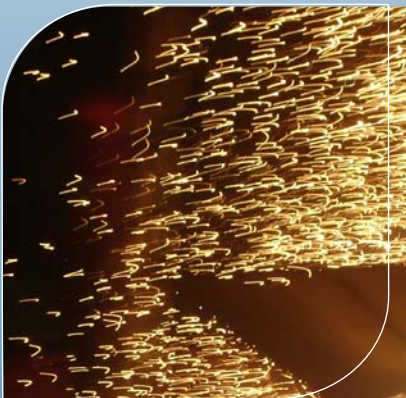


Guida non vincolante alla buona prassi nell'attuazione della direttiva 2006/25/CE «Radiazioni ottiche artificiali»



L'Europa sociale



Commissione europea

Questa pubblicazione è sostenuta dal programma dell'Unione europea per l'occupazione e la solidarietà sociale «Progress» (2007-2013).

Si tratta di un programma attuato dalla Commissione europea. È stato istituito per sostenere finanziariamente la realizzazione degli obiettivi dell'Unione europea nel settore dell'occupazione, degli affari sociali e delle pari opportunità e contribuisce quindi alla realizzazione degli obiettivi Europa 2020 in questi settori.

Il programma settennale si concentra su tutte le parti interessate che possono contribuire a plasmare lo sviluppo di un'occupazione adeguata ed efficace nonché di politiche e legislazione sociale, attraverso l'UE-27, i paesi dell'EFTA-SEE nonché i paesi candidati e precandidati all'UE.

Per ulteriori informazioni consultare il sito: <http://ec.europa.eu/progress>

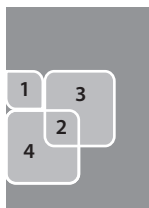
Guida non vincolante alla buona prassi nell'attuazione della direttiva 2006/25/CE «Radiazioni ottiche artificiali»

Commissione europea

Direzione generale per l'Occupazione, gli affari sociali e l'inclusione
Unità B.3

Manoscritto terminato nel giugno 2010

Né la Commissione europea né alcuna persona che agisca a nome della Commissione europea è responsabile dell'uso che dovesse essere fatto delle informazioni contenute nella presente pubblicazione.



© Copertina: 1, 3, 4: Unione europea; 2: iStock.

Per utilizzare o riprodurre foto prive di copyright dell'Unione europea, l'autorizzazione deve essere richiesta direttamente al detentore del copyright.

Europe Direct è un servizio a vostra disposizione per aiutarvi a trovare le risposte ai vostri interrogativi sull'Unione europea

Numero verde unico (*):
00 800 6 7 8 9 10 11

(*) Alcuni gestori di telefonia mobile non consentono l'accesso ai numeri 00 800 o non ne accettano la gratuità.

Numerose altre informazioni sull'Unione europea sono disponibili su Internet consultando il portale Europa (<http://europa.eu>).

Una scheda catalografica, con un sommario, figura alla fine del volume.

Lussemburgo: Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, 2011

ISBN 978-92-79-19811-3

doi:10.2767/30840

© Unione europea, 2011

Riproduzione autorizzata con citazione della fonte.

Indice

1.	Introduzione	7
1.1.	Come usare la guida	7
1.2.	Rapporto con la direttiva 2006/25/CE	9
1.3.	Ambito di applicazione della guida	9
1.4.	Norme vigenti e ulteriori informazioni	10
1.5.	Centri di consulenza ufficiali e non ufficiali	10
2.	Sorgenti di radiazioni ottiche artificiali	11
2.1.	Sorgenti di radiazioni non coerenti	11
2.1.1.	Attività lavorative	11
2.1.2.	Applicazioni	12
2.2.	Sorgenti di radiazioni laser	13
2.3.	Sorgenti trascurabili	14
3.	Effetti sulla salute dall'esposizione alle radiazioni ottiche	16
4.	Prescrizioni della direttiva sulle radiazioni ottiche artificiali	17
4.1.	Articolo 4 — Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi	17
4.2.	Articolo 5 — Disposizioni miranti ad eliminare o a ridurre i rischi	18
4.3.	Articolo 6 — Informazione e formazione dei lavoratori	18
4.4.	Articolo 7 — Consultazione e partecipazione dei lavoratori	19
4.5.	Articolo 8 — Sorveglianza sanitaria	19
4.6.	Sintesi	19
5.	Utilizzo dei limiti di esposizione	20
5.1.	Valori limite di esposizione ai laser	20
5.2.	Radiazioni ottiche non coerenti	22
5.3.	Riferimenti	24
6.	Valutazione dei rischi nel contesto della direttiva	25
6.1.	Fase 1 — Individuare i pericoli e i soggetti a rischio	25
6.2.	Fase 2 — Valutare e attribuire un ordine di priorità ai rischi	26
6.3.	Fase 3 — Decidere le azioni	26
6.4.	Fase 4 — Intervenire con azioni concrete	27
6.5.	Fase 5 — Controllo e riesame	27
6.6.	Riferimenti	27
7.	Misurazione delle radiazioni ottiche	28
7.7.	Prescrizioni della direttiva	28
7.8.	Richiedere ulteriore assistenza	28
8.	Utilizzo dei dati dei fabbricanti	29
8.1.	Classificazione di sicurezza	29
8.1.1.	Classificazione di sicurezza dei laser	29
8.1.1.1.	Classe 1	29
8.1.1.2.	Classe 1M	30
8.1.1.3.	Classe 2	30
8.1.1.4.	Classe 2M	30
8.1.1.5.	Classe 3R	30
8.1.1.6.	Classe 3B	30

