



# **CORSO DI FORMAZIONE PER TECNICO SICUREZZA LASER (TSL) E ADDETTO SICUREZZA LASER (ASL)**

**Relatore: Luisa Biazzi**

**2023**

**Parte 4**

[luisa.biazzi@unipv.it](mailto:luisa.biazzi@unipv.it)

Corso di Formazione su  
**TECNICO SICUREZZA LASER (TSL) E  
ADDETTO SICUREZZA LASER (ASL)**  
**VALUTAZIONE DEL RISCHIO E MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE**

## **PROTEZIONE DA RADIAZIONI LASER**

- **Procedura di sicurezza**
- **Segnaletica di sicurezza**
- **Determinazione dei DPI: scelta, requisiti, valutazione**
- **Norme tecniche collegate (UNI EN 207 e UNI EN 208)**
- **Valutazione dei rischi**

# VALUTAZIONE DEI RISCHI

## MISURE DI SICUREZZA

Considerare tre aspetti:

- La possibilità del laser di nuocere alle persone
- L'ambiente in cui il laser è usato
- Il livello di formazione del personale operatore o che può essere esposto alla radiazione laser

# PERICOLI CONNESSI CON L'USO DEI LASER

I laser (e i sistemi laser) sono classificati su una scala di 7 valori:

**1 - 1M - 2 - 2M- 3R - 3B - 4** con indice di pericolosità crescente, fatto salvi 1M e 2M

(es. 1M e 2M possono essere pericolosi per la pelle e non per l'occhio; 3R pericoloso per l'occhio non per la pelle).

Classe 1 = laser sicuro

Classe 4 = laser molto pericoloso

Partendo dalla classe 3R - 3B e 4 l'utilizzazione dei sistemi laser deve sottostare a precauzioni particolari, sia per rischi diretti che in considerazione anche di possibili rischi collaterali.

Il rischio laser è legato alla mansione: procedure lavoro + formazione

## EMP / VLE

“Esposizione Massima Permissa»

Nel DLgs. 81/08 è il «Valore Limite di Esposizione»

- Massimo livello di radiazione laser a cui l’occhio o la pelle possono essere esposti senza subire danni a breve e lungo termine.

Dipende da:

- Lunghezza d’onda
- Durata dell’emissione  
(durata dell’impulso e tempo di esposizione)
- Dimensione zona irradiata / immagine retinica (VS e IRA)
- Sorgente puntiforme / estesa

## DNRO

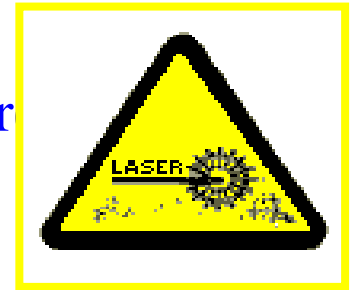
### “Distanza Nominale di Rischio Oculare”

- Distanza per la quale l'irradiazione o l'esposizione energetica del fascio è uguale all'esposizione massima permessa (EMP ovvero VLE) per la cornea:
- $d \geq \text{DNRO (VLE)}$       **No DANNO**
- $d < \text{DNRO (VLE)}$       **DPI per occhi e pelle**

# ZLC

## “ZONA LASER CONTROLLATA”

- Zona in cui, quando il laser è in uso, intorno ad esso c'è rischio di superamento per le persone dell'esposizione massima permessa (EMP) per la cornea, organo di riferimento in quanto più vulnerabile: gen. coincide col locale laser
- Vanno fatti i controlli di sicurezza laser e date procedure
- Durante l'uso del laser le porte di accesso al locale devono essere tenute chiuse
- La chiave di comando laser, quando non in funzione, va tolta e custodita per evitare uso improprio
- Ogni accesso alla ZLC deve essere contrassegnato con segnaletica conforme + info su tipo laser e protezione oculare da usare
- Segnaletica luminosa gialla aggiuntiva “Attenzione: laser in funzione”



# PERICOLI DI RIFLESSIONE IN ZLC

-Eventuali finestre, vetrinette, ...devono essere in materiale antirifless oppure

schermate durante l'uso del laser mediante:

- persiane
- tende in materiale incombustibile e autoestinguente
- tessuti opachi fissati con strisce di velcro

-Le superfici riflettenti vanno coperte con cotone pesante (le vernici opache sono inaccettabili in quanto creano superfici non lisce di difficile sterilizzazione); ai vetri si può eventualmente applicare una pellicola rifrangente



