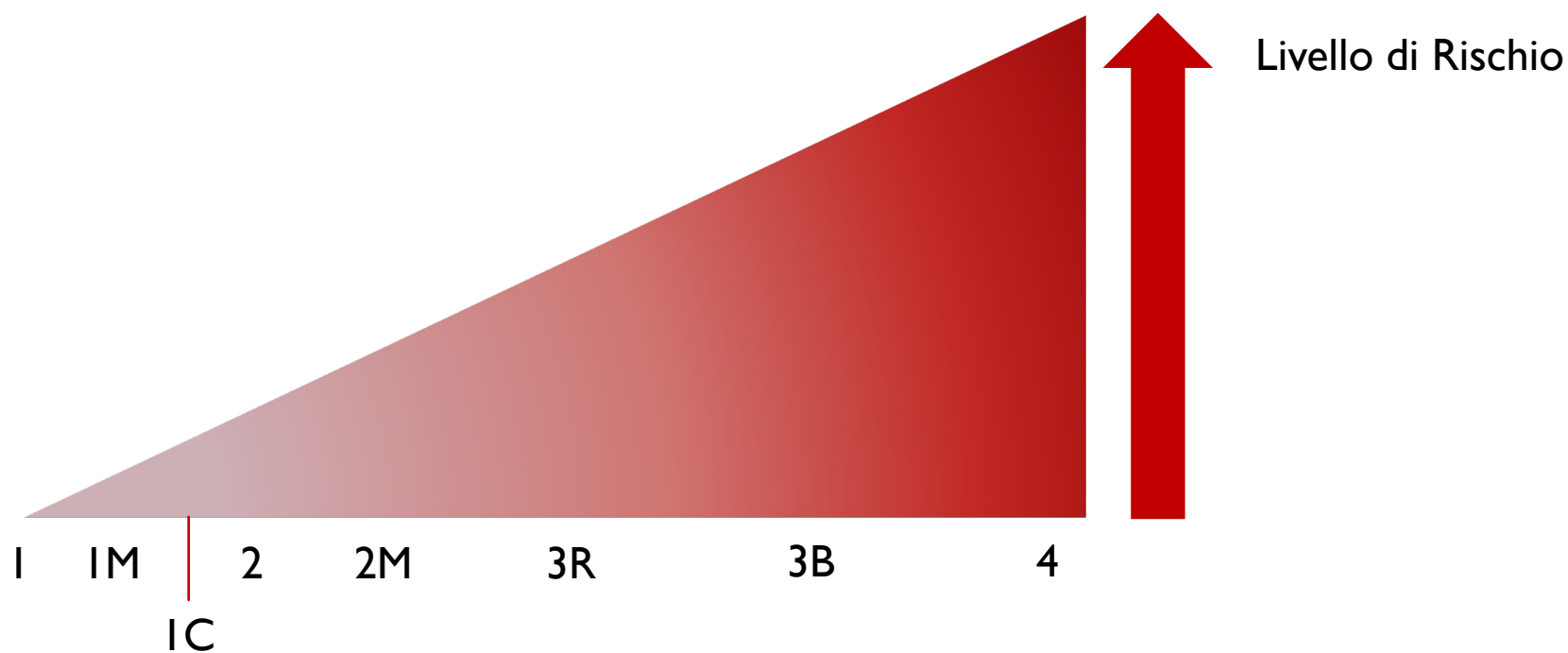
- Il processo di classificazione è stato sviluppato allo scopo di aiutare l'utilizzatore nella valutazione dei rischi dell'apparecchio laser e determinare le necessarie misure di prevenzione e protezione.
- L'intento del processo di classificazione è di riconoscere e racchiudere pericoli «simili» connessi all'aumentare della potenza ottica accessibile, sopra un riferimento costituito dalle EMP (Esposizioni Massime Permesse).
- La classificazione dell'apparecchio laser riguarda i potenziali pericoli connessi alla radiazione laser accessibile (rispetto ai possibili danni agli occhi e alla pelle) e non in relazione agli altri potenziali pericoli quali la radiazione collaterale, il pericolo elettrico, meccanico, chimico, etc.

CLASSIFICAZIONE DEI PRODOTTI LASER

- La determinazione della classe prevede il confronto tra il suo livello di **radiazione accessibile (LA)** e il LEA di una particolare classe.
- Per eseguire la classificazione di un apparecchio laser occorre seguire determinate regole descritte nella norma CEI EN 60825-1.
- **Il LEA è il livello massimo di emissione accessibile ammesso per una particolare classe.**
- **I valori di LEA si riferiscono a classi diverse e dipendono da:**
 - Lunghezza d'onda, λ
 - Tempo di emissione, t
 - Modalità di funzionamento (**CW/PW**)
 - Durata dell'impulso, t_{imp}
 - Dimensione della zona irradiata, d_s

CLASSIFICAZIONE DEI PRODOTTI LASER

- La classificazione secondo la norma CEI EN 60825-1 (edizione n.3) comprende 8 classi: I, IM, IC, 2, 2M, 3R, 3B e 4.

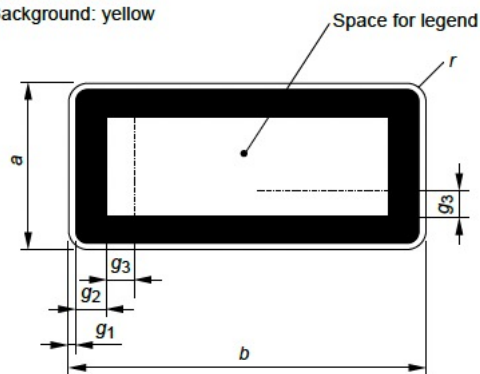


CLASSIFICAZIONE DEI PRODOTTI LASER

I	Innocuo in esercizio normale
IC	Intrinsecamente non sicuro come la classe I
IM	Innocuo senza strumenti ottici
2	Innocuo se l'esposizione è momentanea
2M	Senza strumenti ottici → come classe 2
3R	Limitatamente pericoloso
3B	Raggio diretto pericoloso per gli occhi; radiazione diffusa non pericolosa
4	Raggio diretto pericoloso per gli occhi e la pelle; radiazione diffusa ev. pericolosa per gli occhi. Pericolo di incendio.