8.1.1.7.	Classe 4	31
8.1.2.	Classificazione di sicurezza delle sorgenti non coerenti	32
8.1.2.1.	Gruppo esente	32
8.1.2.2.	Gruppo di rischio 1 — Rischio basso	32
8.1.2.3.	Gruppo di rischio 2 — Rischio moderato	33
8.1.2.4.	Gruppo di rischio 3 — Rischio elevato	33
8.1.3.	Classificazione di sicurezza dei macchinari	33
8.2.	Informazioni sulla distanza di rischio e sui valori di rischio	34
8.2.1.	Laser — Distanza di rischio oculare nominale	34
8.2.2.	Sorgenti a banda larga — Distanza di rischio e valore di rischio	34
8.3.	Altre informazioni utili	35
9.	Misure di controllo	36
9.1.	Gerarchia delle misure di controllo	36
9.2.	Eliminazione del rischio	36
9.3.	Sostituzione con attrezzature o processi meno pericolosi	37
9.4.	Controlli ingegneristici	37
9.4.1.	Prevenzione dell'accesso	37
9.4.2.	Protezione tramite limitazione del funzionamento	37
9.4.3.	Arresto di emergenza	37
9.4.4.	Interblocchi	38
9.4.5.	Filtri e finestre d'ispezione	38
9.4.6.	Ausili per l'allineamento	38
9.5.	Misure amministrative	39
9.5.1.	Norme locali	39
9.5.2.	Area controllata	39
9.5.3.	Segnaletica e avvisi di sicurezza	39
9.5.4.	Nomine	40
9.5.5.	Formazione e consultazione	41
9.5.5.1.	Formazione	41
9.5.5.2.	Consultazione	41
9.6.	Dispositivi di protezione individuale	42
9.6.1.	Protezione contro altri rischi	43
9.6.2.	Protezione degli occhi	43
9.6.3.	Protezione della cute	44
9.7.	Altre informazioni utili	44
9.7.1.	Norme di base	44
9.7.2.	Norme per tipo di prodotto	44
9.7.3.	Saldatura	44
9.7.4.	Laser	44
9.7.5.	Sorgenti di luce intensa	44
10.	Gestione degli incidenti	45
11.	Sorveglianza sanitaria	46
11.1.	Chi deve eseguire la sorveglianza sanitaria?	46
11.2.	Registrazioni	46
11.3.	Esami medici	46
11.4.	Azioni da intraprendere se viene superato il limite di esposizione	46
Appendice A — Natura delle radiazioni ottiche		49
Appendice B — Effetti biologici delle radiazioni ottiche sugli occhi e sulla cute		50
B.1.	Gli occhi	50
B.2.	La cute	50

B.3.	Effetti biologici di diverse lunghezze d'onda sugli occhi e sulla cute	51
B.3.1.	Radiazioni ultraviolette: UVC (100-280 nm); UVB (280-315 nm); UVA (315-400 nm).....	51
B.3.2.	Radiazioni visibili.....	52
B.3.3.	IRA	52
B.3.4.	IRB.....	53
B.3.5.	IRC	53
Appendice C — Quantità e unità delle radiazioni ottiche artificiali		54
C.1.	Quantità fondamentali	54
C.1.1.	Lunghezza d'onda.....	54
C.1.2.	Energia	54
C.1.3.	Altre quantità utili.....	54
C.1.4.	Quantità usate nei limiti di esposizione	55
C.1.5.	Quantità spettrali e quantità di banda larga	55
C.1.6.	Quantità radiometriche e quantità efficaci	55
C.1.7.	Luminanza.....	56
Appendice D — Esempi pratici		57
D.1.	Uffici.....	57
D.1.1.	Spiegazione del metodo generale	57
D.1.2.	Formato degli esempi	62
D.1.3.	Lampade fluorescenti montate a soffitto dietro un diffusore	62
D.1.4.	Lampada fluorescente singola montata a soffitto senza diffusore	63
D.1.5.	Fila di lampade fluorescenti montate a soffitto senza diffusore.....	64
D.1.6.	Schermo con tubo a raggi catodici.....	65
D.1.7.	Schermi per portatile.....	66
D.1.8.	Proiettore per esterni con incorporata una lampada ad alogenuro metallico ...	67
D.1.9.	Proiettore per esterni con incorporata una lampada fluorescente compatta ...	68
D.1.10.	Ammazza-insetti elettronico.....	69
D.1.11.	Proiettore montato a soffitto	70
D.1.12.	Luce da tavolo	71
D.1.13.	Luce da tavolo «a spettro solare».....	72
D.1.14.	Fotocopiatrice	73
D.1.15.	Proiettore di dati digitali da tavolo	74
D.1.16.	Proiettore di dati digitali portatile.....	75
D.1.17.	Lavagna interattiva digitale.....	76
D.1.18.	Lampada fluorescente compatta incassata, montata a soffitto	77
D.1.19.	LED indicatore	78
D.1.20.	PDA	79
D.1.21.	Lampada a luce nera UVA	80
D.1.22.	Lampione con incorporata una lampada ad alogenuro metallico	81
D.1.23.	Riepilogo dei dati ottenuti dagli esempi	82
D.2.	Spettacolo laser	83
D.2.1.	Pericoli e soggetti a rischio	83
D.2.2.	Valutare e attribuire un ordine di priorità ai rischi.....	84
D.2.3.	Decidere le azioni preventive e intervenire con azioni concrete	84
D.2.4.	Controllo e riesame	84
D.2.5.	Conclusioni	84
D.3.	Applicazioni cliniche delle radiazioni ottiche	85
D.3.1.	Illuminazione da lavoro.....	85
D.3.2.	Luci diagnostiche	86
D.3.3.	Sorgenti terapeutiche	87
D.3.4.	Sorgenti per prove speciali	90