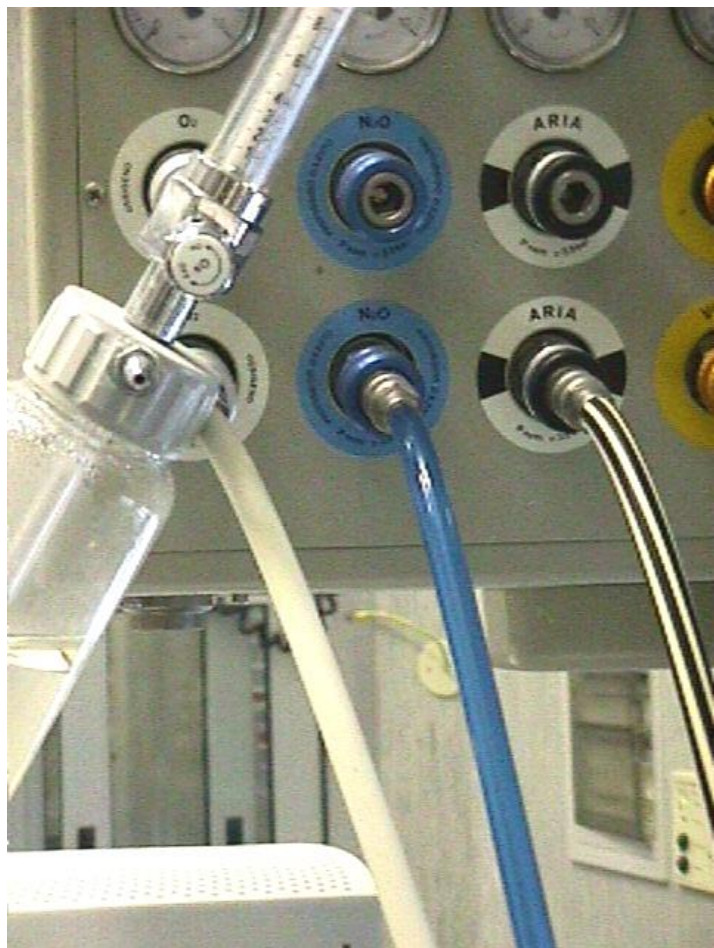
# PERICOLI DI RIFLESSIONE

- **Finiture lucide di pareti e soffitti**
- **Finestre**
- **Vetrinette**
- **Supporti per flebo**
- **Fissaggi al tavolo operatorio**
- **Contenitori inox**
- **Lampade scialitiche**
- **Diafanoscopi**
- **Orologi di sala**
- **Rubinetterie**

# PERICOLI DI RIFLESSIONE



# PERICOLI DI RIFLESSIONE



## **ALTRI PERICOLI RISCHI COLLATERALI**

A partire dalla Classe 3R, 3B, 4 l'utilizzatore di sistemi laser deve rispettare precauzioni particolari a causa dei possibili rischi collaterali.

**-RISCHIO INCENDIO**

**-RISCHIO CHIMICO**

**-RISCHIO RADIAZIONI IONIZZANTI E NON**

**-RISCHIO ELETTRICO**

**-RISCHIO CRIOGENI**

## RISCHIO INCENDIO

-I laser di classe 4 possono incendiare materiali infiammabili:

**CEI guida utilizzatore: procedure e mezzi di controllo rischi**

**infiammabilità:** per fasci laser oltre

0.5 W di potenza media e 10 W/cm<sup>2</sup> di densità di potenza

le protezioni costituite da materiali infiammabili sono potenziali sorgenti di rischio di incendio

**Interventi:**

-Vanno usati materiali non combustibili: cotone pesante e non TESSUTO-NON-TESSUTO tipo “usa e getta”, perché può incendiarsi!

## RISCHIO ESPLOSIONI

- a) banco dei condensatori o sistema di pompaggio ottico (laser di alta potenza)
- b) reazioni esplosive di reagenti nei laser chimici o di altri gas usati nel laboratorio

## RISCHIO RUMORE

- a) condensatori di laser pulsati di potenza molto elevata
- b) interazioni con il bersaglio

NB. Precauzioni particolari vanno usati per laser impiegati all'aperto.



## RISCHIO DA RAD. IONIZZANTI E NON

-Molti laser usano sorgenti di alta tensione (emissione di raggi X da tubi elettronici con voltaggi all'anodo maggiori di 5 kV), di RF e di alta radiazione ottica (lampade) per eccitare il mezzo attivo:

a) radiazioni UV provenienti da lampade flash e da tubi di scarica dei laser in continua (ottiche al quarzo)

b) radiazioni nel visibile e nell'IR emesse da tubi del flash, da sorgenti di pompaggio ottico e da reirradiazione emessa dai bersagli

-Pericolo per manutentori

-In genere questi tipi di rischi sono ridotti dalla adeguata schermatura delle apparecchiature previste dal costruttore (pannelli schermanti)

-Attenersi alle istruzioni del costruttore.

# **RISCHIO CHIMICO**

## **(anche da paziente)**

### **contaminazione ambientale**

- *In generale:*
- *a)* materiale bersaglio vaporizzato e prodotti provenienti da operazioni di taglio, perforatura e saldatura
- *b)* gas tossici provenienti da sistemi laser flussati a gas o da sottoprodotti di reazioni laser (bromo, cloro, acido cianidrico, etc.)
- *c)* gas o vapori da criogenici (azoto, idrogeno ed elio allo stato liquido)
- *d)* coloranti (p. es. cianina) e relativi solventi (dimetilsolfossido )
- *e)* policlorodifenili (condensatori e trasformatori)



## RISCHIO ELETTRICO

- dovuto all'uso di alimentatori ad alta tensione soprattutto per laser di classe 4 ( $>1\text{kV}$ ) con conseguente possibile elettrocuzione durante operazioni di calibrazione e manutenzione
- dovuto all'uso di banchi di condensatori per laser pulsati

Prevedere controlli periodici di sicurezza elettrica

# RISCHIO DA REFRIGERANTI CRIOGENICI

-I laser di potenza possono essere raffreddati da gas criogenici il cui contatto può provocare ustioni all'utilizzatore.