ETICHETTATURA

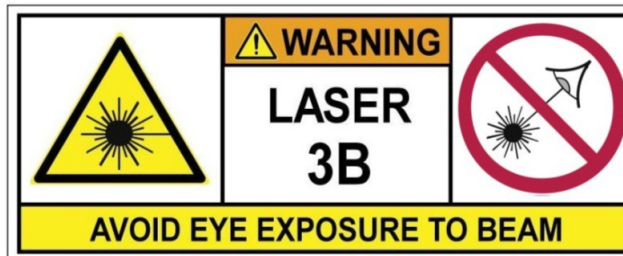
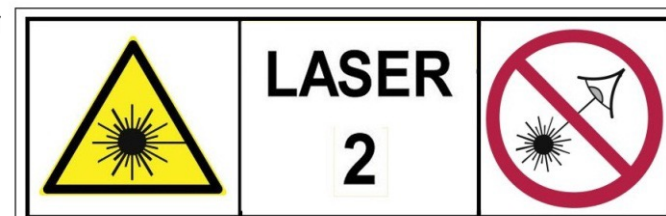
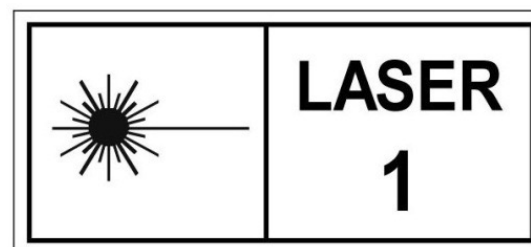
Legend and border: black
Background: yellow



IEC 1066/14

CLASS 1 LASER PRODUCT

LASER RADIATION
DO NOT EXPOSE USERS OF
TELESCOPIC OPTICS
CLASS 1M LASER PRODUCT



Dimensions in millimetres

$a \times b$	g_1	g_2	g_3	r	Minimum height of lettering
26 × 52	1	4	4	2	Lettering shall be of a size which renders it legible
52 × 105	1,6	5	5	3,2	
84 × 148	2	6	7,5	4	
100 × 250	2,5	8	12,5	5	
140 × 200	2,5	10	10	5	
140 × 250	2,5	10	12,5	5	
140 × 400	3	10	20	6	
200 × 250	3	12	12,5	6	
200 × 400	3	12	20	6	
250 × 400	4	15	25	8	

The dimension g_1 is recommended.

CLASSIFICAZIONE DEI PRODOTTI LASER

CLASS	PROTECTIVE CONTROL MEASURES These should be implemented unless a risk assessment justifying the adoption of alternative protective control measures has been undertaken.
1	No protective control measures are necessary under conditions of normal operation. (This may not be the case under conditions of maintenance or service, or reasonably foreseeable misuse.) In the case of embedded laser products containing a laser of higher power, follow instructions given on warning labels and supplied by the manufacturer. Special precautions may be needed for on-site servicing of embedded laser products (see 9.5).
1C	No special precautions are required to protect the eye during normal operation because the product should have effective engineering controls. Repeated exposure of the same site on the skin is not advised. Products should have effective engineering controls to prevent use of the applicator on the face where the eye may be at risk of exposure to optical radiation in excess of the appropriate maximum permissible exposure level.
1M	Prevent direct viewing of the laser source through magnifying viewing instruments, such as binoculars or telescopes, unless these incorporate adequate levels of protection. ^a Prevent the use of any external optics that could decrease the diameter. In the case of embedded laser products containing a laser of higher power, follow instructions given on warning labels and supplied by the manufacturer. Special precautions may be needed for on-site servicing of embedded laser products (see 9.5).
2	Do not stare into the beam. Do not look into the laser or direct the beam at other people or into areas where other people unconnected with the laser work might be present. Ensure the beam is always terminated at a suitable non-specular (i.e. non mirror-like) surface. In the case of embedded laser products containing a laser of higher power, follow instructions given on warning labels and supplied by the manufacturer. Special precautions may be needed for on-site servicing of embedded laser products (see 9.5).

	Special precautions may be needed for on-site servicing of embedded laser products (see 9.5).
2M	Do not stare into the beam. Do not look into the laser or direct the beam at other people or into areas where other people unconnected with the laser work might be present. Ensure the beam is always terminated at a suitable non-specular (i.e. non mirror-like) surface. Prevent direct viewing of the laser source through magnifying viewing instruments, such as binoculars or telescopes, unless these incorporate adequate levels of protection. ^a Prevent the use of any external optics that could decrease the beam diameter. In the case of embedded laser products containing a laser of higher power, follow instructions given on warning labels and supplied by the manufacturer. Special precautions may be needed for on-site servicing of embedded laser products (see 9.5).
3R	Prevent direct eye exposure to the beam. Do not look into the laser or direct the beam at other people or into areas where other people unconnected with the laser work may be present. Ensure the beam is always terminated at a suitable non-specular (i.e. non mirror-like) surface. In the case of embedded laser products containing a laser of higher power, follow instructions given on warning labels and supplied by the manufacturer. Special precautions may be needed for on-site servicing of embedded laser products (see 9.5).
3B and 4	Class 3B and Class 4 laser products should not be used without first carrying out a risk assessment to determine the protective control measures necessary to ensure safe operation. Ensure the beam is always terminated at a suitable non-specular (i.e. non mirror-like) surface. Where reasonably practicable, use engineering means, as specified in IEC 60825-1 , to reduce the effective class of the laser system to below Class 3B. (This will normally mean completely enclosing the laser radiation to form a Class 1 laser product.)
^a The type of viewing instrument that could be hazardous may be indicated on the warning label or in the user information supplied by the manufacturer.	

