

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA RADIAZIONI OTTICHE

Acicastello, 10 Dicembre 2010

LASER

- DPI per la protezione da radiazioni laser.**
- Determinazione dei requisiti e norme tecniche collegate (UNI EN 207 e UNI EN 208)**

Benedetto Savatteri

Esperto Qualificato

Valutazione dei rischi e 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

EMP

“Esposizione massima permessa”

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

Dipende da:

- Lunghezza d’onda
- Durata dell’esposizione (durata dell’impulso e tempo di emissione)
- Dimensioni della zona irradiata

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) per la cornea:
- $d \geq \text{DNRO (EMP)}$ No DANNO
- $d < \text{DNRO (EMP)}$ DPI per occhi e pelle

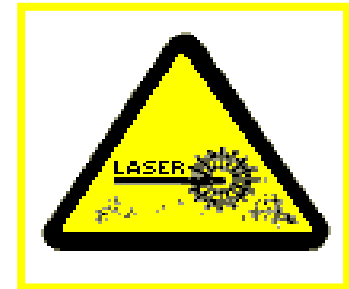
PROTEZIONE PER GLI OCCHI

All'interno della DNRO, in particolare nelle aree dove sono impiegati laser di Classe 3B o di Classe 4 si deve impiegare una adeguata protezione per gli occhi prevista per lunghezze d'onda specifiche.

ZLC

“ZONA LASER CONTROLLATA”

- Zona in cui, quando il laser è in uso, intorno ad esso c'è rischio di superamento 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

- 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 IN ZLC

- Eventuali finestre, vetrinette,... devono essere in materiale antiriflesso

oppure

schermate durante l'uso del laser mediante:

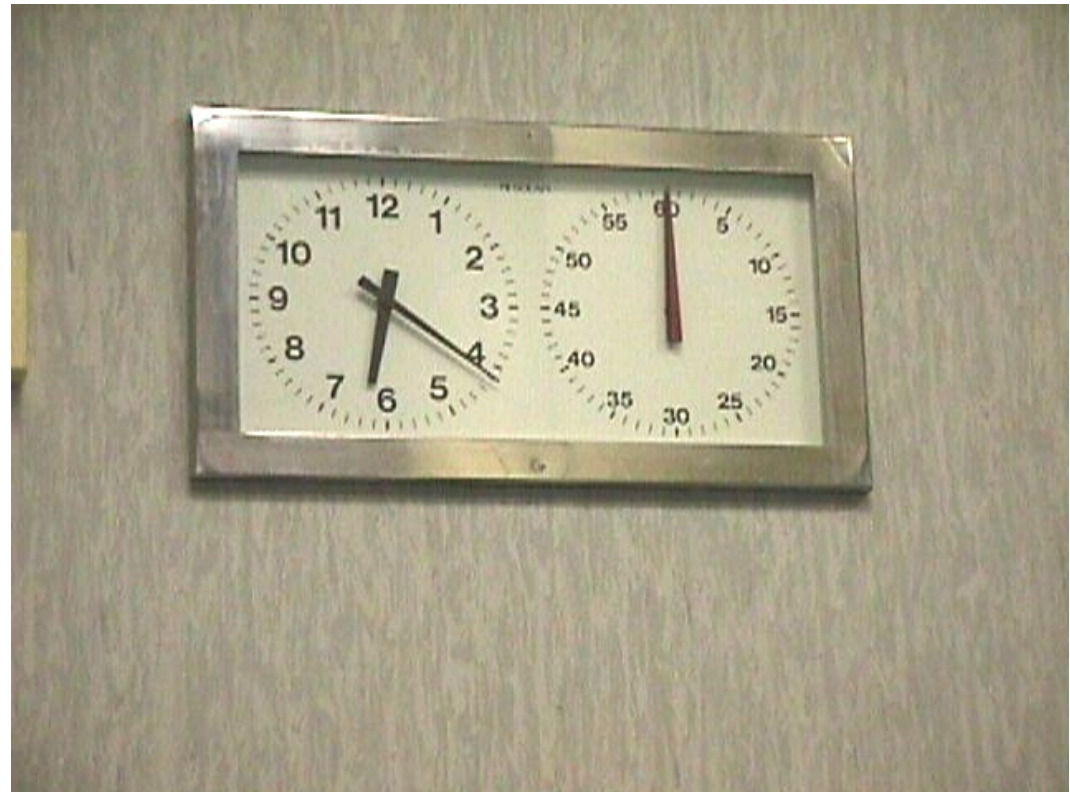
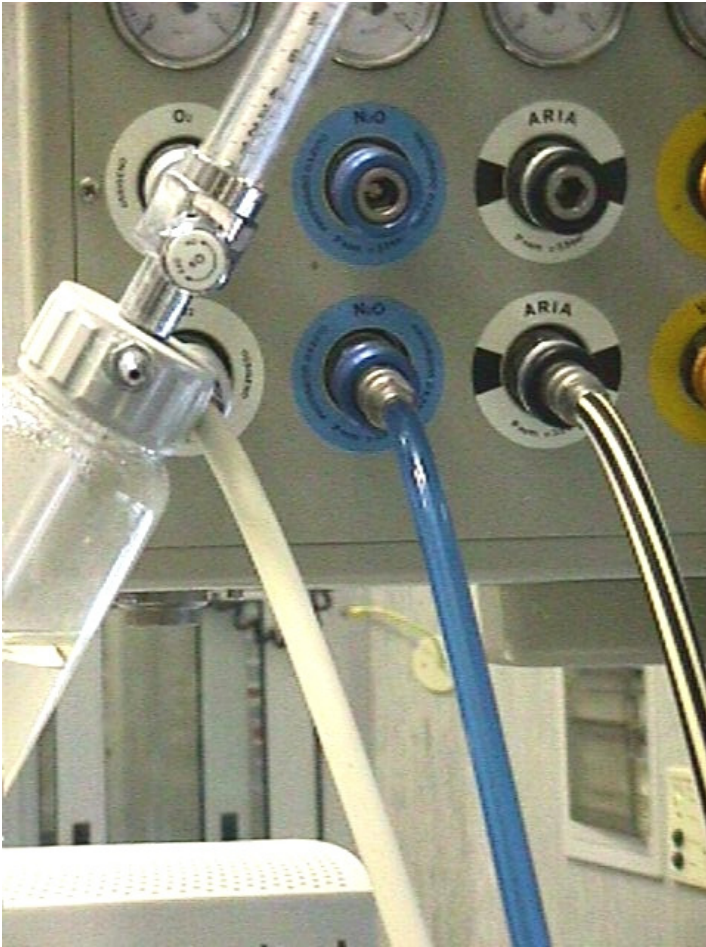
- persiane
- tende in materiale incombustibile e autoestinguento
- tessuti opachi fissati con strisce di velcro