- a) ustioni da freddo
- b) esplosione (gas a pressione)
- c) incendio
- d) asfissia (condensazione dell'ossigeno atmosferico)
- e) intossicazione (CO<sub>2</sub>)

## MISURE DI SICUREZZA

### *Protezione sulla sorgente*

- Segnali di avvertimento
- Schermi protettivi
- Cartelli di avvertimento
- Connettore di blocco a distanza collocato a  $<5\text{m}$  dalla zona in cui si svolge l'attività
- Chiave di comando per un utilizzo dell'apparecchio solo delle persone autorizzate

## ***Protezione dal fascio laser***

- Arresto di fascio automatico in caso di radiazione eccedente i livelli prestabiliti (*insito nel laser*)
- Tragitto dei fasci su materiali con proprietà termiche e di riflessività adeguate e schermature (*mattoni assorbono e non riflettono*)
- Evitare assolutamente le riflessioni speculari:  
*finiture lucide di pareti e soffitti; finestre; vetrinette; contenitori in inox; orologi da sala; rubinetterie.*  
*Se non posso eliminarli, li copro con tessuti pesanti.*

## ***Protezione degli occhi***

- All'interno della DNRO, sopr. in aree con impiego di laser di Classe 3R che emettono energia all'esterno dell'intervallo 400nm e 700 nm (VIS), di Classe 3B o 4 si deve impiegare un'adeguata protezione per gli occhi prevista per la  $\lambda$  specifica.

# • Esempi di segnaletica



Fig.1.1-Pericolo di radiazione laser"

Fig.1.2-Indicazione sui parametri di esposizione

Fig.1.3-Avertimento sull'esposizione diretta



Fig.1.4-Avertimento sull'esposizione in caso di apertura

Fig. 1.5-Indicazione sulla normativa usata per la classificazione del laser

Fig.1.6-Zona laser Controllata



# Segnaletica non conforme



Segnaletica scorretta:

- sopra: non in italiano
- lato: non UE (USA-ANSI)



# Segnaletica luminosa

I segnali luminosi posti sulle porte d'accesso alla Zona Controllata non possono sostituire la cartellonistica affissa sulla porta di accesso ma sono ad integrazione.





Ogni laser deve essere dotato di segnale giallo triangolare recante, in nero, il simbolo del raggio laser. Le targhette devono essere fissate in modo permanente ed essere leggibili. I bordi ed i segni grafici devono essere in nero su sfondo giallo. Il testo deve essere:

**classe 1:** apparecchio laser di classe 1

**classe 1M:** radiazione laser – non osservare direttamente con strumenti ottici - apparecchio laser di classe 1M

**classe 2:** radiazione laser-non fissare il fascio-apparecchio laser di cl.2

**classe 2M:** radiazione laser - non fissare il fascio ad occhio nudo né guardare direttamente con strumenti ottici-apparecchio laser di cl.2M

**classe 3R:** radiazione laser – evitare l'esposizione diretta degli occhi - apparecchio laser di classe 3R

**classe 3B:** radiazione laser - evitare l'esposizione al fascio - apparecchio laser di classe 3B

**classe 4:** radiazione laser (visibile e/o invisibile)- evitare l'esposizione dell'occhio o della pelle alla radiazione diretta o diffusa - apparecchio laser di classe 4



• Su ogni pannello che una volta spostato permetta l'accesso umano alla radiazione laser deve essere affissa una targhetta che riporti le parole "attenzione - radiazione laser in caso di apertura" e inoltre:

**classe 1M**: attenzione – radiazione laser di classe 1M in caso di apertura non guardare direttamente con strumenti ottici

**classe 2**: attenzione – radiazione laser di classe 2 in caso di apertura non fissare il fascio

**classe 2M**: attenzione – radiazione laser di classe 2M in caso di apertura non fissare il fascio ad occhio nudo né guardare direttamente con strumenti ottici

**classe 3R**: attenzione – radiazione laser di classe 3R in caso di apertura evitare l'esposizione al fascio

**classe 3B**: attenzione – radiazione laser di classe 3B in caso di apertura evitare l'esposizione al fascio

**classe 4**: attenzione – radiazione laser di classe 4 in caso di apertura evitare l'esposizione di occhi o pelle alla radiazione diretta o diffusa

# INDIVIDUAZIONE DEI SOGGETTI ESPOSTI

Ai fini della valutazione dei rischi e alla eventuale sorveglianza medica del personale esposto, è necessario individuare tutti gli operatori che permangono all'interno di ambienti in cui le sorgenti laser sono utilizzate.

Entro la ZLC vanno assegnati i protettori oculari adeguati.