D.4.	Guida durante il lavoro	91
D.5.	Ambito militare	94
D.6.	Riscaldatori radianti sospesi a gas	95
D.7.	Laser per la lavorazione dei materiali	96
D.7.1.	Individuare i pericoli e i soggetti a rischio	96
D.7.2.	Valutare e attribuire un ordine di priorità ai rischi	96
D.7.3.	Decidere le azioni preventive	96
D.8.	Industrie di lavorazione a caldo	97
D.8.1.	Industria siderurgica	97
D.8.2.	Vetriere	97
D.8.3.	Informazioni supplementari	98
D.9.	Fotografia con flash	98
Appendice E — Requisiti di altre direttive europee		100
Appendice F — Regolamenti nazionali degli Stati membri dell'UE che recepiscono la direttiva 2006/25/CE (al 10 dicembre 2010) e orientamenti		104
Appendice G — Norme europee e internazionali		110
G.1.	Norme europee	110
G.2.	Orientamento europeo	112
G.3.	Documenti ISO, CEI e CIE	112
Appendice H — Fotosensibilità		114
H.1.	Che cos'è la fotosensibilità?	114
H.2.	Aspetti associati al lavoro... oppure no	114
H.3.	Che cosa devono fare i datori di lavoro?	114
H.4.	Cosa fare se il proprio lavoro richiede l'esposizione a sorgenti di radiazioni ottiche artificiali in combinazione con sostanze fotosensibilizzanti?	115
Appendice I — Risorse		116
I.1.	Internet	116
I.2.	Consulenza/regolamentazione	116
I.3.	Norme	117
I.4.	Associazioni/directory sul web	117
I.5.	Riviste	118
I.6.	CD, DVD e altre risorse	118
Appendice J — Glossario		119
Appendice K — Bibliografia		122
K.1.	Storia dei laser	122
K.2.	Laser medici	122
K.3.	Sicurezza in presenza di laser e di radiazioni ottiche	122
K.4.	Tecnologia laser e teoria	122
K.5.	Linee guida e dichiarazioni	122
Appendice L — Direttiva 2006/25/CE		124

1. Introduzione

La direttiva 2006/25/CE (in seguito: «la direttiva») copre tutte le sorgenti artificiali di radiazioni ottiche. I requisiti della direttiva sono per la maggior parte simili ai requisiti esistenti, per esempio, della direttiva quadro 89/391/CEE. Ne consegue che la direttiva non deve sottoporre i datori di lavoro a un carico maggiore di quello previsto da altre direttive. Tuttavia, poiché la direttiva ha anche carattere generale, occorre individuare le applicazioni delle radiazioni ottiche artificiali talmente irrilevanti per la salute da non richiedere nessuna ulteriore valutazione. La presente guida intende dare indicazioni su queste applicazioni trascurabili, fornire orientamenti su tutta una serie di altre applicazioni specifiche, presentare una metodologia di valutazione e anche, in alcuni casi, suggerire l'opportunità di richiedere ulteriore assistenza.

Vari settori dispongono di orientamenti ben definiti in merito alle applicazioni specifiche delle radiazioni ottiche, cui si fa riferimento come fonti d'informazione nella presente guida.

Le radiazioni ottiche artificiali interessano una gamma molto ampia di sorgenti cui i lavoratori possono essere esposti sul posto di lavoro e altrove. Tali sorgenti includono l'illuminazione per ambienti e lampade da lavoro, i dispositivi indicatori, molti schermi e altre sorgenti simili che sono fondamentali per il benessere dei lavoratori. Non è quindi ragionevole adottare un approccio simile a molti altri pericoli, riducendo necessariamente al minimo il rischio delle radiazioni ottiche artificiali. Ciò potrebbe infatti aumentare il rischio derivante da altri pericoli o attività sul posto di lavoro. Basti pensare che spegnendo la luce in un ufficio si lasciano tutti al buio.

Una varietà di radiazioni ottiche artificiali trova impiego nei processi produttivi, per la ricerca e la comunicazione. Le radiazioni ottiche possono anche essere incidentali, per esempio quando un materiale è caldo e irradia energia sotto forma di radiazioni ottiche.

Esistono diverse applicazioni delle radiazioni ottiche artificiali che richiedono un'esposizione diretta dei lavoratori a livelli che potrebbero superare i limiti di esposizione indicati nella direttiva. Queste comprendono alcune applicazioni di

intrattenimento e medicali. Tali applicazioni dovranno essere sottoposte a valutazioni critiche per accertarsi che i limiti di esposizione non siano superati.

Nella direttiva le radiazioni ottiche artificiali sono divise in radiazioni laser e radiazioni non coerenti. Questa distinzione viene utilizzata nella presente guida soltanto ove se ne tragga un chiaro beneficio. Il punto di vista tradizionale è che le radiazioni laser esistono sotto forma di fascio in un'unica lunghezza d'onda. Un lavoratore può trovarsi molto vicino al percorso del fascio, ma non subire nessun effetto nocivo per la salute. Entrando direttamente nel fascio, il limite di esposizione può però essere superato all'istante. Per quanto riguarda le radiazioni non coerenti, è meno probabile che la radiazione ottica sia un fascio ben collimato e il livello di esposizione aumenta man mano che ci si avvicina alla sorgente. Si potrebbe obiettare che con un fascio laser la probabilità di esposizione è bassa, ma le conseguenze potrebbero essere gravi; per una sorgente non coerente, invece, la probabilità di esposizione può essere elevata, ma le conseguenze meno gravi. Questa distinzione tradizionale sta ora perdendo significato con l'evolversi delle tecnologie a base di radiazioni ottiche.

La direttiva è stata adottata ai sensi dell'articolo 137 del trattato che istituisce la Comunità europea, articolo questo che non vieta espressamente agli Stati membri di mantenere o presentare misure protettive più rigorose compatibili con il trattato.

