

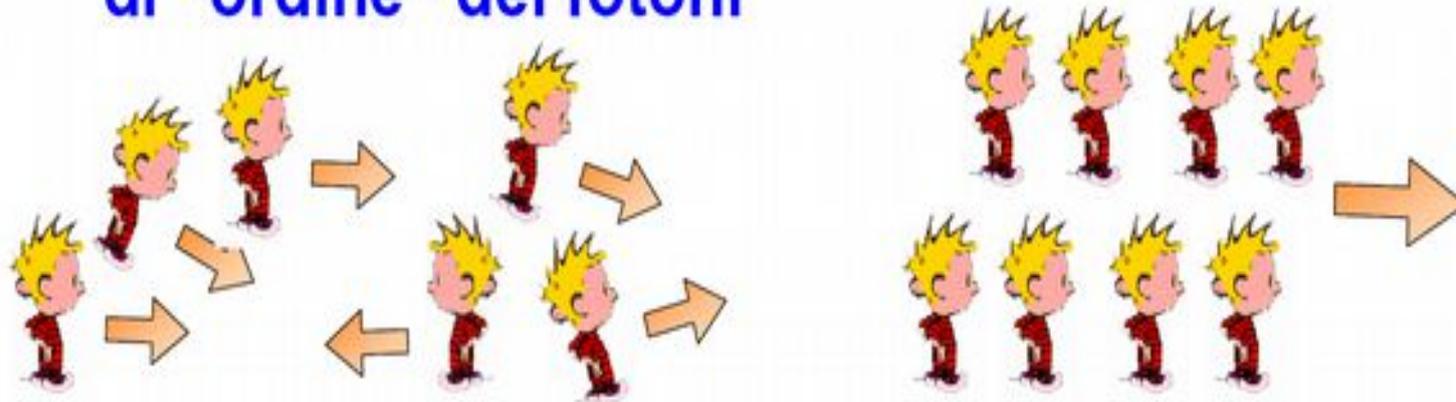
Sviluppi futuri per le ottiche...

Procedura per la valutazione LASER

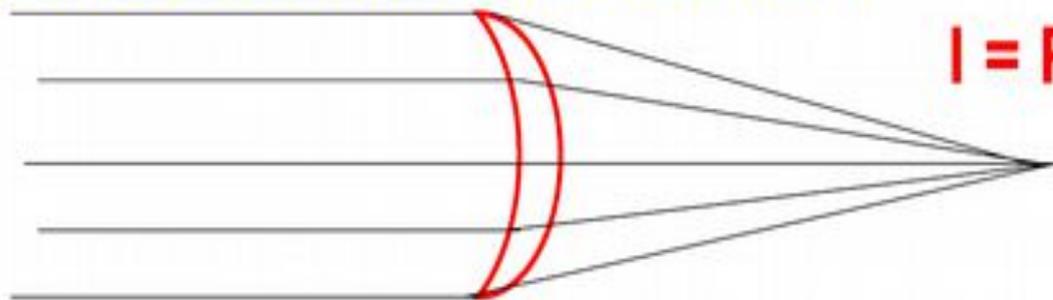


www.portaleagentifisici.it

In termini semplici possiamo pensare ad una sorta di “ordine” dei fotoni



In pratica una coerenza elevata implica una elevata focalizzabilità del laser (macchia focale molto piccola, intensità elevata)



$$I = P / S = E / \tau S$$

Confronto tra Luce solare e Laser

Intensità massima luce solare a terra = 1 kW/m^2 or 1 mW/mm^2

Assumendo un diametro pupillare di 2 mm l'area è circa 3 mm^2

Quindi la potenza raccolta dall'occhio è = 3 mW

Il sole forma un'immagine $\approx 100 \mu\text{m}$ di raggio sulla retina (area = 0.03 mm^2)

L'intensità sulla retina (Potenza/Area) =
 $3 \text{ mW}/0.03 \text{ mm}^2 = 100 \text{ mW/mm}^2$.

Tipico laser He Ne da 1 mW (o laser pointer):

Potenza (P) = 1 mW , raggio del fascio = 1 mm

Forma un'immagine con raggio di $10 \mu\text{m}$

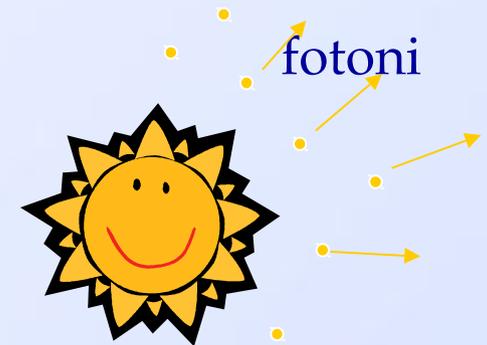
(area dello spot = $3 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$)

L'intensità dell'He-Ne sulla retina è

$$1 \text{ mW}/(3 \times 10^{-4} \text{ mm}^2)$$

$$= 3100 \text{ mW/mm}^2$$

31 volte l'intensità del sole!!



ESEMPI DI SORGENTI LASER

- Applicazioni mediche e mediche per uso estetico
- Telecomunicazioni, informatica
- Lavorazioni di materiali (taglio, saldatura, marcatura e incisione)
- Metrologia e misure
- Applicazioni nei laboratori di ricerca
- Beni di consumo (lettori CD e bar code ...) e intrattenimento (laser per discoteche e concerti ...)