Gli effetti diretti, per lo più acuti, riguardano gli occhi il cui danno dipende dalla lunghezza d'onda mentre la gravità dipende dalla potenza emessa dal laser e dal tempo di esposizione con un rischio più elevato per le lunghezze d'onda tra 400 e 1400 nm (VS e IR-A) poiché l'occhio focalizza tale radiazione sulla retina che viene esposta a una densità di energia  $10^5$  volte più alta di quella incidente sulla parte esterna dell'occhio.

La pelle tollera esposizioni superiori e la penetrazione della radiazione laser è massima per lunghezze d'onda tra 600 e 1000 nm

## USI MEDICI

Per gli operatori esposti a rischi da laser di classe 3B e 4 la norma italiana CEI 76-6 (usi medici) prima e oggi il D.Lgs.81/2008 prevedono la sorveglianza sanitaria con visita oculistica preventiva all'attività con esposizione laser e visite periodiche di controllo.

Ai pazienti va fornita una protezione per gli occhi e, se sotto anestesia, va posta attenzione all'esposizione della cute (che in tale situazione non ha difesa contro un eventuale aumento termico).

## PROTEZIONE PER GLI OCCHI

All'interno della DNRO si deve impiegare una adeguata protezione per gli occhi prevista per lunghezze d'onda specifiche.

## DENSITA' OTTICA

$$DO = - \log_{10} \tau$$

**DO è il rapporto tra la potenza incidente sul filtro e la potenza trasmessa dal filtro all'occhio**

$\tau$  = fattore di trasmissione (trasmittanza)

E' il rapporto tra la potenza trasmessa dal filtro sull'occhio e la potenza incidente sul filtro

# OCCHIALI DI PROTEZIONE

## SCELTA E REQUISITI

La scelta è funzione:

- **della lunghezza d'onda  $\lambda$**
- **della potenza della radiazione accessibile**

I requisiti sono:

- avere densità ottica DO sufficiente per evitare esposizione superiore al VLE
- essere sufficientemente resistenti per non essere danneggiati dall'esposizione alla radiazione (se no la protezione non è adeguata): "stabilità"
- permettere buona visibilità

Generalmente DO degli occhiali dipende soprattutto dalla  $\lambda$

# Dispositivi Protezione Individuali DPI

Occhiali protettivi. Ne esistono di 2 tipi:

- a) filtri e protezioni oculari da radiazioni laser per l'utilizzatore (Norma UNI EN 207, protezione superiore a UNI 208)
- b) protezioni oculari per operazioni di allineamento di sorgenti e sistemi laser (Norma UNI EN 208: il VLE è il LEA di Cl 2 (solo visibile reale alla retina ossia 400-700 nm):
  - $LEA_{\max \text{ cl2}} = 10^{-3} \text{ W}$  (1 mW) per laser cw o con impulsi  $\geq 2 \cdot 10^{-4} \text{ s}$
  - $LEA_{\max \text{ cl2}} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ J}$  per laser pw compresi tra  $10^{-9} \text{ s}$  e  $10^{-4} \text{ s}$

**Importante:** prima di indossare i protettori oculari l'operatore deve verificare che la lunghezza d'onda del laser sia compresa tra quelle riportate sulle lenti e/o montatura e che l'occhiale non sia danneggiato.

## MARCATURA DELL'OCCHIALE (UNI EN 207)

Ogni occhiale protettivo ha una marcatura sulla montatura o sui filtri con queste indicazioni:

- D= continua
- I = impulsata ( $10^{-4} \leq t_{\text{secondi}} \leq 10^{-1}$ )
- R= impulsi giganti (Q-switching:  $10^{-9} \leq t_{\text{secondi}} \leq 10^{-7}$ )
- M= impulsi a modo accoppiato (mode locking:  $t_{\text{secondi}} \leq 10^{-9}$ )
- Lunghezza d'onda o range garantito di protezione
- Numero di graduazione (attenuazione richiesta al filtro per ridurre la radiazione incidente sull'occhio al valore sicuro EMP)
- Marchio di identificazione del costruttore (conforme norma 207): include la stabilità ottica cioè la resistenza del DPI a varie tipologie di emissione del fascio laser

## Esempio di marcatura di un occhiale

**D 980-1400 L5 + IR 650-1000 L6 X ZZ S**

- D condizione di prova secondo il prospetto 4-Norma UNI EN 207 (laser a onda continua 1 impulso di 10 secondi)
- 980-1400 intervallo di  $\lambda$  in nm in cui il filtro garantisce la protezione con il numero di graduazione seguente
- L5 (LB5 dal 2010) numero di graduazione ossia il fattore spettrale massimo di trasmissione del filtro pari a  $10^{-5}$  nel suddetto intervallo di  $\lambda$
- IR sono altre due condizioni di prova cui sono stati testati i filtri:  
I = laser a impulsi; R= laser a impulsi giganti (Q-switched)
- 650-1000 altro intervallo di  $\lambda$  in nm cui il filtro garantisce la protezione con il numero di graduazione seguente
- L6 (LB6 dal 2010) numero massimo di graduazione ossia il fattore spettrale massimo di trasmissione del filtro pari a  $10^{-6}$  nel suddetto intervallo di  $\lambda$
- X marchio di identificazione del fabbricante
- ZZ marchio di certificazione se applicabile (EN, ecc)