1.1. Come usare la guida

Le radiazioni ottiche artificiali sono presenti nella maggior parte dei luoghi di lavoro. Molte comportano un rischio ridotto o nullo di lesioni, mentre altre permettono di svolgere le attività lavorative in tutta sicurezza.

La presente guida deve essere letta in combinazione con la direttiva 2006/25/CE e con la direttiva quadro 89/391/CEE.

La direttiva 2006/25/CE enuncia le prescrizioni minime di sicurezza relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi

derivanti dalle radiazioni ottiche artificiali. L'articolo 13 prevede che la Commissione rediga una guida pratica per le disposizioni della direttiva.

La guida intende innanzitutto assistere i datori di lavoro e, in particolare, le piccole e medie imprese. Può però essere utile anche per i rappresentanti dei lavoratori e per le autorità di regolamentazione degli Stati membri.

La guida è suddivisa in tre sezioni:

Tutti i datori di lavoro devono leggere le sezioni 1 e 2 della presente guida.



Se tutte le sorgenti sul posto di lavoro rientrano nell'elenco delle sorgenti trascurabili nella sezione 2.3, non c'è bisogno di ulteriori azioni.

Se sono presenti sorgenti non elencate nella sezione 2.3, la valutazione dei rischi sarà più complessa. Il datore di lavoro deve inoltre considerare le sezioni da 3 a 9 della presente guida.



In tal caso, occorre decidere se svolgere un'autovalutazione o richiedere assistenza esterna.

Gli allegati contengono ulteriori informazioni che possono essere utili per i datori di lavoro che svolgono autonomamente le valutazioni dei rischi.

I dati forniti dai fabbricanti dei prodotti possono aiutare i datori di lavoro nella loro valutazione dei rischi. In particolare, alcuni tipi di sorgenti di radiazioni ottiche artificiali devono essere classificati per fornire un'indicazione sui rischi delle radiazioni ottiche accessibili. Si suggerisce ai datori di lavoro di richiedere informazioni appropriate ai fornitori delle sorgenti di radiazioni ottiche artificiali. Molti prodotti saranno soggetti ai requisiti delle direttive della Comunità europea, per esempio in rapporto alla marcatura CE; un riferimento specifico in tal senso è contenuto nel paragrafo 12 del preambolo della diret-

tiva (cfr. l'appendice L). Il capitolo 8 della presente guida fornisce orientamenti sull'utilizzo dei dati dei fabbricanti.

Tutti i lavoratori sono esposti alle radiazioni ottiche artificiali. Esempi di sorgenti sono forniti nel capitolo 2. Una delle difficoltà consiste nel garantire che le sorgenti che possono presentare un rischio di esposizione dei lavoratori a livelli superiori ai valori limite di esposizione siano valutate adeguatamente senza l'obbligo di dover valutare la maggioranza di sorgenti che non presentano un rischio in circostanze ragionevolmente prevedibili, le cosiddette sorgenti «trascurabili».

La presente guida intende guidare gli utenti attraverso un percorso logico per la valutazione dei rischi derivanti dall'esposizione dei lavoratori alle radiazioni ottiche artificiali:

Se le uniche sorgenti di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali sono trascurabili, non serve alcuna ulteriore azione. Alcuni datori di lavoro potrebbero voler documentare la revisione compiuta delle sorgenti e le conclusioni tratte.

Se le sorgenti non sono trascurabili o il rischio è sconosciuto, i datori di lavoro devono seguire un processo di valutazione del rischio e adottare misure di controllo appropriate, se necessario.

Il capitolo 3 della presente guida illustra i potenziali effetti sulla salute.

Il capitolo 4 descrive i requisiti della direttiva, mentre nel capitolo 5 sono presentati i valori limite di esposizione. Questi due capitoli riguardano pertanto i requisiti di legge.

Il capitolo 6 suggerisce una metodologia per lo svolgimento della valutazione dei rischi. È possibile che la conclusione sia che non vi sono rischi e che quindi il processo si fermi qui.

Qualora le informazioni a disposizione siano inadeguate per eseguire la valutazione dei rischi, potrebbe essere necessario effettuare misurazioni (capitolo 7) oppure utilizzare i dati dei fabbricanti (capitolo 8).

Il capitolo 9 riguarda le misure di controllo da adottare laddove sia necessario ridurre il rischio.

In caso di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali a livelli superiori ai valori limite di esposizione, il capitolo 10 tratta i piani di intervento e il capitolo 11 gli aspetti di sorveglianza sanitaria.

Le appendici forniscono ulteriori informazioni per i datori di lavoro e gli altri soggetti che possono essere coinvolti nel processo di valutazione dei rischi:

A — Natura delle radiazioni ottiche

B — Effetti biologici delle radiazioni ottiche sugli occhi e sulla cute

C — Quantità e unità delle radiazioni ottiche artificiali

D — Esempi pratici. Alcuni degli esempi contenuti in questa appendice spiegano perché sorgenti specifiche sono classificate come trascurabili.

E — Requisiti di altre direttive europee

F — Legislazione e orientamenti esistenti negli Stati membri

G — Norme europee e internazionali

H — Fotosensibilità

I — Risorse

J — Glossario

K — Bibliografia

L — Testo della direttiva 2006/25/CE

1.2. Rapporto con la direttiva 2006/25/CE

Conformemente all'articolo 13 della direttiva 2006/25/CE del Parlamento europeo e del Consiglio sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dalle radiazioni ottiche

artificiali, la presente guida si riferisce agli articoli 4 (Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi) e 5 (Disposizioni miranti ad eliminare o a ridurre i rischi) e agli allegati I e II (rispettivamente i valori limite di esposizione per le radiazioni ottiche non coerenti e le radiazioni laser) della direttiva (cfr. l'appendice L). Vengono forniti orientamenti anche in altri articoli della direttiva.