Classificazione LASER

✓ CEI EN 60825-1

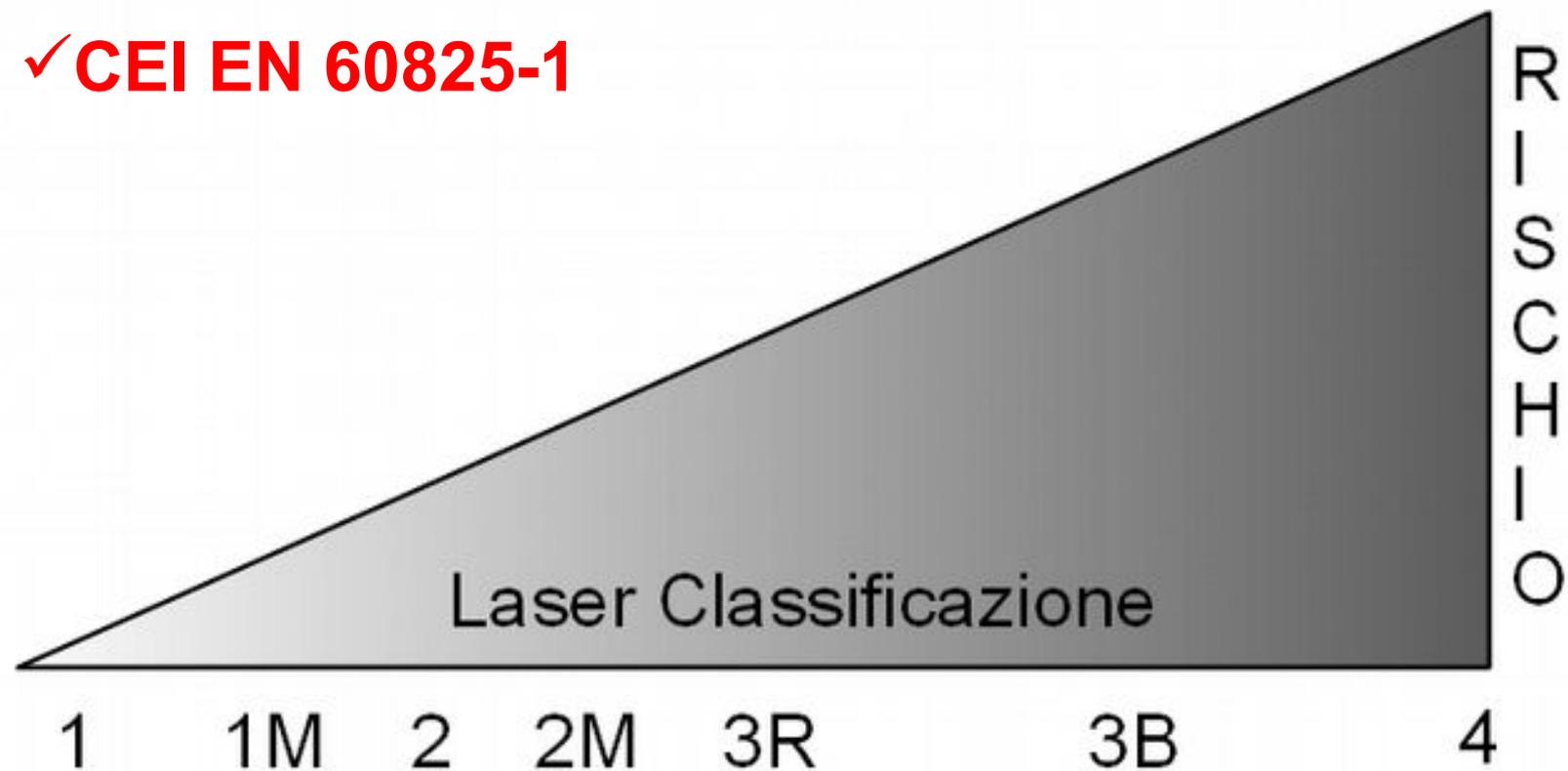


Tabella riassuntiva dei requisiti di sicurezza per diverse tipologie di Laser

	Classe 1	Classe 1M	Classe 2	Classe 2M	Classe 3R	Classe 3B	Classe 4
Descrizione classe	Sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili,	Sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, ma possono essere pericolosi se l'operatore impiega ottiche	Sicuro per breve esposizioni agli occhi;	Sicuri per breve esposizioni a occhio nudo; possono essere pericolosi se l'utente impiega ottiche	Rischio di lesioni è relativamente bassa, ma può essere pericoloso per uso improprio da parte di personale inesperto	Sono normalmente pericolosi nel caso di esposizione diretta del fascio	Sono pericolosi per l'occhio e la pelle; rischio di incendio
Area controllata	Non richiesta	Localizzata o delimitata (chiusa)	Non richiesta	Localizzata o delimitata (chiusa)	delimitata (chiusa)	Delimitato e protetto da interblocco	Delimitato e protetto da interblocco
Comando a chiave	Non richiesto	Non richiesto	Non richiesto	Non richiesto	Non richiesto	Richiesto	Richiesto

Tabella riassuntiva dei requisiti di sicurezza per diverse tipologie di Laser

	Classe 1	Classe 1M	Classe 2	Classe 2M	Classe 3R	Classe 3B	Classe 4
Forma-zione all'utilizzo	Seguire le istruzioni del produttore	Raccomandata	Seguire le istruzioni del produttore	Raccomandata	Richiesta	Richiesta	Richiesta
DPI (occhiali)	Non richiesti	Non richiesti	Non richiesti	Non richiesti	Possono essere necessari a seguito di valutazione del rischio	Richiesti (per operatore e paziente eventuale accompagnatore)	Richiesti (per operatore e paziente eventuale accompagnatore)
Misure di prevenzione	Non necessarie per il normale utilizzo	Evitare di modificare la messa a fuoco o la collimazione ottica del fascio	Evitare di fissare il fascio	Evitare di fissare il fascio e evitare di modificare la messa a fuoco o la collimazione ottica del fascio	Evitare l'esposizione diretta dell'occhio	Evitare l'esposizione diretta dell'occhio e della pelle. Evitare riflessioni accidentali del fascio	Evitare l'esposizione diretta e diffusa dell'occhio e della pelle. Evitare riflessioni accidentali del fascio

Misure di sicurezza classe 4

Definizione e delimitazione zona laser controllata

- Segnali di avvertimento
- Cartelli di avvertimento
- Evitare assolutamente le riflessioni speculari

Impossibilità che il raggio venga trasmesso fuori dall'area controllata

Requisiti macchinario/installazione

- Chiave di comando, per un utilizzo dell'apparecchio solo dalle persone autorizzate
- Arresto di fascio automatico in caso di radiazione eccedente i livelli prestabiliti

PROTEZIONE PERSONALE

- 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

Laser 3B e 4 : Delimitazione ZLC

ZONA LASER CONTROLLATA

CEI EN 60825-1



Controllo funzionamento spia all'accensione dell'apparecchio



Laser



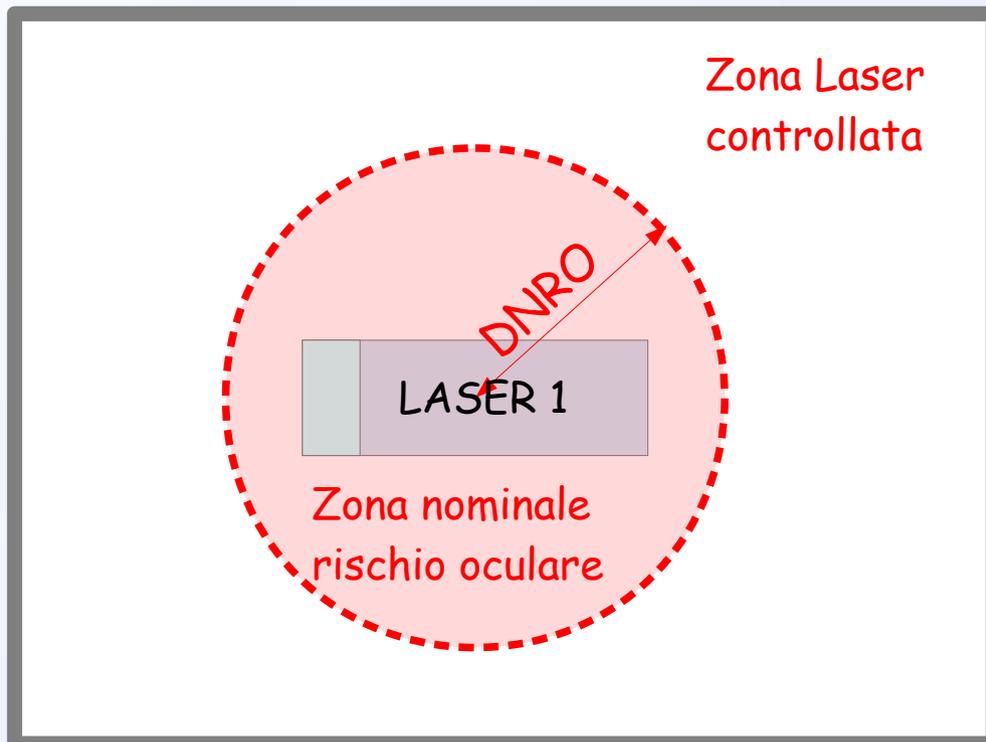
La Distanza Nominale di Rischio Oculare

Distanza oltre la quale l'esposizione al fascio diretto non supera i limiti di esposizione



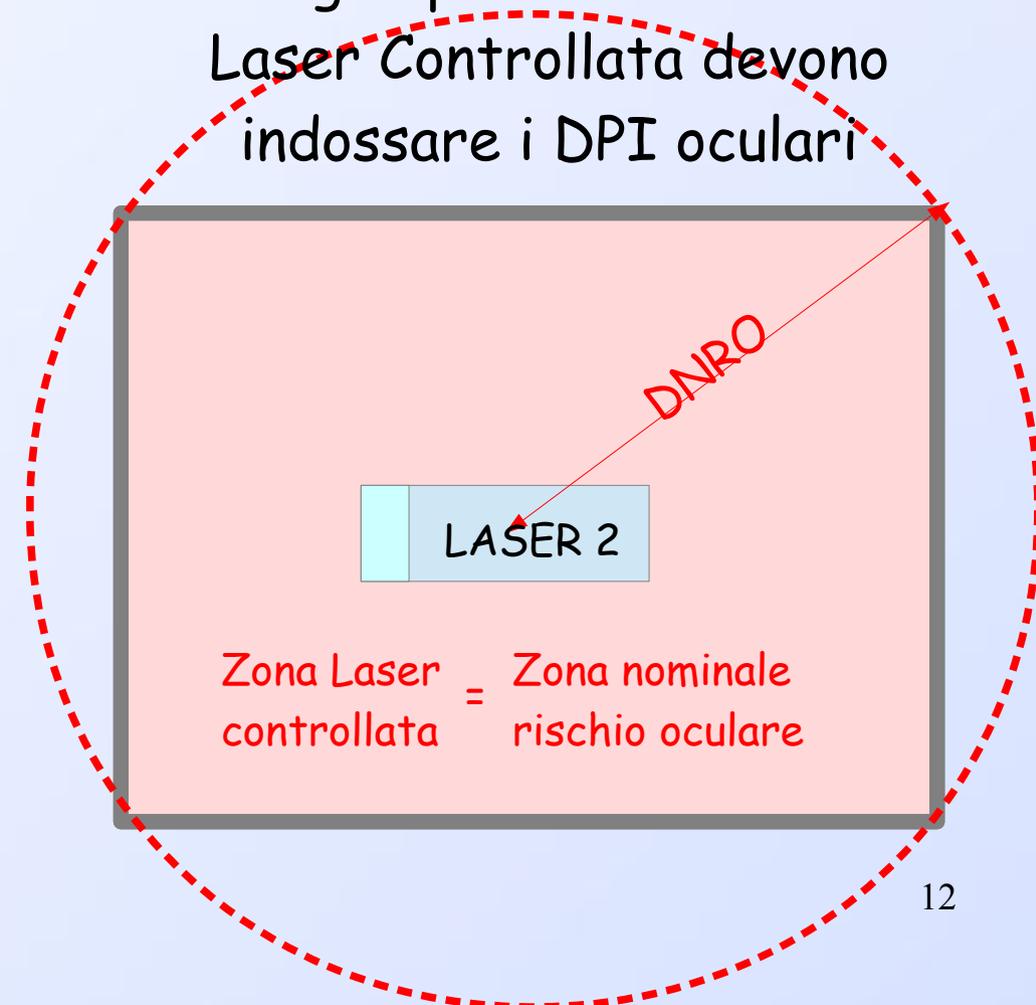
DNRO < dimensioni della stanza

Gli operatori fuori dalla zona nominale di rischio oculare non sono obbligati ad indossare i DPI oculari