*Per il calcolo del numero di graduazione: CEI EN 60825-1 e UNI EN 207*

# Numeri di graduazione raccomandati per l'uso di filtri e protettori dell'occhio contro le radiazioni laser

## UNI EN 207

**Table B.1 — Recommended scale numbers for use of filters and eye-protectors against laser radiation**

Scale number	Maximum spectral transmittance at the laser wavelength $\tau(\lambda)$	Maximum power (E) and/or energy (H) density in the wavelength range								
		180 nm to 315 nm			> 315 nm to 1 400 nm			> 1 400 to 1 000 $\mu\text{m}$		
		Laser type/exposure duration in seconds (s)								
		D $\geq 3 \times 10^4$	I, R $10^{-9}$ to $3 \times 10^4$	M $< 10^{-9}$	D $> 5 \times 10^{-4}$	I, R $10^{-9}$ to $5 \times 10^{-4}$	M $< 10^{-9}$	D $> 0,1$	I, R $10^{-9}$ to 0,1	M $< 10^{-9}$
		$E_D$ $\text{W/m}^2$	$H_{I,R}$ $\text{J/m}^2$	$E_M$ $\text{W/m}^2$	$E_D$ $\text{W/m}^2$	$H_{I,R}$ $\text{J/m}^2$	$H_M$ $\text{J/m}^2$	$E_D$ $\text{W/m}^2$	$H_{I,R}$ $\text{J/m}^2$	$E_M$ $\text{W/m}^2$
LB1	$10^{-1}$	0,01	$3 \times 10^2$	$3 \times 10^{11}$	$10^2$	0,05	$1,5 \times 10^{-3}$	$10^4$	$10^3$	$10^{12}$
LB2	$10^{-2}$	0,1	$3 \times 10^3$	$3 \times 10^{12}$	$10^3$	0,5	$1,5 \times 10^{-2}$	$10^5$	$10^4$	$10^{13}$
LB3	$10^{-3}$	1	$3 \times 10^4$	$3 \times 10^{13}$	$10^4$	5	0,15	$10^6$	$10^5$	$10^{14}$
LB4	$10^{-4}$	10	$3 \times 10^5$	$3 \times 10^{14}$	$10^5$	50	1,5	$10^7$	$10^6$	$10^{15}$
LB5	$10^{-5}$	$10^2$	$3 \times 10^6$	$3 \times 10^{15}$	$10^6$	$5 \times 10^2$	15	$10^8$	$10^7$	$10^{16}$
LB6	$10^{-6}$	$10^3$	$3 \times 10^7$	$3 \times 10^{16}$	$10^7$	$5 \times 10^3$	$1,5 \times 10^2$	$10^9$	$10^8$	$10^{17}$
LB7	$10^{-7}$	$10^4$	$3 \times 10^8$	$3 \times 10^{17}$	$10^8$	$5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$	$10^{10}$	$10^9$	$10^{18}$
LB8	$10^{-8}$	$10^5$	$3 \times 10^9$	$3 \times 10^{18}$	$10^9$	$5 \times 10^5$	$1,5 \times 10^4$	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^{19}$
LB9	$10^{-9}$	$10^6$	$3 \times 10^{10}$	$3 \times 10^{19}$	$10^{10}$	$5 \times 10^6$	$1,5 \times 10^5$	$10^{12}$	$10^{11}$	$10^{20}$
LB10	$10^{-10}$	$10^7$	$3 \times 10^{11}$	$3 \times 10^{20}$	$10^{11}$	$5 \times 10^7$	$1,5 \times 10^6$	$10^{13}$	$10^{12}$	$10^{21}$



# TIPI DI OCCHIALI PROTETTIVI

D 980 - 1080 L4 +  
IR 980-1070 L5



DI 800-1000 L4



D continuo

R impulsi giganti  $10^{-9}s \leq t \leq 10^{-7}s$

I impulsi  $10^{-4}s \leq t \leq 10^{-1}s$

M modi vincolati  $< 10^{-9}s$

## Il materiale del filtro

Se il fascio laser ha una sezione con diametro  $d > 1 \text{ mm}$ , il filtro corretto si ottiene dividendo i valori della tabella B1 della UNI 207 per il fattore  $F(d)$  oppure, in modo analogo, moltiplicando il valore di  $H$  per  $F(d)$

$F(d)$  ha i seguenti valori:

- se il materiale del filtro è vetro:  $F(d) = d^{1,1693}$
- se il materiale del filtro è plastico:  $F(d) = d^{1,2233}$

Il diametro,  $d$ , va espresso in mm

Se il diametro  $d > 15 \text{ mm}$ , il valore di  $F(d)$  deve essere limitato a  $F(15)$

## DPI OCULARI PER LAVORI DI REGOLAZIONE LASER (UNI EN 208)

- Anche i filtri degli occhiali utilizzati in queste operazioni non sono sostituibili e quindi la marcatura può essere collocata sull'oculare o sulla montatura.
- La marcatura dei protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser deve riportare le seguenti informazioni:
  - potenza massima del laser, in watt (W) ed energia massima di impulso, in joule (J);
  - lunghezza d'onda, o campo di lunghezze d'onda (in nm), dalla quale il dispositivo deve proteggere;
  - numero di graduazione;
  - marchio di identificazione del fabbricante;
  - marchio di certificazione se applicabile;
  - lettera relativa alla resistenza meccanica (ove applicabile);
  - sulla montatura le parole “**protettori dell'occhio per regolazione**” nella lingua del Paese in cui il DPI è venduto.