-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



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/cm² 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

RUMORE

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

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 (CO₂)

MISURE DI SICUREZZA

Protezione sulla sorgente

- Segnali di avvertimento
- Schermi protettivi
- Cartelli di avvertimento
- Connettore di blocco a distanza collocato a <5m 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 assorbe e non riflette*)
- Evitare assolutamente le riflessioni speculari:
finiture lucide di pareti e soffitti; finestre; vetrinette; contenitori 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 λ 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

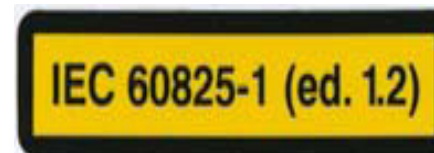


Fig. 1.5-Indicazione sulla normativa usata per la classificazione del laser

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).

Dispositivi Protezione Individuali DPI

Occhiali protettivi. Ne esistono di 2 tipi:

- a) **filtri e protezioni oculari da radiazioni laser** (Norma **UNI 207**, protezione superiore a UNI 208)
- b) **protezioni oculari per operazioni di allineamento di sorgenti e sistemi laser** (Norma **UNI 208**) – per manutenzione e assistenza
- **Importante:** prima di indossare i protettori oculari l'operatore deve verificare che la **lunghezza d'onda** emessa dal laser sia compresa tra quelle riportate sulle lenti e/o montatura e che l'occhiale non sia **danneggiato**.