DNRO > dimensioni della stanza

Tutti gli operatori nella Zona Laser Controllata devono indossare i DPI oculari



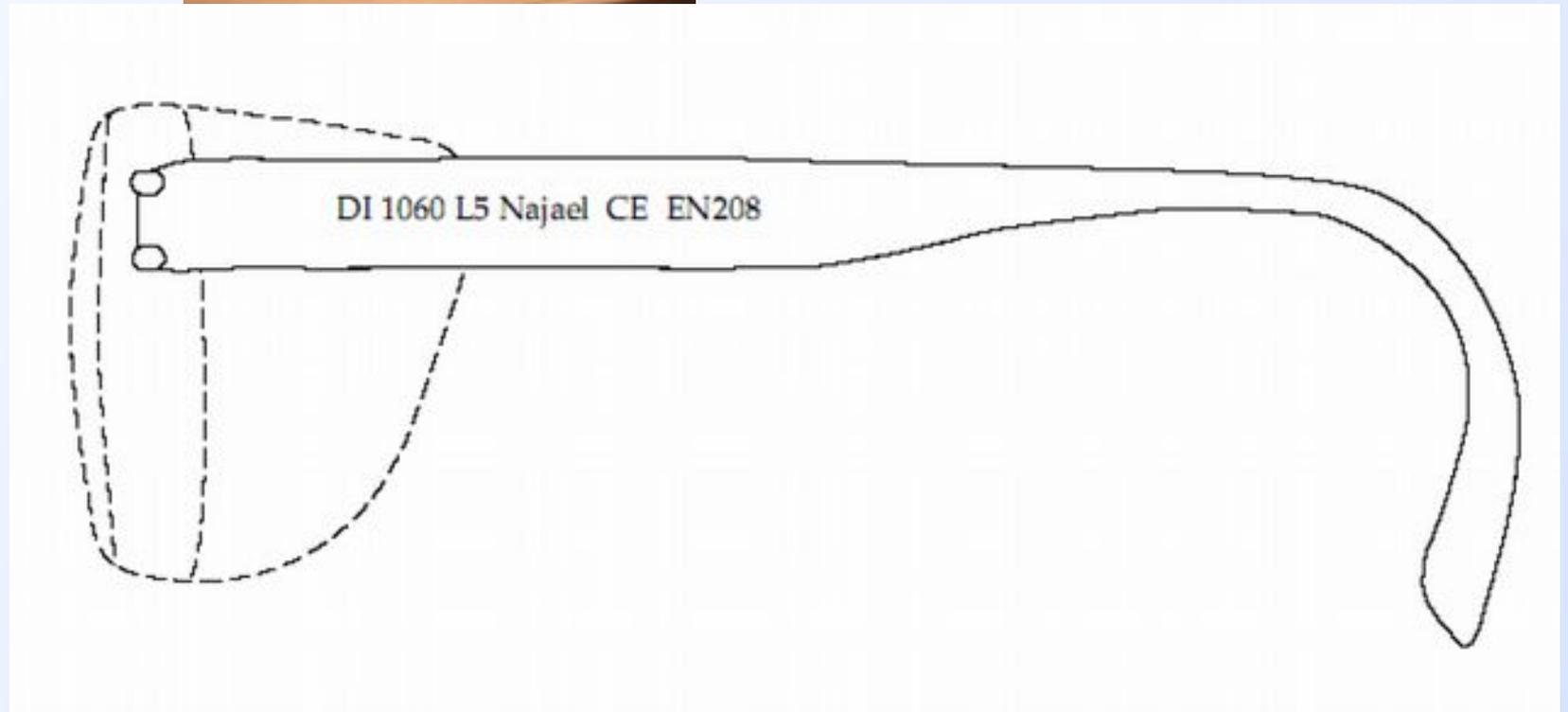
ZLC: requisiti strutturali

- All'ingresso di ogni via di accesso alla zona controllata deve essere apposto un sistema di segnalazione luminosa che, collegato direttamente ai dispositivi di attivazione del fascio, ne possa segnalare lo stato di funzionamento.

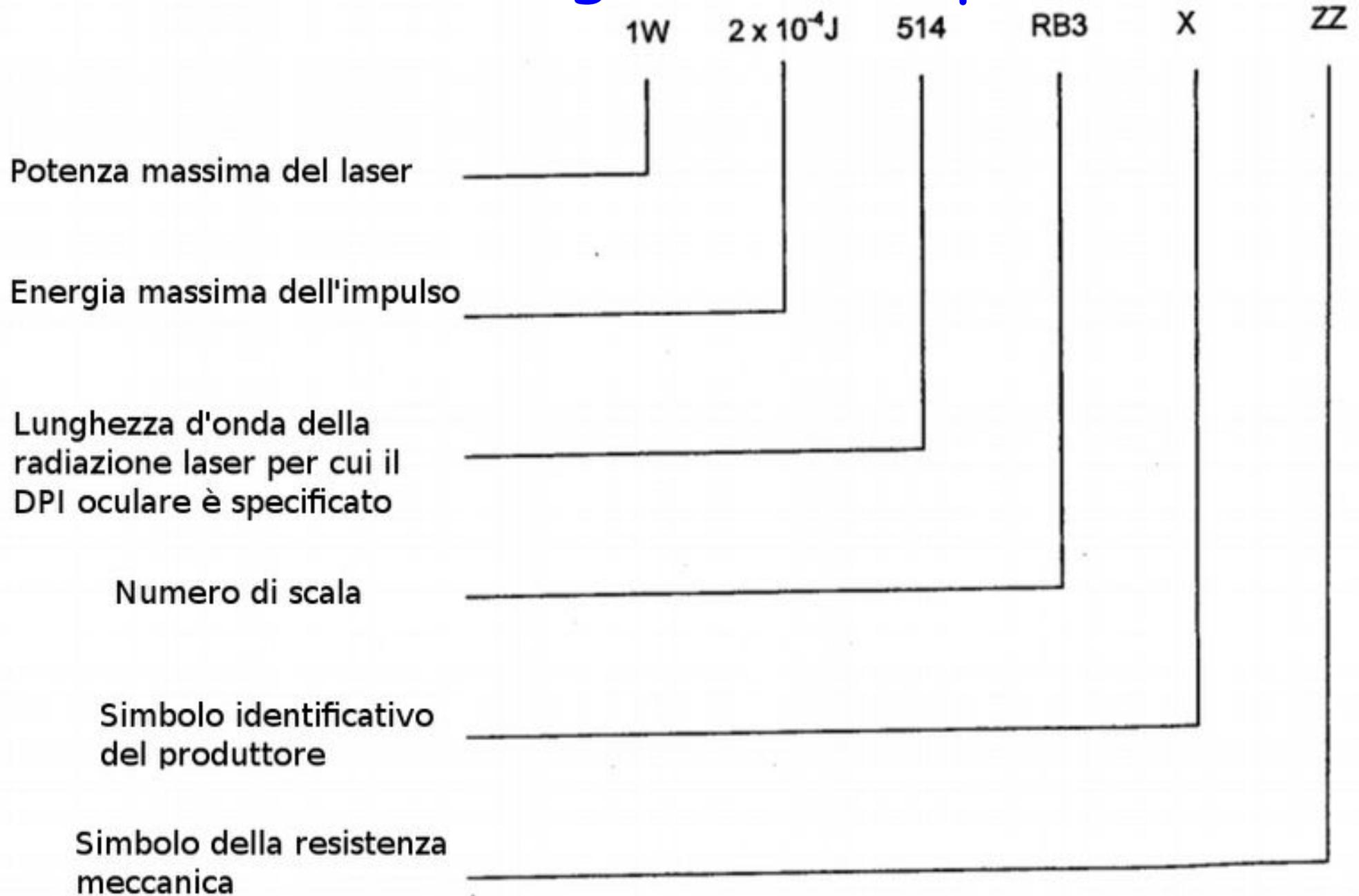
Laser Classe IV: requisiti

- Arresto del fascio o attenuatore. Gli apparecchi Laser di classe 4 devono essere muniti di un attenuatore o arresto del fascio, facente parte dell'apparecchio in modo permanente, in grado di evitare, quando l'apparecchio è in attesa di funzionare, l'uscita di radiazione che superi livelli di potenziale pericolo per le persone presenti