## Esempio di marcatura di un occhiale per lavori di regolazione laser

marcatura dell'oculare

- “**1 W 2×10<sup>-3</sup> J 500 – 550 R4 X S**” indica:
- **1 W** è la massima potenza laser;
- **2×10<sup>-3</sup> J** indica l’energia massima d’impulso;
- **500 – 550** è la gamma di lunghezze d’onda da cui il dispositivo deve proteggere;
- **R4/RB4 dal 2010** identifica il numero di graduazione cioè la protezione da utilizzare per interventi di regolazione su sistemi laser;
- **X** è il codice identificativo del fabbricante;
- **S** corrisponde alla resistenza meccanica; in questo caso rappresenta una “robustezza incrementata”.

**Numeri di graduazione raccomandati per i filtri e le montature dei protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser UNI 208 (dal 2010 R diventa RB)**

Numero di graduazione	Fattore spettrale di trasmissione		Laser in emissione continua e laser a impulsi con durata dell'impulso $\geq 2 \cdot 10^{-4}$ s Potenza laser massima	Laser a impulsi con durata dell'impulso $> 10^{-9}$ s fino a $2 \cdot 10^{-4}$ s Energia massima dell'impulso
	Filtro	Montatura	W	J
R 1	$10^{-2} < \tau(\lambda) \leq 10^{-1}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-1}$	0,01	$2 \cdot 10^{-6}$
R 2	$10^{-3} < \tau(\lambda) \leq 10^{-2}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-2}$	0,1	$2 \cdot 10^{-5}$
R 3	$10^{-4} < \tau(\lambda) \leq 10^{-3}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-3}$	1	$2 \cdot 10^{-4}$
R 4	$10^{-5} < \tau(\lambda) \leq 10^{-4}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-4}$	10	$2 \cdot 10^{-3}$
R 5	$10^{-6} < \tau(\lambda) \leq 10^{-5}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-5}$	100	$2 \cdot 10^{-2}$

# Dispositivi di Protezione Collettivi

- **Informazione** (v.oltre)
- **Segnaletici**
- **Ingegneristici**: interblocchi, chiave, connettore di blocco a distanza, emissione in atto, protezione percorsi ottici esterni, attenuatore del fascio, emergenza
- **Barriere** (Norma CEI 76-4 EN 60825-4) e **Schermi** (Norma UNI EN 12254 per  $P_{\max}$  100 W;  $H_{\max}$  30 J/imp)
- **Procedurali e amministrativi**: regole e istruzioni operative per sicurezza per cl.3B e 4.
- **Per cl.4**: procedura operativa standard esposta in italiano, per **allineamento**, per **ispezioni**, **manutenzioni**, **DPI**, **lavoratori temporanei**, **visitatori**

**Informazione** = istruzioni sicurezza per l'utilizzatore da parte del costruttore (manuale operativo) su:

- livelli di radiazione superiori al LEA di classe 1
- descrizione radiazione emessa dall'involucro durante l'uso/manutenzione:  
 $\lambda$ , divergenza fascio  $\Phi$ , durata impulso e frequenza di ripetizione, massima potenza o energia emessa
- EMP/VLE e DNRO per cl.3B e 4
- DPI: D.O., livelli di irradiazione/esposizione energetica incidenti sul DPI, stabilità
- Posizioni segnaletica di sicurezza

# Dispositivi di Protezione Collettivi

- **Informazione** (v.oltre)
- **Segnaletici**
- **Ingegneristici**: interblocchi, chiave, connettore di blocco a istanza, emissione in atto, protezione percorsi ottici esterni, attenuatore del fascio, emergenza
- **Barriere** (Norma CEI 76-4 EN 60825-4) e **Schermi** (Norma UNI EN 12254 per  $P_{\max}$  100 W;  $H_{\max}$  30 J/imp)
- **Procedurali e amministrativi**: regole e istruzioni operative per sicurezza per cl.3B e 4.
- **Per cl.4**: procedura operativa standard esposta in italiano, per allineamento, per ispezioni, manutenzioni, DPI, lavoratori temporanei, visitatori



**Informazione** = istruzioni sicurezza per l'utilizzatore da parte del costruttore (manuale operativo) su:

- livelli di radiazione superiori al LEA di classe 1
- descrizione radiazione emessa dall'involucro durante l'uso/manutenzione:  
 $\lambda$ , divergenza fascio  $\Phi$ , durata impulso e frequenza di ripetizione, massima potenza o energia emessa
- EMP/VLE e DNRO per cl.3B e 4
- DPI: D.O., livelli di irradiazione/esposizione energetica incidenti sul DPI
- Posizioni segnaletica di sicurezza

## DPI per la pelle: VESTITI PROTETTIVI

- Da prevedere nel caso il personale sia sottoposto a livelli di radiazione che superano le EMP (esposizione massima permessa) per la pelle
- I laser di classe 4 rappresentano un potenziale di pericolo di incendio e i vestiti di protezione devono essere fabbricati con materiali appositi non combustibili- es. i teli di tessuto-non-tessuto possono incendiarsi.