REQUISITI PRESCRITTI PER IL COSTRUTTORE

Table 13 – Requirements for safety interlocking

Product class	Radiation levels that would be accessible during or after removal of access panel if there were no interlock or for overridden interlock				
	1, 1M	2, 2M	3R	3B	4
1, 1M, 1C	–	–	X	X	X
2, 2M	–	–	X	X	X
3R	–	–	–	X	X
3B	–	–	–	X	X
4	–	–	–	X	X

Requisiti ingegneristici per il costruttore	I	IC	IM	2	2M	3R	3B	4
Classificazione	x	x	x	x	x	x	x	x
Ripari di protezione	x	x	x	x	x	x	x	x
Interlock sui pannelli di accesso						x	x	x
Comando Remoto							x	x
Comando a chiave							x	x
Indicatore di avviso emissione						x	x	x
Attenuatore del fascio							x	x
Posizionamento dei comandi						x	x	x
Ottiche di osservazione		x	x	x	x	x	x	x
Scansione	x	x	x	x	x	x	x	x
Targhetta della classe	x	x	x	x	x	x	x	x
Targhetta di apertura						x	x	x
Targhetta per apertura di regolazione	x	x	x	x	x	x	x	x
Targhetta neutralizzazione blocco sicurezza	x	x	x	x	x	x	x	x
Etichetta intervallo lunghezze d'onda	x	x	x	x	x	x	x	x
Informazioni per l'utilizzatore	x	x	x	x	x	x	x	x
Informazioni per l'acquisto e l'assistenza	x	x	x	x	x	x	x	x

Valutazione del rischio laser

- **Identificazione delle situazioni potenzialmente pericolose;**
- **Classificazione dei Laser e Valutazione del Rischio;**
- **Confronto tra le esposizioni e i limiti di esposizione:**
- **DNPO – Distanza Nominale di Pericolo Oculare;**
- **Valutazione del Rischio;**
- **Misure di contenimento del rischio.**

Concetti di pericolo, rischio e valutazione dei rischio

- **Pericolo:** proprietà o qualità intrinseca di un determinato fattore avente il potenziale di causare danni;
- **Rischio:** probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione;
- **Valutazione dei rischi:** valutazione globale e documentata di tutti i rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori presenti nell'ambito dell'organizzazione in cui essi prestano la propria attività, finalizzata ad individuare le adeguate misure di prevenzione e di protezione e ad elaborare il programma delle misure atte a garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di salute e sicurezza.

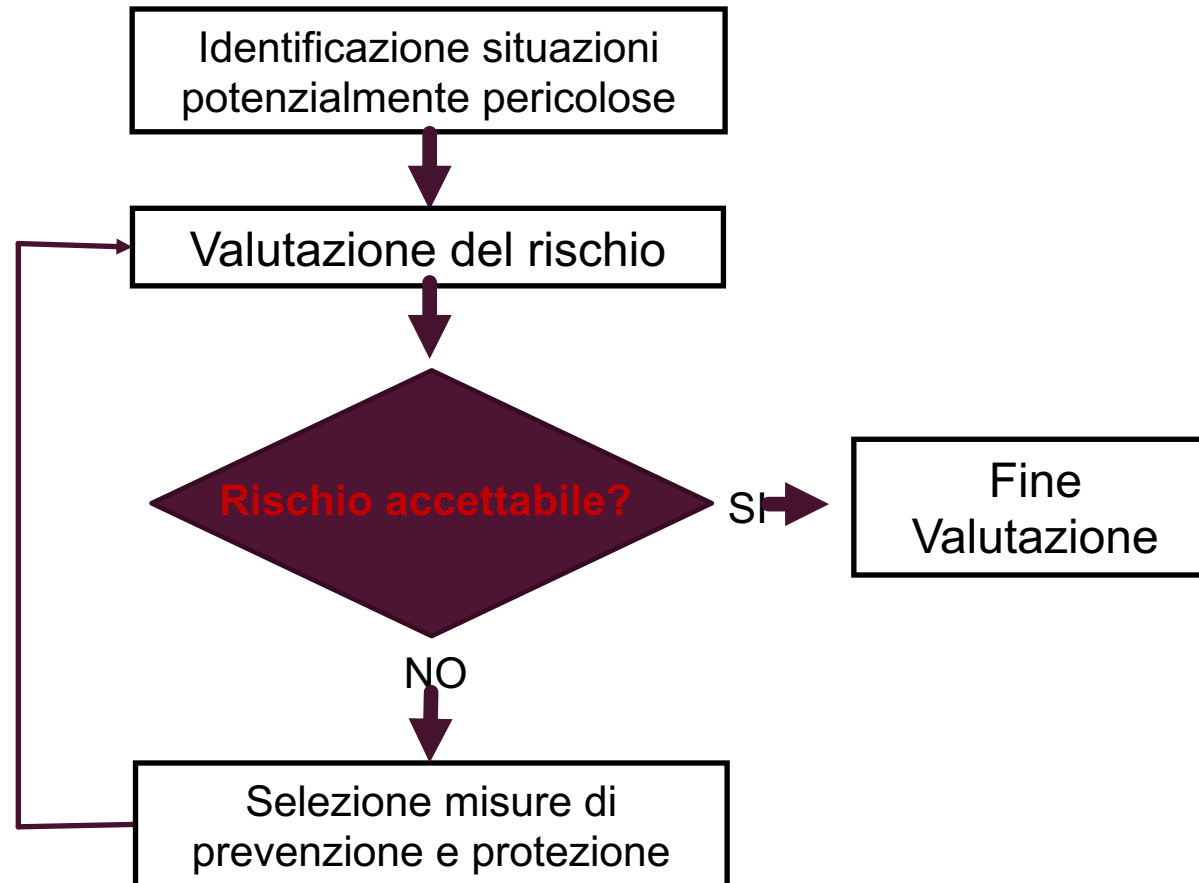
Nell'ambito Laser.....