Tabella 1.1 — Rapporto tra gli articoli della direttiva e le sezioni della presente guida

Articoli della direttiva 2006/25/CE	Titolo	Sezioni della guida
Articolo 2	Definizioni	Appendice J
Articolo 3	Valori limite di esposizione	Capitoli 6, 7, 8 e 9
Articolo 4	Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi	Capitoli 7, 8 e 9
Articolo 5	Disposizioni miranti ad eliminare o a ridurre i rischi	Capitolo 9
Articolo 6	Informazione e formazione dei lavoratori	Capitolo 9
Articolo 7	Consultazione e partecipazione dei lavoratori	Capitolo 9
Articolo 8	Sorveglianza sanitaria	Capitolo 11

1.3. Ambito di applicazione della guida

La presente guida si rivolge a tutte le imprese i cui lavoratori possono essere esposti a radiazioni ottiche artificiali. La direttiva non fornisce una definizione di radiazioni

ottiche artificiali. Sono chiaramente escluse sorgenti come le eruzioni vulcaniche, il sole e le radiazioni solari riflesse, per esempio, dalla luna. Vi è però tutta una serie di sorgenti di natura ambigua. Un incendio provocato dall'uomo può essere considerato una sorgente artificiale, mentre un incendio innescato da un fulmine no?

La direttiva non esclude in modo specifico nessuna sorgente di radiazioni ottiche artificiali. Tuttavia, molte sorgenti, come ad esempio gli indicatori luminosi sulle apparecchiature elettriche, sono sorgenti trascurabili di radiazioni ottiche. La presente guida fornisce un elenco delle sorgenti che, secondo una valutazione generica, difficilmente supereranno i valori limite di esposizione.

Vi sono alcuni scenari potenziali di esposizione dei lavoratori che non rientrano nell'ambito della presente guida per via della loro complessità. I datori di lavoro devono richiedere ulteriore consulenza per la valutazione di tali scenari complessi di esposizione.

1.4. Norme vigenti e ulteriori informazioni

L'utilizzo della presente guida non garantisce di per sé la conformità con le disposizioni di legge in materia di protezione dalle radiazioni ottiche artificiali applicate nei vari Stati membri dell'Unione europea. Gli strumenti ufficiali sono le norme giuridiche con le quali gli Stati membri hanno recepito la direttiva 2006/25/CE, che possono andare oltre le prescrizioni minime della direttiva alla base della presente guida.

Quale ulteriore ausilio all'attuazione dei requisiti della direttiva, i fabbricanti possono produrre apparecchiature che emettono radiazioni ottiche artificiali secondo le norme europee. La presente guida fa riferimento alle norme rilevanti. Tali norme possono essere ottenute a pagamento dagli enti di standardizzazione nazionali.

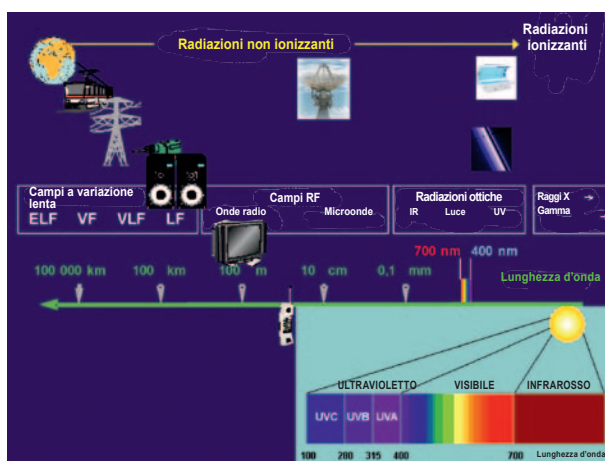
Ulteriori informazioni si possono trarre dai regolamenti e dalle norme nazionali, nonché dalla letteratura in materia. L'appendice F contiene i riferimenti alle singole pubblicazioni delle autorità competenti negli Stati membri. Tuttavia, l'inclusione di una pubblicazione nell'appendice non significa che il suo contenuto sia interamente coerente con la presente guida.

1.5. Centri di consulenza ufficiali e non ufficiali

Se la presente guida non risponde alle domande relative a come soddisfare i requisiti di protezione dalle radiazioni ottiche artificiali, si possono direttamente contattare le risorse nazionali. Queste includono gli ispettorati del lavoro, le agenzie di assicurazione contro gli infortuni o le associazioni di categoria, nonché le camere di commercio, industria e artigianato.

2. Sorgenti di radiazioni ottiche artificiali

2.1. Sorgenti di radiazioni non coerenti



2.1.1. Attività lavorative

È difficile pensare a un'occupazione che non implichi, prima o poi, l'esposizione a radiazioni ottiche generate artificialmente. Chiunque lavori in un ambiente chiuso sarà probabilmente esposto alle emissioni ottiche prodotte dall'illuminazione e dagli schermi dei computer. Chi lavora all'aperto potrebbe necessitare di qualche forma di illuminazione specifica per la zona di lavoro quando l'illuminazione naturale non è sufficiente. Le persone che viaggiano per lavoro saranno molto probabilmente esposte all'illuminazione artificiale, pur trattandosi soltanto di esposizione alle luci dei veicoli altrui. Tutte queste sono forme di radiazioni ottiche generate artificialmente e si può quindi ritenere che rientrino nell'ambito della direttiva.

Fatte salve le sorgenti onnipresenti, come per esempio l'illuminazione e gli schermi dei computer, le radiazioni ottiche artificiali possono essere prodotte deliberatamente, quale parte necessaria di alcuni processi, oppure in maniera casuale, vale a dire come prodotto accessorio indesiderato. Per esempio, per indurre fluorescenza in una tintura penetrante bisogna produrre radiazioni ultraviolette a cui esporre la tintura. D'altro canto, la produzione

di grandi quantità di radiazioni ultraviolette durante la saldatura ad arco non è affatto essenziale per il processo, pur essendo inevitabile.