DPI: occhiali di protezione LASER EN 207 – EN 208



La codifica degli occhiali per laser



Etichettatura degli occhiali di protezione (cfr. norma EN207)

- D** per laser continui
- I** per laser impulsati (μs)
- R** per laser ad impulsi «giganti» in regime di «Q switch» (ns)
- M** per laser ad impulsi brevi in regime di «mode locking» (ps, fs)

La lunghezza d'onda (o le lunghezze d'onda) o il dominio spettrale per cui gli occhiali assicurano protezione

Il valore della densità ottica (da 1 a 10) a quella lunghezza d'onda

L'identificazione del produttore

Il marchio di certificazione

Riferimento norma EN 207 (o EN 208 per occhiali di allineamento)

NORME PER L'USO DEGLI OCCHIALI

- Utilizzare esclusivamente occhiali:
 - conformi alle norme EN 207 (uso) o EN 208 (allineamento)
 - adatti al laser utilizzato
 - in buono stato
- Leggere le note d'uso fornite dal produttore
- Non guardare mai volontariamente il fascio o una delle sue riflessioni, nemmeno con protezione oculare
- Pulire regolarmente gli occhiali
- Dopo l'uso rimettere gli occhiali nei loro contenitori
- Sistemare gli occhiali fuori dalla zona laser
- Eliminare gli occhiali difettosi o rovinati
- Prevedere degli occhiali supplementari per i visitatori

Quanto proteggono gli occhiali per LASER?

Le prove di certificazione garantiscono una protezione per **5 secondi o 50 impulsi del fascio diretto**

Le esposizioni al fascio diretto sono accidentali → gli occhiali proteggono il tempo necessario ad interrompere l'esposizione

Dopo un'esposizione accidentale I DPI vanno portati dall'Addetto alla Sicurezza Laser: potrebbero non essere più idonei

Requisiti di un DPI oculare per laser (UNI EN 207 - 208)

Due tipi di test differenti per caratterizzare l'efficienza
e la resistenza di un DPI

1 → Devono abbattere la
radiazione ad un livello inferiore ai
limiti

2 → Devono resistere alla radiazione
senza deteriorarsi



Densità ottica
(OD)
e Trasmittanza (T) occhiali Laser

$$T = 10^{-OD}$$

Es.: se OD (densità ottica) = 2

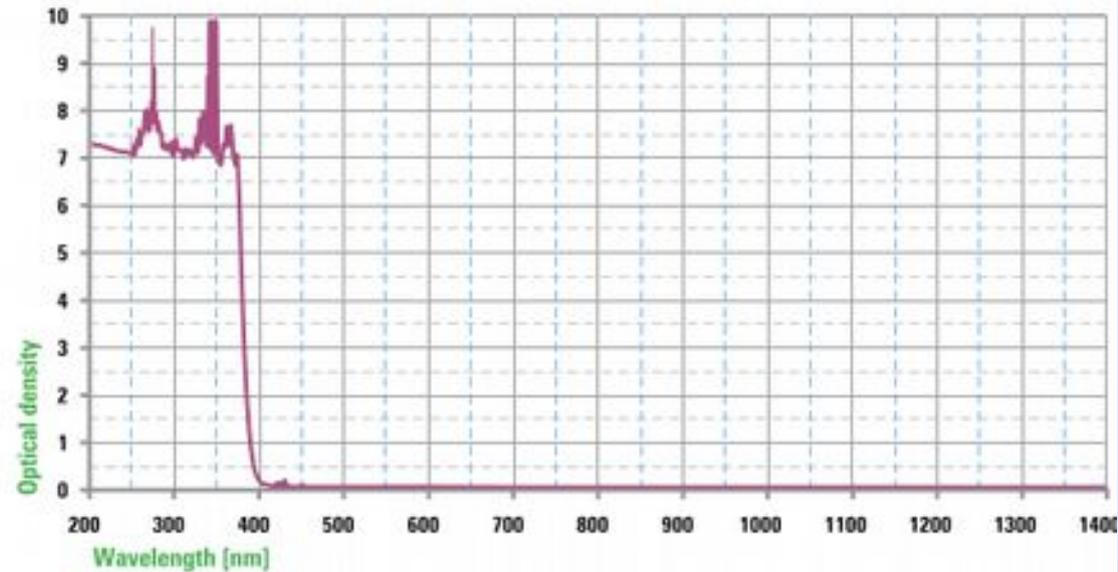
$$T = (10)^{-2} = 0,01$$

L'occhiale trasmette l'1% della radiazione emessa dal Laser a quella specifica lunghezza d'onda

Esempio di scheda tecnica per DPI LASER

Filter code: UL-1001

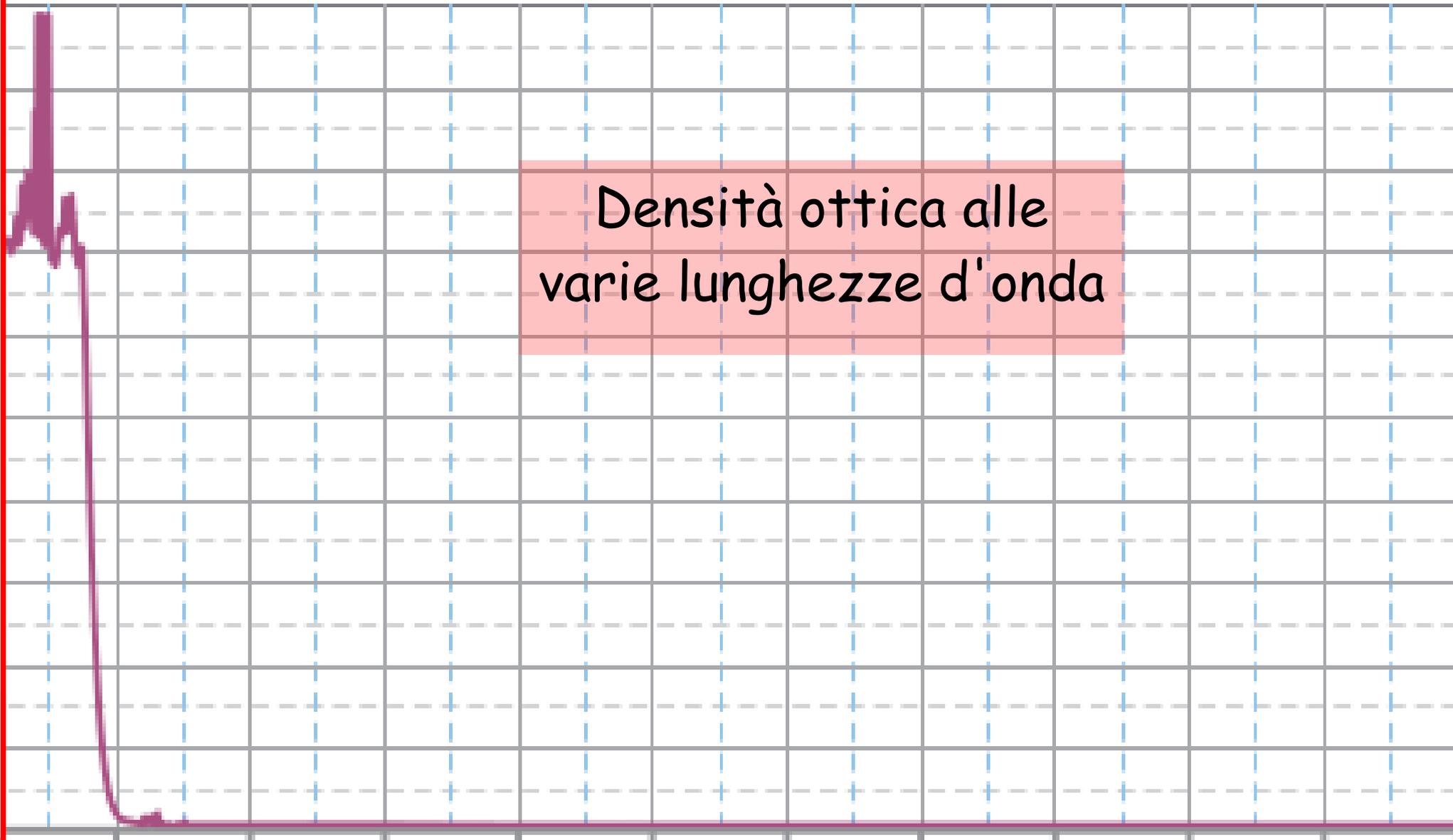
Filter	Full protection
Colour	Clear
Material	Polycarbonate
Technology	Absorbing filter
VLT	90%
Alignment laser wavelength (T%>10%)	400-780 nm