Nell'ambito laser, **il pericolo** è rappresentato sia dalla radiazione laser, che da pericoli collaterali, quali incendio, elettricità, gas in pressione, contaminazione dell'atmosfera, etc..

Il rischio è diverso secondo la fase di utilizzo del sistema: progettazione, implementazione, installazione, operatività, manutenzione, assistenza, e non ultimo anche dismissione e smaltimento.

La valutazione dei rischi, processo iterativo e complesso, che richiede le seguenti azioni: la determinazione delle caratteristiche del fascio laser, il calcolo o misura dell'effettivo livello di esposizione, il calcolo dei valori limite di esposizione e il calcolo o la verifica della distanza di sicurezza

Valutazione del rischio laser



Valutazione del rischio laser

1) Identificazione delle situazioni potenzialmente pericolose:

- 1) Individuazione delle sorgenti laser da valutare, del tipo di ambiente di lavoro e degli spazi in cui si opera;
- 2) Verifica della Classe delle sorgenti laser da valutare;
- 3) Verifica dei requisiti prescritti per il costruttore;
- 4) Individuazione delle modalità operative dei sistemi laser;
- 5) Individuazione dei parametri fisici e delle modalità di propagazione del fascio;
- 6) Individuazione del personale potenzialmente esposto e del livello di informazione, formazione e protezione;
- 7) Verifica delle misure di prevenzione e protezione per l'utilizzatore già in essere

2) Valutazione delle situazioni potenzialmente pericolose:

- 1) Confronto tra le esposizioni fisiche e i VLE (Valori Limite di Esposizione)
- 2) Frequenza dell'esposizione al pericolo
- 3) Entità del danno potenziale

3) Selezione delle misure di sicurezza

MA QUALI SONO I RISCHI ASSOCIATI?

RISCHI COLLATERALI: rischi che possono derivare dal funzionamento del laser

Gran parte del controllo dei rischi collaterali dovrebbe essere compito del costruttore.

Laddove questi rischi non possano ragionevolmente essere eliminati completamente attraverso il progetto e la costruzione, o possano porsi in essere in virtù di un'applicazione dedicata e/o non prevista dal costruttore o nella delicata fase di manutenzione, l'utilizzatore deve valutarli, controllarli, eliminarli

I RISCHI COLLATERALI

❑ **Rischio elettrico:**

- **Contatti diretti e contatti indiretti**
- **Particolare attenzione alle fasi di manutenzione e di assistenza che prevedono generalmente di operare con ripari rimossi e interlock disattivati;**
- **Molti laser utilizzano alte tensioni; particolare attenzione ai laser impulsati che impiegano banchi di condensatori che possono immagazzinare notevoli quantità di energia (possibili problemi di dissipazione e di dimensionamento della resistenza di collettore).**

I RISCHI COLLATERALI

❑ **Rischio di radiazione collaterale:**

- **Raggi X** possono essere prodotti attraverso l'interazione di fasci laser ad elevata potenza con target di metalli pesanti;
- **UV, VIS e IR** possono essere prodotti dai tubi di diseccitazione dei laser a gas, dalle lampade di scarica in laser pompate otticamente e dal plasma creato;
- **MO e RF** sono prodotti da laser eccitati in radiofrequenza.

❑ **Radiazione laser di lunghezza d'onda diversa dalla riga principale**

I RISCHI COLLATERALI

❑ **Rischio incendio, esplosione e danno termico:**

- **Laser di elevata potenza possono innescare un incendio; il rischio aumenta in processi dove è necessaria un'atmosfera ricca di ossigeno (in ambito sanitario, attenzione a un uso non corretto di endoscopi e a laser di classe 4 che colpiscono lenzuola e telini):**
- **Livelli di potenza $> 35 \text{ mW}$ uscenti da una fibra ottica a singolo modo può essere sufficiente per causare combustione in alcuni ambienti;**
- **Lampade a scarica ad alta pressione e i banchi di condensatori possono esplodere;**
- **Specchi esterni in relazione all'energia assorbita possono frantumarsi (con pericolo di radiazione laservagante);**
- **In virtù di componenti infiammabili (parti in plastica) che possono riscaldarsi in seguito a guasti interni.**

I RISCHI COLLATERALI

❑ **Rischio chimico / cancerogeno:**

- Laser a gas (es eccimeri)
- Dye laser (attenzione ad alcuni solventi che sono molto volatili)
- Altri materiali tossici usati (es. solventi, lenti di seleniuro di zinco, ecc.)

❑ **Rischio di contaminazione dell'atmosfera:**

- In relazione a molti laser di classe 4 utilizzati nell'industria durante le operazioni di taglio, saldatura, trattamento dei materiali; la tossicità del particolato e del gas dipende particolarmente dalla sua concentrazione, dal materiale processato e dal tempo di esposizione;
- In ambito sanitario in relazione a operazioni chirurgiche.