Sia che le radiazioni ottiche siano generate deliberatamente per l'uso o come prodotto accessorio indesiderato di un processo, è comunque necessario controllare l'esposizione, almeno nella misura specificata dalla direttiva. Le radiazioni ottiche generate artificialmente si trovano nella maggior parte dei luoghi di lavoro, ma in particolare nei seguenti settori:

- industrie di lavorazione a caldo, per esempio per la lavorazione del vetro e dei metalli, dove i forni emettono radiazioni infrarosse;
- industria tipografica, dove gli inchiostri e i colori sono spesso fissati tramite il processo di polimerizzazione fotoindotta;
- arte e intrattenimento, dove artisti e modelli possono essere illuminati direttamente dai proiettori, dall'illuminazione d'effetto, dalle luci modellanti e dalle lampade per flash;
- intrattenimento, dove i lavoratori in sala possono essere illuminati dall'illuminazione generale e d'effetto;
- prove non distruttive, che possono richiedere l'utilizzo di radiazioni ultraviolette per rivelare i colori fluorescenti;
- trattamento medico, dove professionisti e pazienti possono essere esposti all'illuminazione della sala operatoria e all'utilizzo terapeutico delle radiazioni ottiche;
- trattamento cosmetico, che prevede l'utilizzo di laser e lampade per flash, nonché di sorgenti ultraviolette e infrarosse;
- officine e magazzini, dove grandi edifici aperti sono illuminati da potenti luci per ambienti;
- industria farmaceutica e ricerca, dove può trovare impiego la sterilizzazione a ultravioletti;
- trattamento delle acque reflue, dove può trovare impiego la sterilizzazione a ultravioletti;

- ricerca, dove si possono usare i laser e la fluorescenza indotta dalle radiazioni ultraviolette può rivelarsi un utile strumento;
 - lavorazione dei metalli con operazioni di saldatura;
 - fabbricazione di materie plastiche, inclusa la marcatura laser.
- Elenco a mero titolo esemplificativo e non esaustivo.

2.1.2. Applicazioni

La tabella seguente delinea per sommi capi i diversi tipi di utilizzi delle regioni spettrali. Essa serve inoltre

a mostrare quali regioni spettrali possono essere presenti nonostante non siano necessarie per un determinato processo. Le regioni spettrali sono descritte nell'appendice A.

Regione delle lunghezze d'onda	Usata per	Prodotta casualmente durante
UVC	Sterilizzazione germicida Fluorescenza (laboratorio) Fotolitografia	Essiccazione dell'inchiostro Alcune forme di illuminazione per ambienti e lampade da lavoro Alcune lampade di proiezione Saldatura ad arco
UVB	Lettini solari Fototerapia Fluorescenza (laboratorio) Fotolitografia	Lampade germicide Essiccazione dell'inchiostro Alcune forme di illuminazione per ambienti e lampade da lavoro Lampade di proiezione Saldatura ad arco
UVA	Fluorescenza (laboratorio, prove non distruttive, effetti di intrattenimento, indagini criminali, anticontraffazione, marcatura di proprietà) Fototerapia Lettini solari Essiccazione dell'inchiostro Trappole per insetti Fotolitografia	Lampade germicide Illuminazione per ambienti e lampade da lavoro Lampade di proiezione Saldatura ad arco
Visibile	Illuminazione per ambienti e lampade da lavoro Indicatori luminosi Segnali stradali Eliminazione di peli e capillari Essiccazione dell'inchiostro Trappole per insetti Fotolitografia Fotocopiatura Proiezione Schermi di televisori e PC	Lettini solari Alcune applicazioni di riscaldamento/essiccazione Saldatura
IRA	Illuminazione di sorveglianza Riscaldamento Essiccazione Eliminazione di peli e capillari Comunicazioni	Alcune forme di illuminazione per ambienti e lampade da lavoro Saldatura
IRB	Riscaldamento Essiccazione Comunicazioni	Alcune forme di illuminazione per ambienti e lampade da lavoro Saldatura
IRC	Riscaldamento Essiccazione	Alcune forme di illuminazione per ambienti e lampade da lavoro Saldatura

Alcune delle regioni spettrali elencate come prodotte casualmente possono essere emesse soltanto in condizioni di errore. Per esempio, certi tipi di proiettori si basano su una lampada al mercurio ad alta pressione. Questa produce radiazioni in tutte le regioni spettrali, ma è solitamente circondata da un involucro esterno che impedisce emissioni significative di UVB e UVC. Se l'involucro è rotto e la lampada continua a funzionare, saranno emessi livelli pericolosi di radiazioni UV.

2.2. Sorgenti di radiazioni laser

Il laser è stato inventato nel 1960 e inizialmente il suo impiego era limitato alla ricerca e alle applicazioni militari. In genere i laser erano utilizzati dalle stesse persone che li aveva progettati e costruiti e che erano quindi esposti al rischio di radiazioni. Ora però i laser si trovano praticamente dappertutto. Sono usati in molte applicazioni sul posto di lavoro, talvolta in attrezzature in cui le radiazioni laser sono controllate con mezzi tecnici talmente efficaci che l'utente non deve neppure sapere che l'attrezzatura contiene un laser.