Wavelength		OD	Protection level	531	539	561	562	559G
				531.00.0.300	539.00.0.300	○ 561H.00.00.300 ● 561H.00.01.300	○ 562H.00.00.300 ● 562H.00.01.300	559G.00.00.300
190	315	7	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3
10600		6	DI LB4	DI LB3	DI LB3	DI LB4	DI LB4	DI LB4

Esempio di scheda tecnica per DPI LASER

Filter code: UL 1001

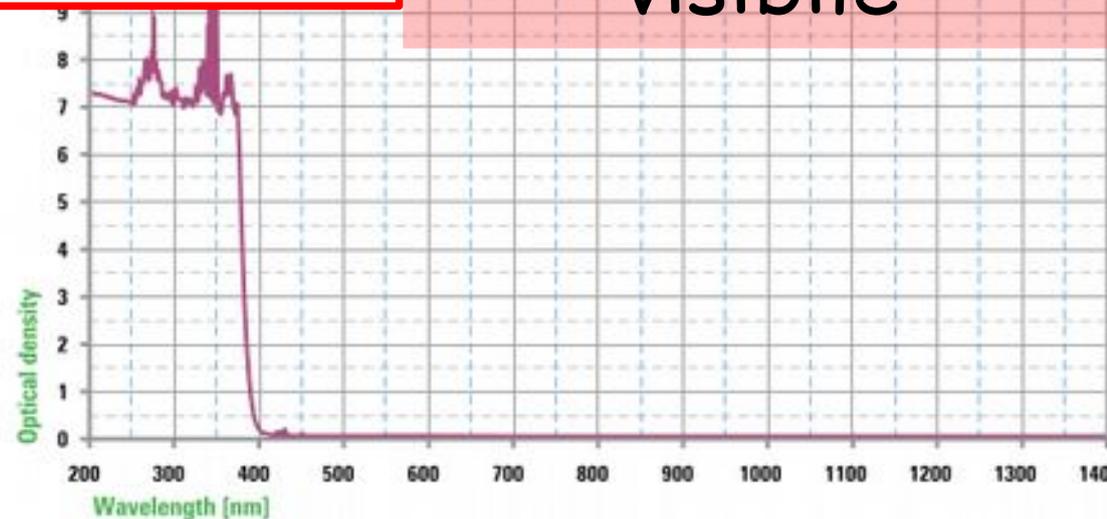


Densità ottica alle
varie lunghezze d'onda

Esempio di scheda tecnica per DPI LASER

VLT	90%
Filter	Fair protection
Colour	Clear
Material	Polycarbonate
Technology	Absorbing filter
VLT	90%
Alignment laser wavelength (T%>10%)	400-780 nm

Trasmissione nel visibile



Wavelength		OD	Protection level	531	539	561	562	559G
				531.00.0.300	539.00.0.300	○ 561H.00.00.300 ● 561H.00.01.300	○ 562H.00.00.300 ● 562H.00.01.300	559G.00.00.300
190	315	7	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3
10600		6	DI LB4	DI LB3	DI LB3	DI LB4	DI LB4	DI LB4

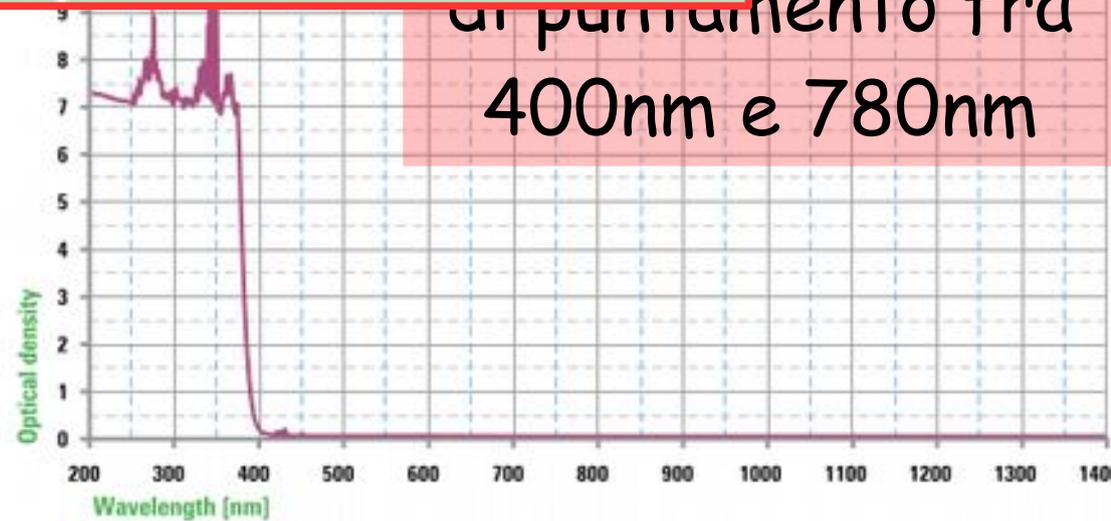
Esempio di scheda tecnica per DPI LASER

**Alignement laser wavelength
(T%>10%)**

400-780 nm

...o per
... con laser
... fra
400nm e 780nm

Filter	Fair protection
Colour	Clear
Material	Polycarbonate
Technology	Absorbing filter
VLT	90%
Alignement laser wavelength (T%>10%)	400-780 nm



Wavelength		OD	Protection level	531	539	561	562	559G
				531.00.0.300	539.00.0.300	○ 561H.00.00.300 ● 561H.00.01.300	○ 562H.00.00.300 ● 562H.00.01.300	559G.00.00.300
190	315	7	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3
10600		6	DI LB4	DI LB3	DI LB3	DI LB4	DI LB4	DI LB4

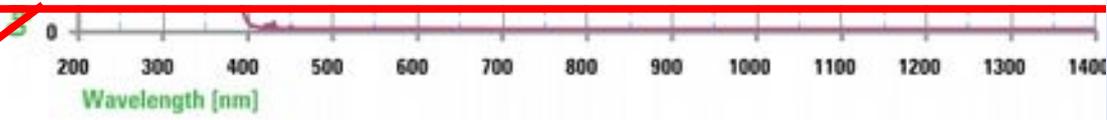
Esempio di scheda tecnica per DPI LASER

Vengono descritte le caratteristiche dei differenti modelli

Filter code: UL-1001

				531.00.0.300	539.00.0.300	○ 561H.00.00.300 ● 561H.00.01.300	○ 562H.00.00.300 ● 562H.00.01.300	559G.00.00.300
190	315	7	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3			
10600		6	DI LB4	DI LB3	DI LB3	DI LB4	DI LB4	DI LB4

Anglement laser wavelength (T%>10%) 400-780 nm



Wavelength		OD	Protection level	531	539	561	562	559G
				531.00.0.300	539.00.0.300	○ 561H.00.00.300 ● 561H.00.01.300	○ 562H.00.00.300 ● 562H.00.01.300	559G.00.00.300
190	315	7	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3
10600		6	DI LB4	DI LB3	DI LB3	DI LB4	DI LB4	DI LB4

Esempio di scheda tecnica per DPI LASER

Livello di protezione del modello

Livello di attenuazione

Filter code: UL-1001

Wavelength			OD	Protection level	531
190	315	7			
10600		6			
					531.00.0.300
190	315	7	D LB7 + IR LB3	D LB7 + IR LB3	
10600		6	DI LB4	DI LB3	

190	315	7
10600		6
Angrenment laser wave (P%>10%)		