I RISCHI COLLATERALI

☐ **Rischio meccanico:**

- **Urti**
- **Inciampi (es. cavi elettrici, tubi di ricircolo dell'acqua, ecc.)**
- **Tagli da oggetti appuntiti**

☐ **Rumore e ultrasuoni**

☐ **Caldo e freddo**

I RISCHI COLLATERALI

- ❑ **Temperatura e umidità**
- ❑ **Schock meccanici e vibrazioni**
- ❑ **Effetti in virtù del tipo di atmosfera**
- ❑ **Interferenze elettromagnetiche**
- ❑ **Interruttore dell'alimentazione elettrica**
- ❑ **Problemi di software**
- ❑ **Considerazioni ergonomiche**

LA NUOVA NORMA CEI 76-17



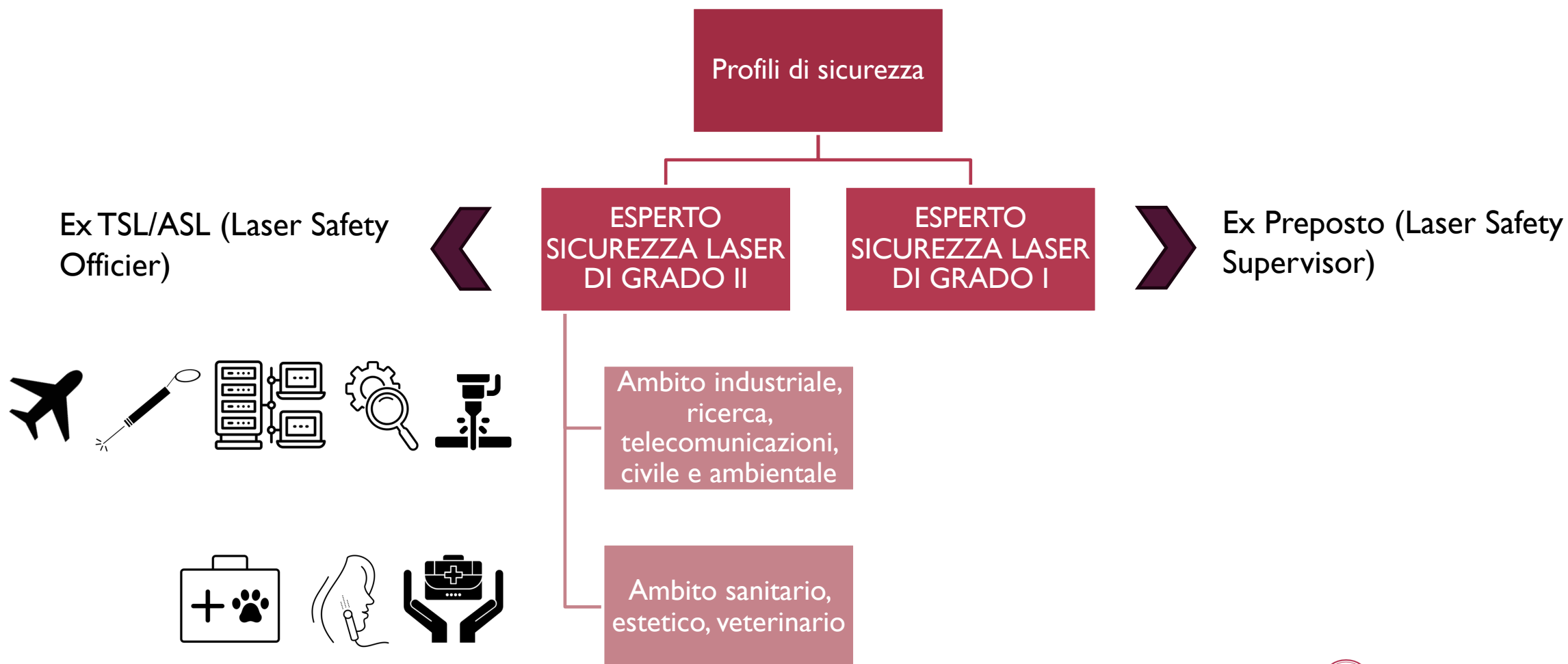
Obiettivo: armonizzazione e uniformità nei profili professionali che si occupano di sicurezza delle persone coinvolte nei processi o nelle pratiche con laser e prodotti laser con maggiore risalto per quelli di classe 3B e 4.

Classificazione CEI: 76-17

Data di Pubblicazione: 2024-11

Inizio Validità: 2024-12

LA NUOVA NORMA CEI 76-17



LA NUOVA NORMA CEI 76-17: COMPITI E ATTIVITA' SPECIFICHE ESL-I

Cosa fa? L'ESL-I supervisiona e gestisce in modo continuativo la sicurezza laser all'interno dell'organizzazione. Segue le indicazioni dell'ESL-II

Cosa non fa? Non fa calcoli, e valutazione del rischio laser, non prescrive misure o dispositivi di protezione, non fa la classificazione dei prodotti.

Quando serve? Nelle organizzazioni in cui sono presenti prodotti di classe IC, IM, 2M, 3B e 4 oltre ai prodotti 3R.

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: COMPITI E ATTIVITA' SPECIFICHE

COMPITI

Verifiche: macchine e documentazione

Verifiche tecnica dell'installazione



ATTIVITA'

Censimento aggiornamento parco macchine

Accertamento, mantenimento e archiviazione documentazione

Supporto all'implementazione
Accertamento dotazione, presidi di protezione, ambiente di lavoro, spazi

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: COMPITI E ATTIVITA' SPECIFICHE

COMPITI

Gestione quotidiana



ATTIVITA'

Supporto alla VdR
Supervisione vigilanza utilizzatori
Verifica dell'adeguatezza del luogo di lavoro e degli spazi
Informazione e supporto all'utilizzatore
Accertamento su persone che utilizzano gli strumenti e accedono alle aree delimitate
Segnalazione tempestiva di criticità e deficienze

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: COMPITI E ATTIVITA' SPECIFICHE

COMPITI

Mantenimento e monitoraggio
delle condizioni di sicurezza

Gestione incidenti



ATTIVITA'

Segnalazione tempestiva di
necessità di rivalutazione del rischio

Sensibilizzazione utilizzatori ai rischi
Informazione tempestiva agli utilizzatori
Attivazione tempestiva interventi di
primo soccorso
Segnalazione tempestiva dell'evento
avverso

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: I REQUISITI RICHIESTI - CONOSCENZE

- Applicazioni generali della radiazione laser
- Caratteristiche essenziali della radiazione laser
- Legislazioni e normativa
- Classi ed etichettatura
- Effetti biologici della radiazione
- Significato di VLE ed EMP
- Fattori di rischio ed elementi valutati
- Significato della DNPO
- Sistemi di trasporto del fascio
- Misure di prevenzione e protezione
- Procedure generali di sicurezza
- Segnaletica dedicata
- DPI e DPC: utilizzi e gestioni
- Principi di assicurazione della qualità di laser e prodotti

