

PREMESSA

I LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) sono sorgenti di radiazione ottica con caratteristiche peculiari. A differenza delle normali sorgenti luminose, le emissioni laser sono di tipo monocromatico (una o pochissime lunghezze d'onda) e coerente (elevata collimazione del fascio radiante). Il laser ha ormai raggiunto un elevato grado di diversificazione tecnologica e numerosissime sono le applicazioni in ambito industriale, sanitario, nelle telecomunicazioni e nella ricerca (Tabella 1). La gamma di apparati oggi esistente opera a lunghezze d'onda che cadono nell'infrarosso, nel visibile e nell'ultravioletto (UV). Le potenze di emissione sono molto variabili. Esistono dispositivi a elevatissima, elevata, media e bassa potenza. Anche le modalità di emissione possono essere assai diversificate. Accanto a laser che emettono in continuo, vi sono laser che emettono radiazione sotto forma di impulsi brevi e ripetuti. Il fascio laser può poi propagarsi libero o in forma guidata (fibre ottiche).

RISCHI DA LASER

Rischio da radiazione ottica. Riguarda esclusivamente i due distretti corporei direttamente raggiungibili dalla radiazione ottica, ossia l'apparato oculare e la cute.

Il tipo e l'entità dell'eventuale effetto dipende, oltre che dal tessuto considerato, dalla lunghezza d'onda del laser, dalla potenza, dalla modalità di emissione in continuo o a impulsi, dal tempo di esposizione. A livello dell'occhio i fenomeni di focalizzazione del fascio radiante possono comportare *lesioni della retina*, anche gravi e irreversibili (laser visibili e a infrarosso). Altri effetti possono essere dati da *ustioni* (laser a infrarossi), *cheratiti* e *cataratta* (laser UV) e da *discomfort* visivo. Per quanto riguarda la cute i rischi sono riconducibili a *ustioni* (laser a infrarossi), *cancerogenesi* (laser UV) e *fotosensibilizzazione* (laser che emettono nel visibile o nell'UV in presenza di sostanze fototossiche e fotoallergiche nel tessuto, quali alcuni farmaci e cosmetici, certi inquinanti organici).

Rischio di tipo elettrico. Può configurarsi nel caso dei laser a maggior potenza, che richiedono la presenza di correnti a tensione e intensità elevate, ove un imperfetto isolamento o la creazione di soluzioni di continuo determinano perdite di corrente dalla circuiteria dello strumento. Tale rischio è presente anche in occasione di eventi accidentali che causano traumi meccanici al dispositivo.

Rischio di esplosioni e incendi. È legato all'irraggiamento accidentale di substrati infiammabili o esplosivi con laser di potenza.

Rischio tossico. Può essere dovuto all'apparato laser me-

desimo, ad esempio nel caso di perdite dei *liquidi criogenici* utilizzati per la refrigerazione dei laser di potenza durante il funzionamento. Spesso esso deriva dalla produzione di *prodotti di combustione* (CO, NO_x, SO₂, CN, O₃, idrocarburi policiclici aromatici, formaldeide, miscele organiche complesse etc.) per irraggiamento accidentale o deliberato di materiale organico e/o biologico.

MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

I laser sono stati classificati in funzione della pericolosità delle emissioni radianti (Tabella 2). La necessità di prevenire i rischi associati all'utilizzo degli apparati laser ha condotto alla formulazione di standard e protocolli di sicurezza. Limiti di esposizione alla radiazione laser sono stati fissati dall'ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection) e acquisiti nella Direttiva 2006/25/CE relativa alla tutela dei lavoratori esposti a radiazioni ottiche artificiali durante il lavoro.

La Direttiva è stata recepita come Capo V del titolo VIII del D.Lgs 81/2008 e l'entrata in vigore delle relative disposizioni è fissata per il 26 aprile 2010. I relativi limiti di esposizione alla radiazione laser sono riportati nell'allegato XXXVII, parte seconda. Oltre ai principi generali di tutela stabiliti dal D.Lgs 81/2008 e alle disposizioni specifiche del Capo V, titolo VIII dello stesso decreto, la protezione dei lavoratori che utilizzano sorgenti laser durante il lavoro si può avvalere, sul piano della normativa tecnica, delle norme CEI EN 60825-1, 1995, CEI 76-6, 2001 e, per quanto riguarda i dispositivi di protezione individuale per gli occhi, delle norme UNI EN 207, 2003 e UNI EN 208, 2003.