I fasci laser sono di solito caratterizzati dal fatto di avere un'unica o un numero limitato di lunghezze d'onda discrete; l'emissione ha bassa divergenza, quindi mantiene pressappoco la stessa potenza o energia entro una determinata area su distanze considerevoli; inoltre, il fascio laser è coerente o le singole onde del fascio sono allineate. In genere i fasci laser possono essere messi a fuoco su un piccolo punto, con il rischio potenziale di provocare lesioni e danni alle superfici. Queste però sono tutte generalizzazioni. Esistono laser che producono fasci laser su un ampio spettro di lunghezze d'onda, oppure dispositivi che producono raggi ampiamente divergenti, o ancora fasci laser che non sono coerenti per la maggior parte della lunghezza del loro percorso. Le emissioni di fasci laser possono essere continue, nel qual caso si parla di onda continua (CW), oppure possono essere a impulsi.

I laser sono divisi in categorie a seconda del «mezzo attivo» usato per generare il fascio laser. Tale mezzo può essere un solido, un liquido o un gas. I laser con un mezzo solido si dividono in solidi tipo cristalli, detti laser allo stato solido, e in laser semiconduttori. La tabella seguente elenca alcuni laser tipici e le relative lunghezze d'onda.

Tipo	Laser	Lunghezza d'onda principale	Emissione
GAS	Elio neon (HeNe)	632,8 nm	CW fino a 100 mW
	Elio cadmio (HeCd)	422 nm	CW fino a 100 mW
	Argon ionizzato (Ar)	488, 514 nm più linee blu	CW fino a 20 W
	Krypton ionizzato (Kr)	647 nm più UV, blu e giallo	CW fino a 10 W
	Anidride carbonica (CO ₂)	10 600 nm (10,6 μm)	A impulsi o CW fino a 50 kW
	Azoto (N)	337,1 nm	A impulsi > 40 mJ
	Cloruro di xeno (XeCl) Fluoruro di kripton (KrF) Fluoruro di xeno (XeF) Fluoruro di argon (ArF)	308 nm 248 nm 350 nm 193 nm	A impulsi fino a 1 J
STATO SOLIDO	Rubino	694,3 nm	A impulsi fino a 40 J
	Neodimio:YAG (Nd:YAG)	1 064 e 1 319 nm 532 e 266 nm	A impulsi o CW fino a TW, CW media da 100W
	Neodimio:Vetro(Nd:Vetro)	1 064 nm	A impulsi fino a 150 J
FIBRA	Itterbio (Yb)	1 030-1 120 nm	CW fino a kW
DISCO SOTTILE	Itterbio:YAG (Yb:YAG)	1 030 nm	CW fino a 8 000 W
LASTRA	Anidride carbonica (CO ₂) Cristallo laser	10 600 nm	CW fino a 8 000 W
SEMICONDUTTORE	Materiali vari, ad esempio GaN GaAlAs InGaAsP	400-450 nm 600-900 nm 1 100-1 600 nm	CW (alcune a impulsi) fino a 30 W
LIQUIDO (TINTA)	Tintura — Più di 100 tinte laser diverse agiscono come mezzi laser	300-1 800 nm 1 100-1 600 nm	A impulsi fino a 2,5 J CW fino a 5 W

Ulteriori informazioni sui laser sono reperibili nelle pubblicazioni indicate in bibliografia nell'appendice K.

Segue un riepilogo di alcune applicazioni laser.

Categoria	Esempi di applicazioni
Lavorazione di materiali	Taglio, saldatura, marcatura laser, foratura, fotolitografia, fabbricazione rapida
Misurazione ottica	Misurazione della distanza, rilievi, velocimetria laser, vibrometri laser, interferometria elettronica di distribuzione della granulosità, idrofoni a fibre ottiche, acquisizione di immagini ad alta velocità, misurazione delle particelle
Ambito medico	Oftalmologia, chirurgia refrattiva, terapia fotodinamica, dermatologia, bisturi laser, chirurgia vascolare, odontoiatria, diagnostica medica
Comunicazioni	Fibra, spazio libero, satellite
Archiviazione di informazioni ottiche	Compact disc/DVD, stampante laser
Spettroscopia	Identificazione delle sostanze
Olografia	Intrattenimento, archiviazione delle informazioni
Intrattenimento	Spettacoli laser, puntatori laser

2.3. Sorgenti trascurabili

L'appendice D della presente guida contiene esempi pratici di alcune sorgenti artificiali di radiazioni ottiche che si trovano abitualmente in molti luoghi di lavoro, per esempio in negozi e uffici. Per ogni tipo di sorgente considerata, essendovi innumerevoli esempi di modelli diversi di apparecchiature disponibili sul mercato, non è possibile creare in questa sede un elenco esaustivo contenente tutte le sorgenti e le applicazioni esistenti di radiazioni ottiche. Per esempio, le differenze nella curvatura di un proiettore, nello spessore di una copertura in vetro o nel fabbricante di una lampada fluorescente possono avere un effetto considerevole sulle radiazioni ottiche prodotte da una sorgente. Ogni esempio è quindi, a rigor di termini, unico rispetto al tipo e al modello particolare di sorgente che è stata esaminata.

Tuttavia, se un esempio pratico mostra che:

- una particolare sorgente può essere responsabile di esposizioni che costituiscono solo una piccola frazione ($\approx < 20\%$) dei limiti di esposizione, oppure
 - una sorgente può produrre esposizioni che superano i limiti, ma solo in situazioni estremamente improbabili,
- allora si può ritenere che la normale esposizione a sorgenti di questo tipo presenti un rischio trascurabile per la salute e quindi la sorgente può essere considerata «sicura».

Le tabelle seguenti presentano questi tipi comuni di sorgenti suddivise in due gruppi:

- trascurabili (in quanto producono emissioni accessibili irrilevanti);

- non pericolose durante il normale utilizzo (in quanto la potenziale sovraesposizione si verifica solo in circostanze insolite).