Wavelength	OD	P
190	315	7
10600	6	

Lunghezze d'onda attenuate

Livello di protezione per varie modalità

Ad ogni LASER il suo DPI

Si parte dai dati del LASER presenti sul manuale

CO ₂ 10600 nm	14 W	36.15 m
Diodo 904 nm (manipolo)	12 W picco	0.26 m

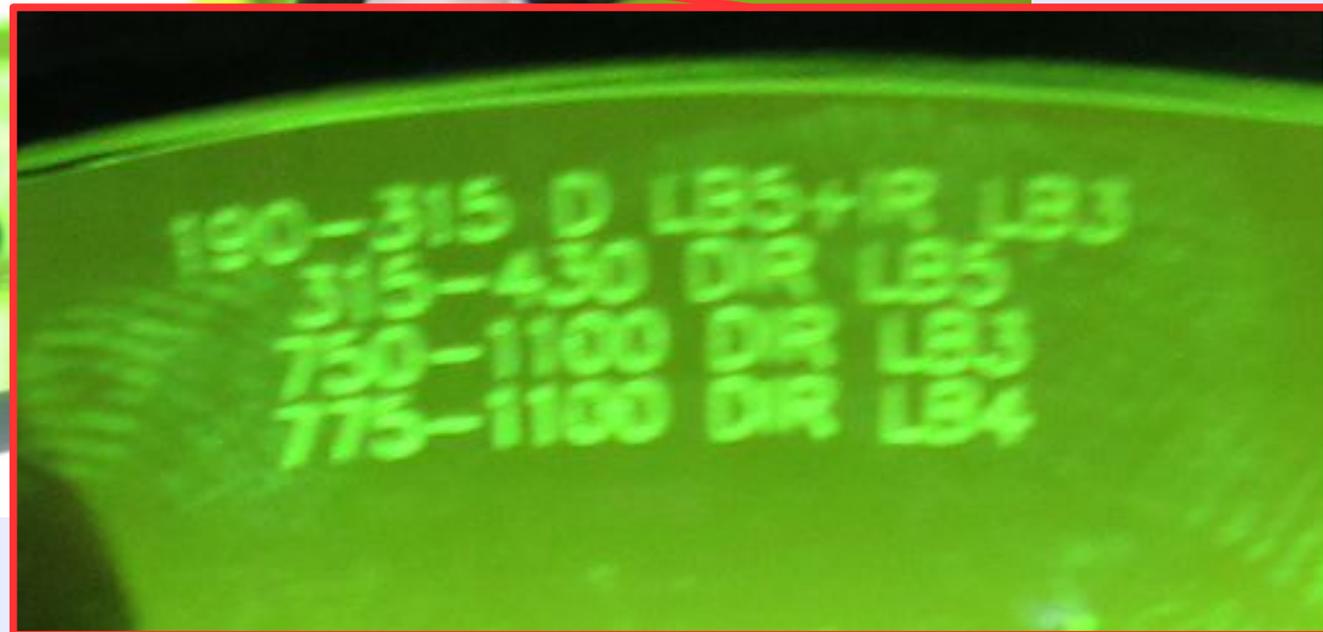
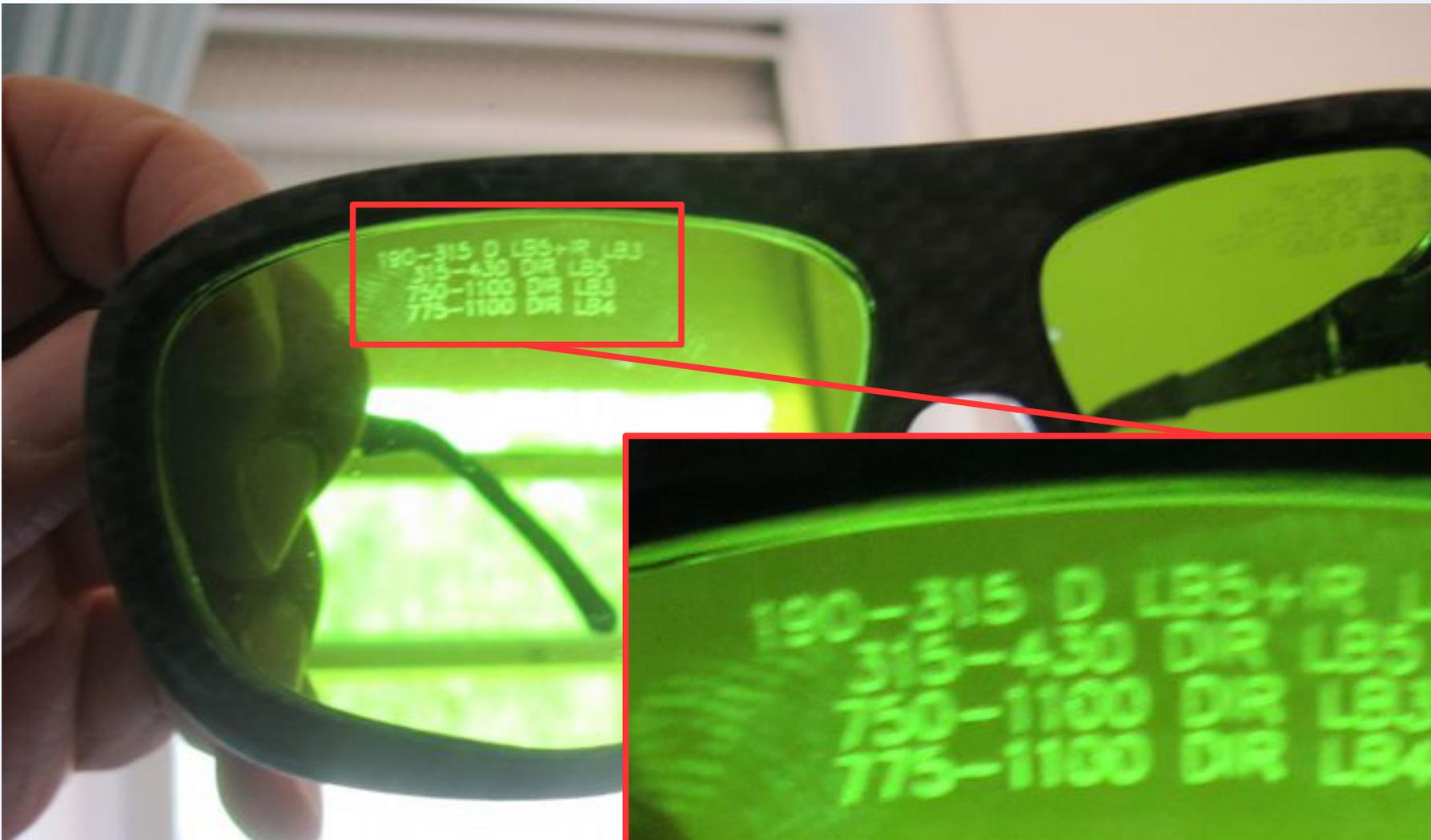
Sorgente laser	Potenza	Densità ottica ² 
Diodo 808 nm	7.0 W	3.19
CO ₂ 10600 nm	14 W	2.54

Si prendono i DPI oculari
forniti dal produttore



Ad ogni LASER il suo DPI

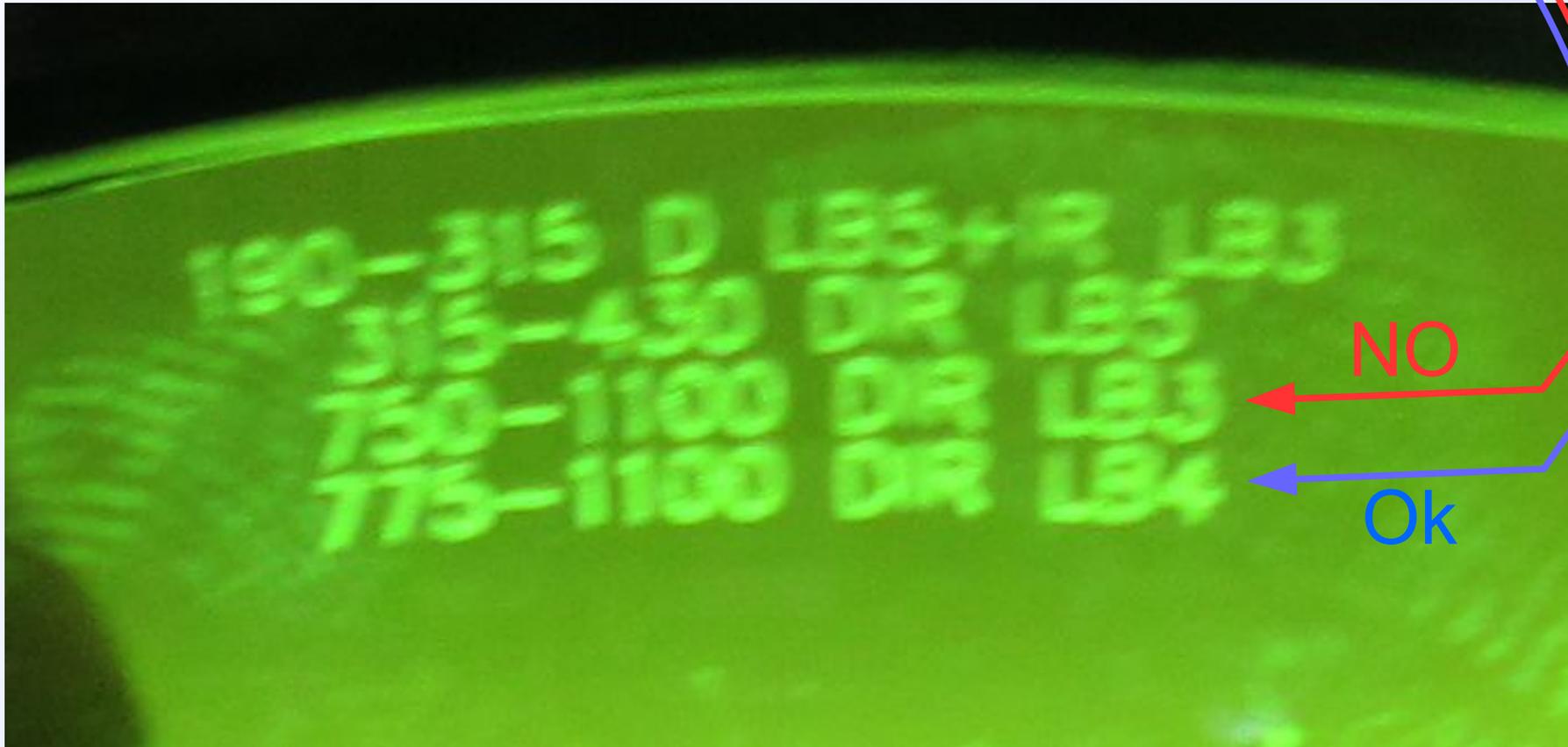
Un DPI può essere certificato per differenti bande
spettrali e tipi di LASER