MARCATURA DELL'OCCHIALE

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 λ in nm in cui il filtro garantisce la protezione con il numero di graduazione seguente
- L5 numero di graduazione ossia il fattore spettrale massimo di trasmissione del filtro pari a 10^{-5} nel suddetto intervallo di λ
- 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 λ in nm cui il filtro garantisce la protezione con il numero di graduazione seguente
- L6 numero massimo di graduazione ossia il fattore spettrale massimo di trasmissione del filtro pari a 10^{-6} nel suddetto intervallo di λ
- 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 207 (Attenzione: nuova edizioni nel 2010)

Numero di graduazione	Fattore spettrale massimo alla lunghezza d'onda del laser $\tau(\lambda)$	Densità massima di potenza (E) e/o energia (H) nel campo di lunghezze d'onda								
		da 180 nm a 315 nm			da >315 nm a 1 400 nm			da >1 400 fino a 1 000 μm		
		Tipo di laser / periodo di esposizione in s								
		D $\geq 3 \cdot 10^4$	I, R da 10^{-9} a $3 \cdot 10^4$	M $< 10^{-9}$	D $> 5 \cdot 10^{-4}$	I, R da 10^{-9} a $5 \cdot 10^{-4}$	M $< 10^{-9}$	D $> 0,1$	I, R da 10^{-9} a $0,1$	M $< 10^{-9}$
		E_D W/m^2	$H_{I,R}$ J/m^2	E_M W/m^2	E_D W/m^2	$H_{I,R}$ J/m^2	H_M W/m^2	E_D W/m^2	$H_{I,R}$ J/m^2	E_M W/m^2
L1	10^{-1}	0,01	$3 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^{11}$	10^2	0,05	$1,5 \cdot 10^{-3}$	10^4	10^3	10^{12}
L2	10^{-2}	0,1	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{12}$	10^3	0,5	$1,5 \cdot 10^{-2}$	10^5	10^4	10^{13}
L3	10^{-3}	1	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{13}$	10^4	5	0,15	10^6	10^5	10^{14}
L4	10^{-4}	10	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{14}$	10^5	50	1,5	10^7	10^6	10^{15}
L5	10^{-5}	10^2	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^{15}$	10^6	$5 \cdot 10^2$	15	10^8	10^7	10^{16}
L6	10^{-6}	10^3	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^{16}$	10^7	$5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^2$	10^9	10^8	10^{17}
L7	10^{-7}	10^4	$3 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^{17}$	10^8	$5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	10^{10}	10^9	10^{18}
L8	10^{-8}	10^5	$3 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^{18}$	10^9	$5 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^4$	10^{11}	10^{10}	10^{19}
L9	10^{-9}	10^6	$3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{19}$	10^{10}	$5 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^5$	10^{12}	10^{11}	10^{20}
L10	10^{-10}	10^7	$3 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{20}$	10^{11}	$5 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^6$	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 $< 10^{-9}s$

DPI OCULARI PER LAVORI DI REGOLAZIONE LASER UNI 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 2×10⁻³ J 500 – 550 R4 X S**” indica:
- **1 W** è la massima potenza laser;
- **2×10⁻³ J** indica l’energia massima d’impulso;
- **500 – 550** è la gamma di lunghezze d’onda da cui il dispositivo deve proteggere;
- **R4**, 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

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		
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	$2 \cdot 10^{-2}$

PERICOLI CONNESSI CON L'USO DEI LASER

I laser sono classificati su una scala di 7 valori:

1 - 1M - 2 - 2M- 3R - 3B - 4 con indice di pericolosità crescente.

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, in considerazione di possibili rischi collaterali.

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'utente 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:
 λ , divergenza fascio Φ , durata impulso e frequenza di ripetizione, massima potenza o energia emessa
- EMP e DNRO per cl.3B e 4
- DPI: D.O., livelli di irradiazione/esposizione energetica incidenti sul DPI
- Posizioni segnaletica di sicurezza

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

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 O₂ al paziente al 30 % e monitorare in continuo la p(CO₂).
- 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.

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 precauzioni 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

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** (classificazione CEI 76-5: 2007) “Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 4: Barriere per laser”
- **-CEI 76-6: 2001:** “Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 8: Guida all’uso degli apparecchi laser in medicina”
- **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: 2004** “Filtri e protettori dell’occhio contro radiazioni laser (protettori dell’occhio per laser)”
- **-UNI EN 208: 2004** “Protettori dell’occhio per i lavori di regolazione sui laser e sistemi laser (protettori dell’occhio per regolazioni laser)”
- **-UNI EN ISO 11145: 2008** “Ottica 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 per la 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”

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA RADIAZIONI OTTICHE

Acicastello, 10 Dicembre 2010

Sorgenti incoerenti e DPI in ambiente di lavoro

Benedetto Savatteri
Esperto Qualificato

Sorgenti artificiali incoerenti e coerenti

sorgenti incoerenti: lampade e sistemi

- per illuminazione con emissione soprattutto nel visibile,
- a UV-C per sterilizzazione,
- a UV-A / UV-B per abbronzatura o fototerapia,
- a UV-A per la polimerizzazione,
- a IR-A / IR-B per il riscaldamento
- per saldatura (IR, VS, UV)
- ecc.

sorgenti coerenti con emissione monocromatica il cui impiego più comune è il **LASER** che presenta la caratteristica di un fascio (IR ovvero VS ovvero UV) molto direzionale e con alta densità di energia con possibilità di focalizzare il fascio anche a elevate distanze; quindi vanno usate cautele nell'uso e misure di sicurezza specifiche.