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: I REQUISITI RICHIESTI – ABILITA'

- Comprensione di contenuto, indicazioni e interventi indicati nel DVR (Rischi diretti e associati)
- Comprensione delle informazioni contenute nel manuale di utilizzo e manutenzione di laser e prodotti laser
- Attenzione allo stato di integrità di laser, prodotti, accessori e tecniche di prevenzione
- Attenzione ad efficacia ed efficienza delle tecniche di prevenzione
- Attenzione all'efficacia delle strategie organizzative
- Capacità di identificare criticità inerenti la sicurezza

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: I REQUISITI RICHIESTI – RESPONSABILITÀ E AUTONOMIA

Essere in grado di:

- Segnalare situazioni di potenziale pericolo
- Verificare l'attuazione delle misure tecniche, organizzative e procedurali indicate nel DVR
- Supportare gli utilizzatori e informarli sulla sicurezza
- Verificare che gli utilizzatori siano opportunamente formati su rischi diretti ed associati
- Verificare predisposizione dell'ambiente in cui è presente il prodotto laser e relativi accessi (su indicazione ESL-II)
- Gestire nell'immediato le situazioni potenzialmente critiche
- Effettuare ispezione visiva prima dell'accensione del laser, integrità di sistema ed accessori, DPI e DPC prescritti da ESL-II
- Segnalare all'ESL-II problemi, criticità e comportamenti scorretti
- Segnalare all'ESL-II possibili interventi di natura operativa per migliorare la gestione delle attività

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: COMPITI E ATTIVITA' SPECIFICHE ESL-II

Cosa fa? L'ESL-II effettua la valutazione del rischio laser. Dimensiona e sceglie le misure di prevenzione e protezione. Verifica la classificazione dei prodotti.

Quando serve? Nelle organizzazioni in cui sono presenti prodotti di classe IC, IM, 2M, 3B e 4 oltre ai prodotti 3R.

L'ESL-II definito nella presente Norma è da considerarsi personale qualificato in possesso di specifiche conoscenze in materia, ai sensi dell'articolo 181 del D.Lgs. 81/2008.

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: COMPITI E ATTIVITA' SPECIFICHE

COMPITI

Identificazione dei fattori di rischio per esposizione alla radiazione



Valutazione del rischio per esposizione



ATTIVITA'

Identificazione sorgenti, ambienti e spazi
Individuazione dei parametri fisici che caratterizzano il laser
Identificazione rischi associati
Analisi preventiva potenziali incidenti

Confronto emissione prodotti con MPE e VLE
Metodologie di analisi del rischio

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: COMPITI E ATTIVITA' SPECIFICHE

COMPITI

Valutazione dei rischi associati
alla radiazione laser

Individuazione delle misure di
sicurezza e mitigazione del
rischio



ATTIVITA'

Valutazione dei rischi associati

Individuazione e prescrizione delle misure di
prevenzione di carattere tecnico (barriere,
schermi e protezioni automatiche attive)

Individuazione e prescrizione delle misure di
prevenzione di carattere organizzativo

Individuazione e prescrizione DPI DPC

Realizzazione di procedure specifiche e
istruzioni operative

61



LA NUOVA NORMA CEI 76-17: COMPITI E ATTIVITA' SPECIFICHE

COMPITI

Verifica della classe dei laser

Stesura DvR



ATTIVITA'

Applicazione metodologie di
classificazione
Verifica possesso requisiti ingegneristici

Redazione documento
Revisione e aggiornamento VdR

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: COMPITI E ATTIVITA' SPECIFICHE

COMPITI

Gestione incidenti

Informazione e formazione
dei lavoratori in ambito
sicurezza



ATTIVITA'

Intervento tempestivo e analisi
Istruzione aggiornamento registro
incidenti

Analisi retrospettiva incidenti

Informazione ai sensi dell'art.36 del
D.Lgs. 81/2008

Formazione ai sensi dell'art.37 del
D.Lgs. 81/2008 e aggiornamenti

Comprensione natura radiazione⁶³



LA NUOVA NORMA CEI 76-17: COMPITI E ATTIVITA' SPECIFICHE

COMPITI

Informazione e formazione
dei lavoratori in ambito
sicurezza



ATTIVITA'

Conoscenza dei pericoli, dei meccanismi di
interazione del fascio con tessuti biologici e danni
Comprendere il significato della segnaletica di
sicurezza
Comprendere le procedure di sicurezza riportate nel
DvR
Conoscere precauzioni aggiuntivi per attività non
ordinarie
Familiarità con procedure organizzative gestionali
Segnalazioni al datore di lavoro

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: I REQUISITI RICHIESTI - CONOSCENZE

- Applicazioni specifiche della radiazione laser
- Principi di funzionamento, fisica dei laser e caratteristiche della radiazione
- Legislazioni e norme tecniche fondamentali (CEI EN IEC 60825-1, CEI EN IEC 60825-14, UNI EN 207, UNI EN 208, ISO 19818, UNI EN ISO 11553-1, UNI EN ISO 11553-2, CEI EN 60825-2, CEI EN 60825-12) più quelle specifiche al settore di impiego
- Effetti biologici della radiazione laser
- Interazione laser/materia(biomateria)
- Determinazione VLE e MPE
- Propagazione della radiazione, ottiche e shaping
- Rischi associati
- Radiazione laser accessibile e DNPO
- Misure di prevenzione e protezione di tipo tecnico-ingegneristico e organizzativo
- Dimensionamento di barriere e schermi (CEI EN IEC 60825-4, UNI EN ISO 12254)
- Segnaletica per la sicurezza
- Procedure di sicurezza
- Norme tecniche per la determinazione dei DPI