Si cercano le corrispondenze

Sorgente laser	Potenza	Densità ottica ² ⚠
Diodo 808 nm	7.0 W	3.19
CO ₂ 10600 nm	14 W	2.54

???



Procedura guidata per la stima di DNRO e DPI

In collaborazione con la Fisica Sanitaria di Siena

Dati laser

funzionamento: Impulsato

lunghezza d'onda: 650 nm

energia: 0,050 J

durata impulso: 50 ns

frequenza impulsi: 20,00 Hz

distanza di utilizzo: 1,00 cm

diffusore ottica

calcola riflessione coefficiente di riflessione: 0,00 % distanza laser-superf

calcola diffusione coefficiente di diffusione: 0,00 % distanza superficie-o

durata trattamento: 10,00 s

T exp accidentale: 0,25 s

diametro spot: 1,00 mm

divergenza fascio: 0,290

Calcola Chiudi Can

Si parte dai dati di targa del laser

Si stima la DNRO e la densità ottica richiesta

Risultati

Diretta

MPE: 84.85 J/m2

DNRO: 0.77 m

Esposizione radiante: 4187.657 J/m2

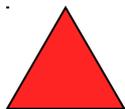
Chiudi



Segnaletica luminosa
"emissione radiazione laser"



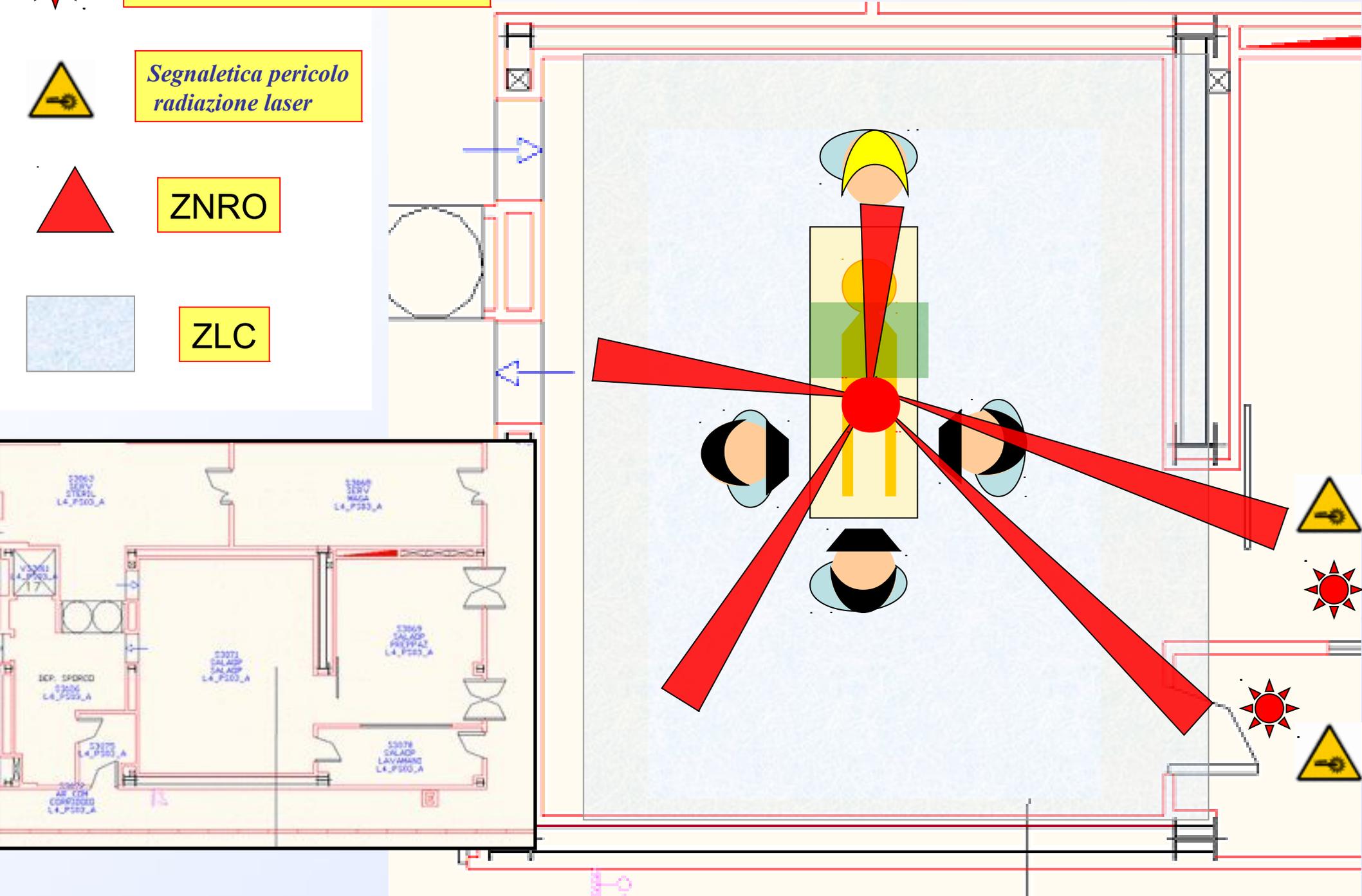
Segnaletica pericolo
radiazione laser

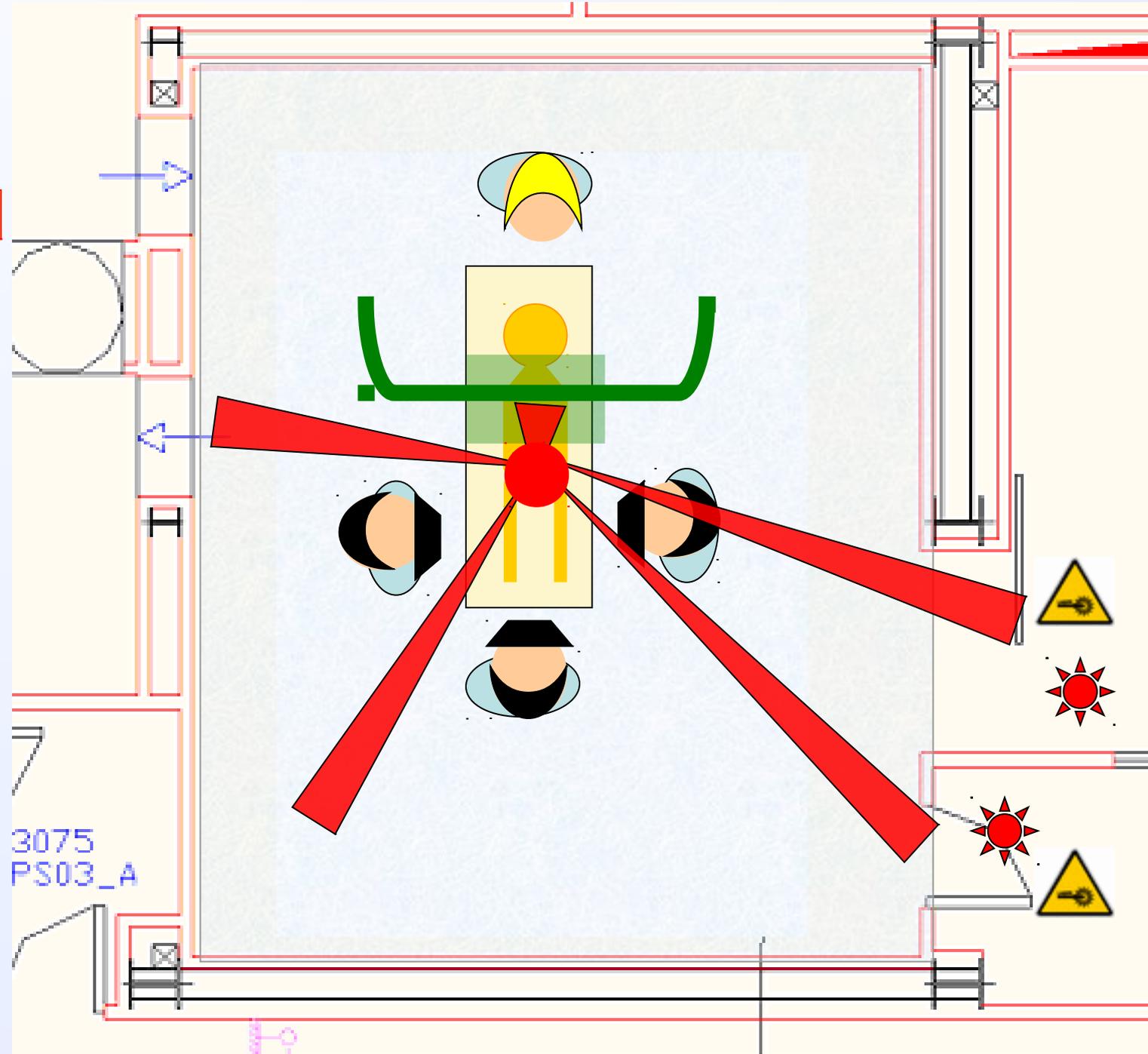


ZNRO

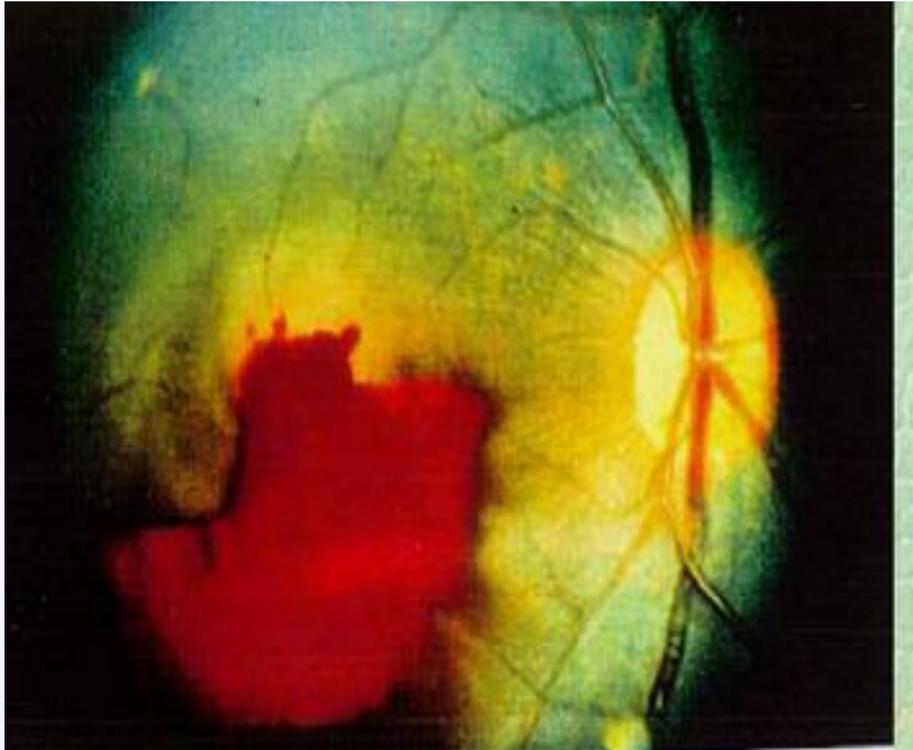


ZLC



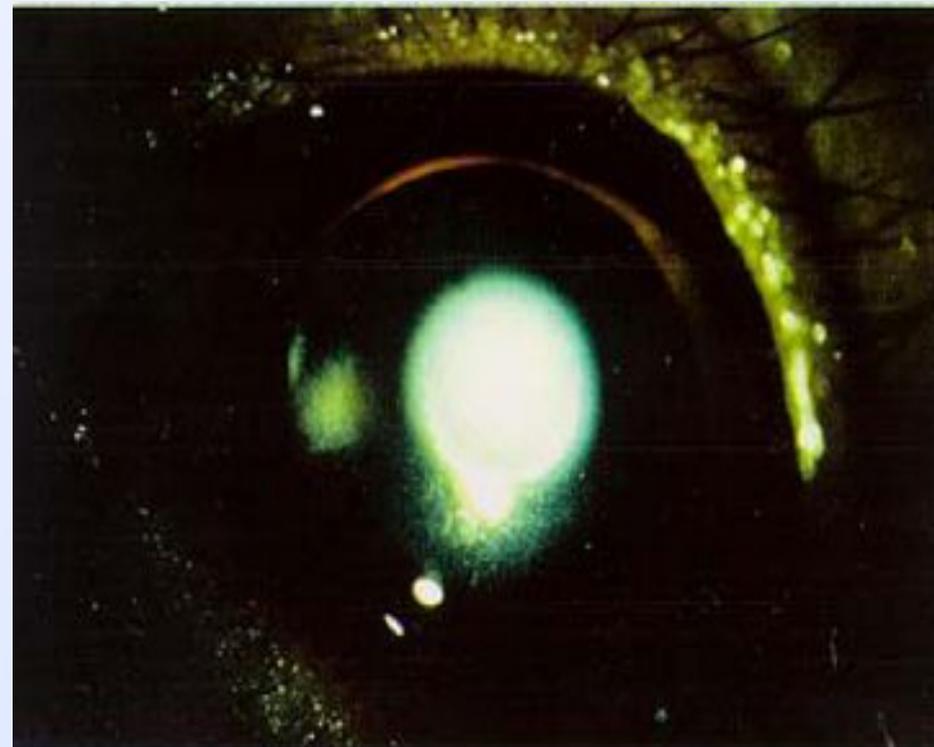


Esempi di danni oculari da laser



Corneal burns from far-infrared radiation

Profuse hemorrhage into the vitreous



Rassegna infortuni con laser