Sorgenti ROA non coerenti

- **UV:** Soprattutto in campo sanitario (lampade germicide, sistemi per diagnosi e terapia) e biologico e per laboratorio
- **Sorgenti UV dirette:**
 - Lampade UV,
 - Forni UV,
 - Transilluminatori
- **Sorgenti UV indirette:**
 - Saldatura ad arco
 - Saldatura e taglio di metalli con torce al plasma
 - Fusione di metalli
 - Brasatura
- **VS:**
 - Lampade per illuminazione
 - Archi di saldatura
 - Forni industriali
 - Avvio di processi industriali, medici, agricoli, ecc.
- **IR:**
 - Fusione e soffiatura del vetro, fusione di metalli, conduzione di forni
 - Riscaldatori radianti
 - Lampade
 - Archi di saldatura
 - Forni industriali

DPI ROA - NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

UNI EN 165:2006 (Mezzi di protezione personale degli occhi – Vocabolario)

UNI EN 166:2004 (Requisiti DPI per protezione occhi-Specifiche)

UNI EN 167:2003 (Protezione personale degli occhi-Metodi di prova ottici)

UNI EN 168:2003 (Protezione personale degli occhi-Metodi di prova non ottici)

UNI EN 169:2003 (Filtri per processi di saldatura e tecniche affini-Requisiti di fattore di trasmissione e utilizzo raccomandato)

UNI EN 170:1993 (Filtri per ultravioletti-Requisiti di fattore di trasmissione e utilizzo raccomandato)

UNI EN 171:2003 (Filtri per infrarossi-Requisiti di fattore di trasmissione e utilizzo raccomandato)

UNI EN 172:2003 (Protezione personale degli occhi-Filtri solari per uso industriale)

UNI EN 175:1999 (Protezione occhio e viso durante saldatura e lavori affini)

UNI EN 207:03,2010 (Filtri e protezione dell'occhio dalle radiazioni laser)

UNI EN 208:03,2010 (Dispositivi di protezione dell'occhio per interventi di regolazione sui laser e sistemi laser)

UNI EN 379:07,2009 (Specifiche per i filtri di saldatura con fattore di trasmissione luminosa variabile e filtri di saldatura con duplice fattore di trasmissione luminosa)

UNI EN 1836:2008 (Protezione degli occhi-Occhiali da sole e filtri di protezione contro radiazioni solari per uso generale e filtri per osservazione diretta del sole)

CEN CR 13464:1999 sostituita da UNI 10912:2000 (Guida per la selezione, l'uso e la manutenzione dei Protettori dell'occhio e del viso)

Normativa sui protettori oculari:

Es. di caratteristiche di attenuazione

UNI EN 169: elenca i requisiti del fattore di trasmissione per i filtri di saldatura per la protezione dai raggi UV, dalle radiazioni visibili e infrarosse (IR);

UNI EN 170: elenca in dettaglio i requisiti del fattore di trasmissione per i filtri per la protezione dalle radiazioni UV
(es.lente permette: cod.2= non perfetto riconoscimento colori; cod.3= buono)

UNI EN 171: elenca in dettaglio i requisiti del fattore di trasmissione per i filtri per la protezione dalle radiazioni IR