## Formazione

- I laser di classe 3 e 4 possono rappresentare un pericolo non solo per l'utilizzatore, ma anche per altre persone, anche a considerevole distanza.

Il personale quindi che opera in questi ambienti deve avere adeguata preparazione al fine di rendere minimo il rischio professionale.

## Sorveglianza medica

- Esami oculistici di preimpiego **dovrebbero** essere eseguiti limitatamente ai lavoratori che utilizzano laser di Classe 3 e 4.

## PROCEDURE E MEZZI DI CONTROLLO DEI RISCHI

Nella valutazione dei rischi e nell'applicazione delle misure di controllo vanno presi in considerazione tre aspetti:

- La possibilità per il laser o il sistema laser di nuocere alle persone
- L'ambiente nel quale il laser viene utilizzato
- Il livello di formazione del personale che fa funzionare il laser o che può essere esposto alla sua radiazione

## **Esempio di PROCEDURE DI SICUREZZA 1**

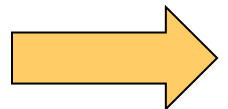
- L'accesso in Z.L.C. è consentito solo al personale autorizzato e formato
- Tutto il personale che ha accesso alla Z.L.C. deve indossare occhiali di protezione
- Tutto il personale che ha accesso alla Z.L.C. deve indossare camici con maniche lunghe di cotone pesante
- In Z.L.C. il personale deve accedere senza orologi, bracciali, anelli o con indosso oggetti metallici che possono causare riflessioni
- E' sempre vietata la visione diretta del fascio anche con indosso occhiali protettivi e anche quando l'emissione è limitata alla luce rossa del laser puntatore

## PROCEDURE DI SICUREZZA 2

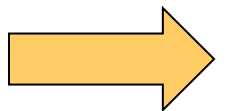
- Qualunque oggetto che si trovi nelle immediate vicinanze del percorso del fascio laser deve essere ricoperto da materiale non infiammabile.
- In Z.L.C. deve essere disponibile un estintore
- Gli oggetti riflettenti che si trovino nelle immediate vicinanze del percorso del fascio laser devono essere ricoperti da materiale non riflettente

## PROCEDURE PARTICOLARI PER SALA OPERATORIA

- Utilizzare tubi endotracheali non infiammabili resistenti al laser.
- Limitare la concentrazione di  $O_2$  al paziente al 30 % e monitorare in continuo la  $p(CO_2)$ .
- Utilizzare tecniche di ventilazione localizzata per evitare la combustione di gas endogeni nel tratto gastro-intestinale.
- Evitare l'esposizione al fascio laser della guaina dell'endoscopio in quanto infiammabile.



- La zona del lenzuolo intorno al campo operatorio dovrebbe essere mantenuta umida con soluzione salina o acqua sterile, così anche le spugne, garze e tamponi accanto al campo operatorio.
- Tenere a portata di mano una siringa contenente almeno 500 ml di acqua sterile o di soluzione salina.
- Non appoggiare il manipolo laser su zone asciutte del lenzuolo sterile (pericolo di incendio)
- Coprire con cappuccio resistente al laser l'apertura o mettere il manipolo in un contenitore sicuro.





- Estrarre i contaminanti aerei (fumi, vapori ecc) con estrattore portatile dotato di filtro HEPA.
- L'utilizzo di gas nella chirurgia laser in cavità corporee può condurre a rischio di embolia nel paziente, il rischio può essere ridotto utilizzando diossido di carbonio o un fluido, è raccomandato di non utilizzare gas nell'utero.
- Verificare che le finestrate siano coperte con pannelli non infiammabili.
- Utilizzare strumentario serigrafato.
- Coprire tutte le superfici speculari o riflettenti.

# PROTEZIONE PERSONALE -1

## Classe 1

- a) Utilizzo senza prescrizioni: non pericolosa l'osservazione prolungata e diretta del fascio

## Classe 1M

- a) Pericoloso con uso di sistemi ottici nel fascio

## Classe 2-laser VS

- a) Non pericolosa l'osservazione diretta del fascio se non è prolungata oltre 0,25 s che è il tempo tipico del riflesso palpebrale nel VS.  
Evitare una visione continua del fascio diretto
- b) Non dirigere il fascio laser deliberatamente sulle persone

## Classe 2M-laser VS

- a) Pericolosi con uso di sistemi ottici nel fascio

## Classe 3R

- a) Evitare l'uso di strumenti ottici quali binocoli o teodoliti
- b) Affiggere un segnale di avvertimento laser
- c) Allineamento laser tramite mezzi meccanici o elettronici
- d) Terminare il fascio laser in una zona esterna al luogo di lavoro o delimitare tale zona
- e) Fissare la quota del raggio laser molto al di sopra o al di sotto dell'altezza dell'occhio
- f) Evitare che il fascio laser sia diretto verso superfici riflettenti
- g) Immagazzinare il laser portatile non in uso in un luogo inaccessibile alle persone non autorizzate

## Classe 3 B

Può causare danni a un occhio non protetto. Valgono le precauzioni della classe 3R e inoltre:

- a) Funzionamento solo in zone controllate dagli operatori
- b) Evitare assolutamente riflessioni speculari
- c) Far terminare il fascio su un materiale atto a disperdere calore e riflessione
- d) Indossare le protezioni oculari

# PROTEZIONE PERSONALE -3

## Classe 4

Causa danni a occhio tramite il fascio diretto, riflessioni speculari e diffuse. Rappresenta anche un potenziale pericolo di incendio.