32. Gabel, V.P., et.al. *Clinical Observations Of Six Cases Of Laser Injury To The Eye*, Health Physics, Vol. 56, No.5 (pp 705-710), May, 1989
33. Rockwell, R. James Jr., *Laser Accidents: Are They All Reported and What Can Be Learned From Them?* *Journal of Laser Applications*, Publisher: Laser Institute of America, Toledo, Ohio, pp: 53-57, October, 1989.
34. Tomita Y., et. al., *Mutagenicity of Smoke Condensates Induced by CO₂ Laser Irradiation*, Mutation Research V89:145-149 (1981)
35. American National Standards Institute, *American National Standard for the Safe Use of Lasers: ANSI Z-136.1 (1993)*, Publisher: Laser Institute of America, Orlando, FL, 1993.
36. Rockwell, R. James Jr., *Laser Accidents: Reviewing thirty years of incidents: what are the concerns - old and new?* *Journal of Laser Applications*, Publisher: Laser Institute of America, Orlando, FL, pp: 203-211, V6, 1994.

Principali cause degli incidenti laser

- Occhiali protettivi (disponibili) non usati
- Scorretta scelta degli occhiali
- Occhiali danneggiati
- Malfunzionamento/scorretto uso strumentario

d.Lgvo 81/2008

CONTROLLI SANITARI

...A cura del medico competente

Periodici (annuali)

per operatori Laser in classe 4 (ed eventualmente 3B in funzione esiti valutazione rischio)

Controlli sanitari eccezionali per esposizioni accidentali al di sopra dei VLE

d.Lgvo 81/2008

CONTROLLI SANITARI PERIODICI ...

- con particolare riferimento a soggetti particolarmente sensibili...