UNI EN 169 fattori di trasmissione per i filtri per saldatura

Prospetto I - Requisiti di trasmissione

N° di graduazione	Fattore spettrale massimo di trasmissione nel campo dell'ultravioletto		Fattore di trasmissione luminosa		Massimo valore medio del fattore spettrale di trasmissione nel campo dell'infrarosso
	$\tau(\lambda)$		τ_V		τ_A
	313 nm	365 nm	max.	min.	da 780 nm a 1 400 nm
	%	%	%	%	%
1,2	0,000 3	50	100	74,4	69
1,4	0,000 3	35	74,4	58,1	52
1,7	0,000 3	22	58,1	43,2	40
2,0	0,000 3	14	43,2	29,1	28
2,5	0,000 3	6,4	29,1	17,8	15
3	0,000 3	2,8	17,8	8,5	12
4	0,000 3	0,95	8,5	3,2	6,4
5	0,000 3	0,30	3,2	1,2	3,2
6	0,000 3	0,10	1,2	0,44	1,7
7	0,000 3	0,050	0,44	0,16	0,81
8	0,000 3	0,025	0,16	0,061	0,43
9	0,000 3	0,012	0,061	0,023	0,20
10	0,000 3	0,006	0,023	0,008 5	0,10
11	0,000 3	0,003 2	0,008 5	0,003 2	0,050
12	0,000 3	0,001 2	0,003 2	0,001 2	0,027
13	0,000 3	0,000 44	0,001 2	0,000 44	0,014
14	0,000 16	0,000 16	0,000 44	0,000 16	0,007
15	0,000 061	0,000 061	0,000 16	0,000 061	0,003
16	0,000 023	0,000 023	0,000 061	0,000 023	0,003

UNI EN 171 fattori di trasmissione per i filtri IR

Prospetto I - Requisiti di trasmissione

N° di graduazione	Fattore di trasmissione luminosa τ_V		Massimo valore medio del fattore spettrale di trasmissione nel campo dell'infrarosso	
	max. %	min. %	τ_A da 780 nm a 1 400 nm %	τ_N da 780 nm a 2 000 nm %
4 - 1.2	100	74,4	5,5	52,9
4 - 1.4	74,4	58,1	4,8	47,2
4 - 1.7	58,1	43,2	4,1	42,2
4 - 2	43,2	29,1	3,6	37,9
4 - 2.5	29,1	17,8	2,9	32,3
4 - 3	17,8	8,5	1,9	22,9
4 - 4	8,5	3,2	1,2	15,9
4 - 5	3,2	1,2	0,71	10,6
4 - 6	1,2	0,44	0,43	7,1
4 - 7	0,44	0,16	0,23	4,4
4 - 8	0,16	0,061	0,14	2,9
4 - 9	0,061	0,023	0,075	1,8
4 - 10	0,023	0,008 5	0,050	1,3

Esempio di marcatura di un protettore oculare

3-2.5	XXX	1	F	3	K	N
I	II	III	IV	V	VI	VII

Campo I: n° di scala (n° codice+n° gradazione del filtro, uniti da trattino): es. 3-2.5.
Identifica le caratteristiche di trasmittanza del filtro.

Il n° di codice indica il tipo di filtro: NO codice = filtro x saldatura (solo n° graduazione)

N° codice 2: filtro UV; il riconoscimento dei colori può essere alterato

N° codice 3: filtro UV; buon riconoscimento colori

N° codice 4: filtro IR

N° codice 5: filtro solare senza requisiti per IR

N° codice 6: filtro solare con requisiti per IR

Campo II: codice di identificazione del fabbricante

Campo III: classe ottica del protettore (1-migliore, 2, 3): secondo le imperfezioni (sferiche astigmatiche, prismatiche) dovute alla fabbricazione

Requisiti di protezione da rischi specifici presenti solo in protettori particolari:

Campo IV: livello di resistenza meccanica all'impatto (S, F, B, A)

Campo V: eventuale protezione da liquidi, polveri grosse, gas e polveri fini, archi elettrici, metalli fusi e solidi incandescenti (3, 4, 5, 8, 9 - protez. laterali e schermi facciali)

Campo VI: resistenza all'abrasione (K) da parte di particelle fini (antigraffio)

Campo VII: proprietà antiappannamento (N)

Es. Vetro : graduazione 1.2:

In base alla norma UNI EN 169-saldatura (v. tabella) la percentuale di radiazione che arriva all'occhio dell'operatore è compresa

fra 74,4 % e 100 % nel visibile
< 69 % da 780 a 1400 nm

Es. Maschera: graduazione 4-4:

secondo la norma UNI EN 171 la percentuale di radiazione che arriva all'occhio dell'operatore è:

< 15,9 % da 780 a 2000 nm
< 1,2 % da 780 a 1400 nm
< 8,5 % nel visibile

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA RADIAZIONI OTTICHE

Acicastello, 10 Dicembre 2010

Grazie per la paziente attenzione

Benedetto Savatteri

Un particolare ringraziamento alla Prof.ssa Luisa Biazzi dell'Università degli Studi di Pavia per la gentile concessione della presentazione.