Le misure di tutela sono naturalmente modulate in funzione della classe di appartenenza del dispositivo laser e, nell'ambito di quest'ultimo, un primo livello di sicurezza è intrinseco all'apparecchiatura, sulla base delle caratteristiche strutturali e operative e delle istruzioni del costruttore. Alcuni requisiti riguardano l'ambiente nel quale opera il laser. Fondamentali risultano l'informazione ai lavoratori e la formazione dei lavoratori, l'utilizzo di dispositivi di protezione individuale e, così come previsto dalle disposizioni dell'art. 218 del D.Lgs 81/2008, la sorveglianza sanitaria del lavoratore a rischio. Per quanto ad ogni singolo dispositivo si applichi, in funzione della classe di appartenenza e dell'utilizzo particolare, un set di misure specifico, in larga parte codificato dalle norme tecniche, la Tabella 3 riporta alcune indicazioni di ordine generale riferite all'apparato laser, all'ambiente di lavoro e al lavoratore che, soprattutto per i laser appartenenti alle classi di maggior pericolosità, rappresentano un riferimento per le attività di prevenzione e protezione nel settore.

RIFERIMENTI NORMATIVI

- Norma CEI EN 60825-1, 1995. *Sicurezza degli apparecchi laser, Parte 1: Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore.*
- Norma CEI 76-6, 2001. *Sicurezza degli apparecchi laser.*
- Norma UNI EN 207, 2003. *Protezione personale degli occhi. Filtri e protettori dell'occhio contro radiazioni laser (protettori dell'occhio per laser).*
- Norma UNI EN 208, 2003. *Protezione personale degli occhi. Protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser e sistemi laser (protettori dell'occhio per regolazione laser).*
- Direttiva 2006/25/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006. *Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (radiazioni ottiche artificiali) (diciannovesima direttiva particolare ai sensi dell'art. 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE).* (G.U. Unione Europea 27 aprile 2006).
- D.Lgs 81/2008. *Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.* (G.U. del 30 aprile 2008, n. 101).

Tabella 1 PROSPETTO ORIENTATIVO CIRCA L'IMPIEGO DEI PIÙ COMUNI TIPI DI SORGENTI LASER

TIPO DI LASER	LUNGHEZZE D'ONDA DI EMISSIONE (nanometri - nm)	APPLICAZIONI
Anidride carbonica	11000; 3390	Lavorazioni industriali di metalli e materie plastiche, incisioni chirurgiche, endoscopia
Neodimio	1064; 532	Lavorazioni industriali di metalli e materie plastiche, chirurgia, endoscopia, fibre ottiche
Argon	514.4; 488	Ottica, oftalmologia, endoscopia, fotochimica, fotobiologia, mondo dello spettacolo
Kriptone	676.4; 647.1; 530.9	Ottica, oftalmologia, endoscopia, fotochimica, fotobiologia, mondo dello spettacolo
Rubino	694.3	Ottica, impieghi militari (puntamento), telemetria
Coloranti	Visibile e infrarosso vicino	Ottica, dermatologia, fotochimica, fotobiologia
Elio-neon	6000; 4000; 632.8	Ottica, biostimolazione (ortopedia, neurologia e dermatologia), fotobiologia
Semiconduttori	904; 850	Elettronica, biostimolazione (ortopedia, neurologia e dermatologia), telecomunicazioni, fotobiologia
Ultravioletti (elio-cadmio, neodimio, a eccimeri, kripton)	347.1; 325; 266	Elettronica, chirurgia corneale e vascolare, fotochimica, fotobiologia