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: I REQUISITI RICHIESTI - CONOSCENZE

- Processo di classificazione
- Determinazione LEA
- Etichettatura e prescrizione per il costruttore
- Formazione del formatore
- Principi di Assicurazione e di qualità

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: I REQUISITI RICHIESTI – ABILITA'

- Identificazione delle postazioni di lavoro di possibile esposizione e modalità di valutazione del rischio in funzione dei possibili scenari
- Calcolo ed eventuale misura dei livelli di radiazione accessibili delle persone potenzialmente esposte (algoritmi da norma)
- Scelta strumentazione di misura
- Calcolo dei VLE e di MPE e loro confronto
- Interpretazione e dei risultati significativi
- Progettazione e pianificazione operativa di opportune misure di prevenzione e protezione
- Redazione di una relazione tecnica che riporti calcoli, risultati e misure
- Calcolo LEA
- Conformità alla legislazione che definisce la figura del formatore professionale nell'ambito della sicurezza sul lavoro (DM 6/3//2013)
- Valutazione parametri di emissione e trasmissione fascio secondo protocolli

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: I REQUISITI RICHIESTI – RESPONSABILITÀ E AUTONOMIA

Essere in grado di:

- Pianificare una campagna di misura per valutazione del rischio (diretto e indiretto per diverse tipologie di prodotto e scenari)
- Valutare il rischio per l'esposizione alla radiazione e rischi associati con approccio fisico-matematico
- Redirigere una relazione tecnica di supporto al DVR
- Progettare adeguate misure di prevenzione e protezione
- Individuare pericoli associati ai prodotti laser collaborando con l'SPP
- Analizzare incidenti
- Verificare la classe di un prodotto laser
- Effettuare corsi di formazione in ambito sicurezza laser
- Verificare e validare le misure effettuate confrontandole con parametri nominali certificati dal costruttore
- Analizzare criticità e pianificare azioni correttive

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: CONOSCENZE SPECIFICHE DELL'ESP-II

ESPERTO SICUREZZA LASER DI GRADO II



Ambito industriale,
ricerca,
telecomunicazioni,
civile e ambientale

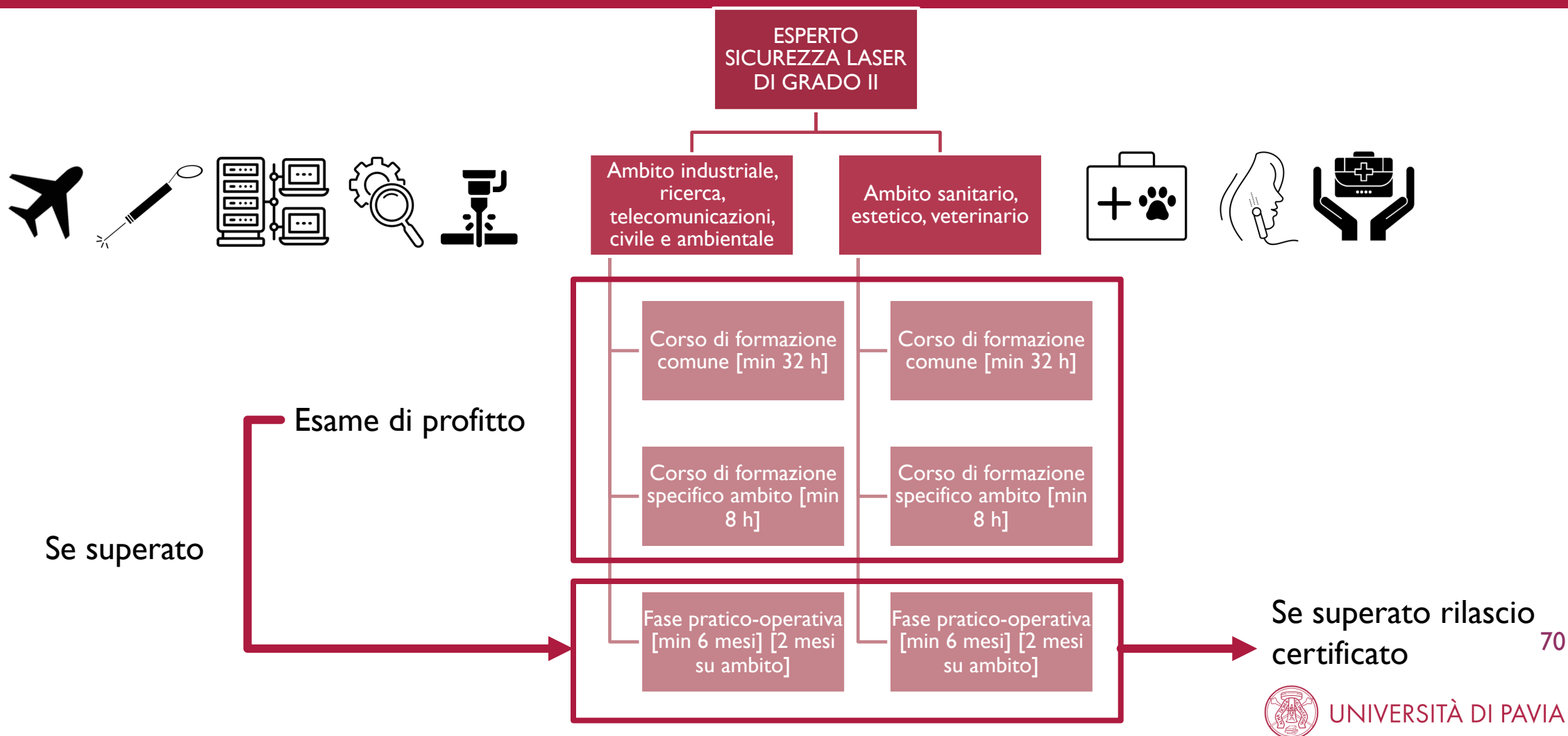
Ambito sanitario,
estetico, veterinario

Applicazioni tipiche e caratteristiche radiazione
Rischi diretti ed associati considerando possibili interazioni
con strumenti e materiali presenti e/o anomalie
Presentazioni e giochi di luce (IEC TR 60825-3)