Valgono le precauzione della classe 3 B e inoltre:

- a) Tragitti dei fasci protetti da un riparo
- b) Durante il funzionamento presenza solo di personale tecnico munito di protettori oculari e idonei vestiti protettivi
- c) Per evitare la presenza di personale sarebbe preferibile se fossero comandati a distanza
- d) Preferibili bersagli metallici non piani e adeguatamente raffreddati come coni e assorbitori
- e) Per evitare riflessioni indesiderate nella parte invisibile dello spettro per la radiazione laser situata nell'infrarosso lontano, il fascio e la zona di impatto dovrebbero essere avvolte da un materiale opaco per la lunghezza d'onda del laser

# Esame dell'All. XXXVII Parte 2 «LASER» del D.lgs.81/2008

Significato e uso delle

-delle **Tabelle 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6**

-dei **coefficienti  $C_i$**

**Caso studio:**  
**prima verifica di un apparecchio laser -1**

- Viene dato ai corsisti un esercizio di prima verifica di sicurezza di un sistema LASER e determinazione del DPI.

## **prima verifica di un apparecchio laser -2**

### 1-Classificazione del locale:

- calcolo della Distanza Nominale di Rischio Oculare « DNRO »
- determinazione del Valore Limite di Esposizione « VLE »
- estensione della Zona Laser Controllata « ZLC »

## **prima verifica di un apparecchio laser -3**

### 2-Verifica dell'idoneità dei protettori oculari «DPI»:

- densità ottica «D.O.»
- stabilità alla radiazione
- determinazione della marcatura del DPI

Al termine si procede con la correzione collegiale e la discussione sul caso



## Bibliografia

- **-CEI EN 60825-1** (classificazione CEI 76-2: 2003-2007-2009) “Sicurezza degli apparecchi laser – Parte 1: Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l’utente”
- **-CEI EN 61040** (classificazione CEI 76-3: 1998-2007) “Rivelatori, strumenti e apparati per la misura della potenza e dell’energia della radiazione laser (OFCS)”
- **-CEI EN 60825-2** (classificazione CEI 76-4: 2006) “Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 2: Sicurezza dei sistemi di telecomunicazione a fibre ottiche”
- **-CEI EN 60825-4** (classif.CEI 76-4: 2007) “Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 4: Barriere per laser”
- **-CEI 76-6: 2001:** “Sicurezza apparecchi laser. Parte 8: Guida all’uso degli apparecchi laser in medicina”
- **-CEI 76-11:2011:** «Sicurezza degli apparecchi laser-Parte 14 Guida per l’utente»
- **-CEI EN 60825-12** (classificazione CEI 76-7: 2005) “Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 12: Sicurezza dei sistemi ottici di comunicazione nello spazio libero utilizzati per la trasmissione di informazioni”
- **-CEI EN 60601-2-22** (classificazione CEI 62-42: 1997) “Apparecchi elettromedicali. Parte 2: Norme particolari per la sicurezza degli apparecchi laser terapeutici e diagnostici” (per laser di classe 3B e 4)
- **-CEI 76-fasc.3850: 1998** “Guida per l’utente di apparati laser per laboratori di ricerca”
  
- **-UNI EN 207: 2017** “Filtri e protettori dell’occhio contro radiazioni laser (protettori dell’occhio per laser)”
- **-UNI EN 208: 2010** “Protettori dell’occhio per i lavori di regolazione sui laser e sistemi laser (protettori dell’occhio per regolazioni laser)”
  
- **-UNI EN ISO 11145: 2008** “Optica e fotonica - Laser e sistemi laser – Vocabolario e simboli”
- **-UNI EN 12254: 2008** “Schermi per posti di lavoro in presenza di laser – Requisiti di sicurezza e prove”
- **-UNI EN ISO 11252: 2008** “Laser e sistemi laser – Dispositivi laser-Requisiti minimi x documentazione”
- **-UNI EN ISO 11554: 2008** “Laser e sistemi laser – Metodi di prova della potenza del fascio, dell’energia e delle caratteristiche temporali”
- **-UNI EN ISO 11553-1:2009** “Sicurezza del macchinario - Macchine laser. Parte 1: Requisiti generali di sicurezza”
- **-UNI EN ISO 11553-2:2009** “Sicurezza del macchinario - Macchine laser. Parte 2: Requisiti generali di sicurezza”



**CORSO DI FORMAZIONE PER  
TECNICO SICUREZZA LASER (TSL) E  
ADDETTO SICUREZZA LASER (ASL)**

**Grazie dell'attenzione**

**[luisa.biazzi@unipv.it](mailto:luisa.biazzi@unipv.it)**