Tabella 2 CLASSIFICAZIONE DELLE SORGENTI LASER

- > **Classe 1.** Laser che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, compreso l'impiego di strumenti ottici per la visione diretta del fascio;
- > **Classe 1M.** Laser che emettono radiazione nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 302,5 e 4000 nm, che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, ma che possono essere pericolosi se l'utilizzatore impiega strumenti ottici all'interno del fascio;
- > **Classe 2.** Laser che emettono radiazione visibile nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 e 700 nm, per i quali la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa, compreso il riflesso palpebrale. Questa reazione può essere prevista per fornire una protezione adeguata nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, compreso l'impiego di strumenti ottici per la visione diretta del fascio;
- > **Classe 2M.** Laser che emettono radiazione visibile nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 e 700 nm, per i quali la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa, compreso il riflesso palpebrale. Tuttavia, l'osservazione può risultare pericolosa se all'interno del fascio l'utilizzatore impiega strumenti ottici;
- > **Classe 3R.** Laser che emettono nell'intervallo di lunghezze d'onda compreso tra 302,5 e 10⁶ nm, per i quali la visione diretta del fascio è potenzialmente pericolosa, ma il rischio è inferiore rispetto a quello dei laser di classe 3B;
- > **Classe 3B.** Laser che sono normalmente pericolosi in caso di visione diretta del fascio. Le riflessioni diffuse sono normalmente sicure;
- > **Classe 4.** Laser che sono in grado di provocare riflessioni diffuse pericolose. Possono causare lesioni alla cute e potrebbero anche costituire pericolo d'incendio. Il loro utilizzo richiede estrema cautela.

Tabella 3 MISURE DI TUTELA RELATIVE AL DISPOSITIVO LASER, ALL'AMBIENTE IN CUI OPERA E AI LAVORATORI

- > Ove possibile, **il dispositivo laser deve operare in condizioni di confinamento fisico;**
- > Per i laser montati in posizioni fisse: **sistema di spegnimento automatico di sicurezza;**
- > Il laser deve rimanere **acceso unicamente durante l'uso;**
- > Accensione con **sistema a chiave;**
- > **I dispositivi laser, specie se di potenza, devono essere sottoposti a manutenzione periodica;**
- > **Rispetto delle istruzioni fornite dal costruttore;**
- > **Locale provvisto di segnaletica;**
- > **Nel caso di laser di potenza, accesso consentito alle sole persone autorizzate e impedito alle altre tramite l'installazione di barriere fisiche** (come porte a codice magnetico);
- > **Impianti a norma**, requisito ancora più stringente se si è in presenza di laser di potenza;
- > **Ricambio dell'aria** (rimozione degli inquinanti aerodispersi eventualmente prodotti dal laser);
- > **Presenza di sistemi di aspirazione localizzata** in caso di formazione di sottoprodotti volatili;
- > **Assenza di superfici riflettenti** o loro rimozione dal cammino ottico del fascio radiante;
- > **Assenza di materiali infiammabili o esplosivi** o loro rimozione dal cammino ottico del fascio radiante;
- > **Lavoratori adeguatamente istruiti** sui rischi connessi all'uso delle apparecchiature laser, sui comportamenti idonei e sulle misure di prevenzione e protezione;
- > **Lavoratori dotati, in funzione della classe di appartenenza del laser e del rischio valutato, di dispositivi di protezione individuale per l'occhio e, se necessario, per la cute** (occhiali, guanti per i laser UV, guanti e tute in materiale ignifugo durante l'utilizzo di apparati di potenza);
- > In accordo con i principi generali di tutela del lavoratore sulla base dell'art. 218 del D.Lgs 81/2008 e in relazione ai risultati della valutazione del rischio messa in atto della **sorveglianza sanitaria per gli addetti all'utilizzo di sistemi laser.**

PER ULTERIORI INFORMAZIONI

Contatti: carlo.grandi@ispesl.it

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- BERGAMASCHI, A., GRANDI, C. "Gli effetti della radiazione laser sui tessuti".
 In *Gli apparati laser: applicazioni e problemi di sicurezza*, 45-68. Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1993.
- CUBEDDU, R., et al. *Sicurezza LASER*. AEI, 1994.
- NIOSH. *Control of smoke from laser electric surgical procedures*. <http://www.cdc.gov/niosh/hc11.html>

PAROLE CHIAVE

Sicurezza laser; Radiazione ottica.