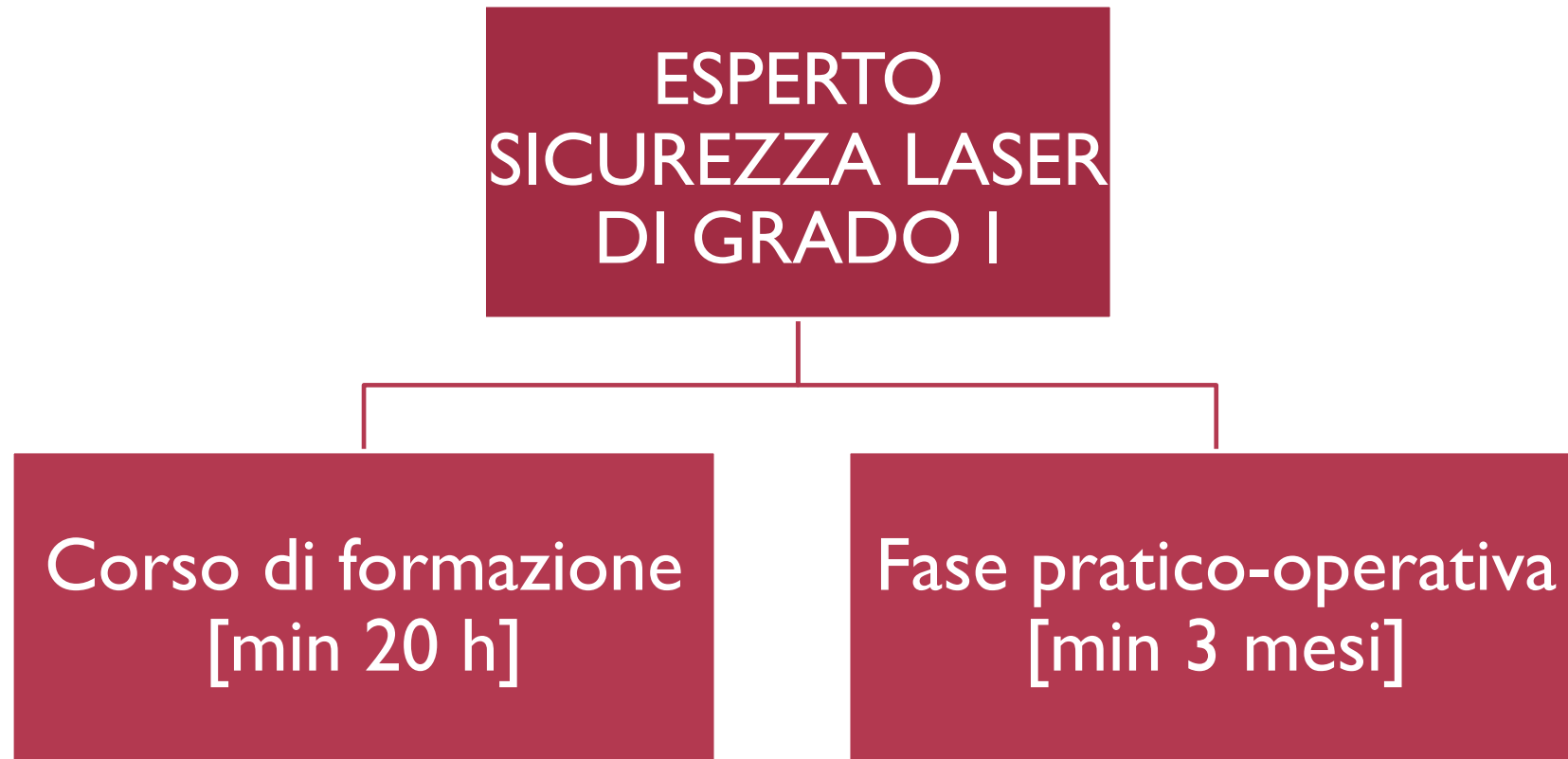
Applicazioni diagnostiche, chirurgiche, terapeutiche,
estetiche, veterinarie e caratteristiche radiazione
Rischi diretti ed associati e/o anomalie
Apparecchiature laser elettromedicali (CEI EN IEC⁶⁹
60601-2-2022)
Guida CEI 76-6



LA NUOVA NORMA CEI 76-17: PERCORSO FORMATIVO DELL'ESP-II



LA NUOVA NORMA CEI 76-17: PERCORSO FORMATIVO DELL'ESP-I



LA NUOVA NORMA CEI 76-17: ATTESTAZIONI

Alla conclusione con profitto del percorso formativo, il Responsabile Scientifico rilascia al discente un attestato indicante la qualificazione acquisita (**ESL-I** oppure **ESL-II**) e, nel caso di **ESL-II**, anche l'ambito a cui si riferisce.

Il superamento o meno del corso di formazione viene notificato al **tutor** dal **Responsabile Scientifico** tramite un attestato. Il superamento o meno dell'esperienza professionale, a completamento del percorso formativo, viene notificato al Responsabile Scientifico dal tutor stesso tramite un attestato

E' richiesto l'aggiornamento periodico attraverso corsi di formazione documentati, per un totale di almeno 8 ore in 4 anni.

LA NUOVA NORMA CEI 76-17: PREREQUISITI

Il requisito minimo per accedere al percorso formativo è il possesso del diploma di scuola secondaria di secondo grado.

Trattandosi di un percorso formativo per specialisti, è necessario possedere una buona preparazione fisico-matematica di base, solitamente fornita in corsi di studio a carattere scientifico.



UNIVERSITÀ
DI PAVIA