Quando un luogo di lavoro contiene solo le sorgenti elencate in queste tabelle e quando queste sono usate solo nelle circostanze descritte, si può ritenere che non sia necessaria alcuna ulteriore valutazione dei rischi. Se tali condizioni non sono soddisfatte, il responsabile della sicurezza deve considerare le informazioni fornite nella parte restante della presente guida e fare riferimento alle appendici per maggiori dettagli.

Sorgenti che produrranno soltanto esposizioni irrilevanti e che possono essere considerate «sicure»

Illuminazione fluorescente montata a soffitto con diffusori sopra le lampade

Schermi di computer o simili

Illuminazione fluorescente compatta montata a soffitto

Proiettore fluorescente compatto

Trappole per insetti UVA

Proiettore alogeno al tungsteno montato a soffitto

Illuminazione specifica per la zona di lavoro con lampada al tungsteno (incluse le lampadine a spettro solare)

Lampade al tungsteno montate a soffitto

Fotocopiatrici

Attrezzatura di presentazione con lavagna interattiva

LED indicatori

Assistenti digitali personali

Freccia, stop, retromarcia e antinebbia

Lampade per flash fotografici

Riscaldatori radianti sospesi a gas

Illuminazione stradale

Sorgenti che difficilmente presenteranno un rischio per la salute in circostanze specifiche	
Sorgente	Circostanze per l'utilizzo sicuro
Illuminazione fluorescente montata a soffitto senza diffusori sopra le lampade	Sicura con livelli normali di illuminazione da lavoro (≈ 600 lux)
Proiettori ad alogenuro metallico/al mercurio ad alta pressione	Sicuri se la copertura frontale di vetro è integra e non si trova nella linea di vista.
Proiettori da tavolo	Sicuri se non si guarda il fascio
Luce nera UVA a bassa pressione	Sicura se non si trova nella linea di vista
Qualsiasi dispositivo laser di «classe 1» (secondo la norma EN 60825-1)	Sicuro se la copertura è integra. Potrebbe non essere sicuro se la copertura viene rimossa
Qualsiasi prodotto del «gruppo esente» (secondo la norma EN 62471)	Sicuro se non si trova nella linea di vista. Potrebbe non essere sicuro se la copertura viene rimossa
Proiettori dei veicoli	Sicuri se si evita lo sguardo prolungato diretto intra-fascio

3. Effetti sulla salute dall'esposizione alle radiazioni ottiche

Le radiazioni ottiche vengono assorbite negli strati esterni del corpo, il che significa che i loro effetti biologici sono perlopiù limitati alla cute e agli occhi, benché si possano verificare anche effetti sistemici. Lunghezze d'onda diverse causano effetti diversi in base alla parte della cute o degli occhi che assorbe le radiazioni e al tipo di interazione: gli effetti fotochimici dominano nella regione ultravioletta, mentre gli effetti termici in quella infrarossa. Le radiazioni laser possono produrre ulteriori effetti caratterizzati dall'assorbimento molto rapido di energia da parte dei tessuti e rappresentano un particolare rischio per gli occhi quando il cristallino mette a fuoco il fascio.

Gli effetti biologici si dividono a grandi linee in acuti (che si verificano rapidamente) e cronici (che si verificano a seguito di esposizioni prolungate e ripetute per un lungo periodo di tempo). Generalmente gli effetti acuti si verificano soltanto se l'esposizione supera una data soglia, che solitamente varierà da persona a persona. La maggior parte dei limiti di esposizione si basa sugli studi delle soglie per gli effetti acuti e deriva dalla considerazione

statistica di queste soglie. Pertanto, il superamento di un limite di esposizione non necessariamente comporterà un effetto nocivo per la salute. Il rischio di un effetto negativo per la salute aumenterà man mano che i livelli di esposizione saliranno al di sopra del limite di esposizione. Nella popolazione attiva adulta in buone condizioni di salute, la maggior parte degli effetti descritti di seguito si verificherà a livelli sostanzialmente superiori ai limiti stabiliti nella direttiva. Tuttavia, le persone estremamente fotosensibili potrebbero subire effetti negativi a livelli inferiori ai limiti di esposizione.

Gli effetti cronici non hanno una soglia al di sotto della quale è impossibile che si verifichino. Di conseguenza, il rischio legato a questi effetti non può essere ridotto a zero. Il rischio può essere ridotto riducendo l'esposizione; a sua volta, l'osservanza dei limiti di esposizione dovrebbe ridurre i rischi derivanti dall'esposizione alle sorgenti artificiali di radiazioni ottiche a livelli inferiori a quelli accettati dalla società in rapporto alle esposizioni alle radiazioni ottiche naturali.

Lunghezza d'onda (nm)		Occhi	Cute
100-280	UVC	Fotocheratite Fotocongiuntivite	Eritema Tumore della cute
280-315	UVB	Fotocheratite Fotocongiuntivite Cataratta	Eritema Elastosi (fotoinvecchiamento) Tumore della cute
315-400	UVA	Fotocheratite Fotocongiuntivite Cataratta Danno fotoretinico	Eritema Elastosi (fotoinvecchiamento) Scurimento immediato del pigmento Tumore della cute
380-780	Visibile	Danno fotoretinico (rischio da luce blu) Ustione della retina	Ustione
780-1 400	IRA	Cataratta Ustione della retina	Ustione
1 400-3 000	IRB	Cataratta	Ustione
3 000-10 ⁶	IRC	Ustione della cornea	Ustione

4. Prescrizioni della direttiva sulle radiazioni ottiche artificiali

Il testo completo della direttiva è riportato nell'appendice K della presente guida. Questo capitolo fornisce un riepilogo delle prescrizioni principali.

La direttiva stabilisce le prescrizioni «minime» per la protezione dei lavoratori dai rischi alla loro salute e sicurezza derivanti o potenzialmente derivanti dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali durante il lavoro. È quindi possibile che gli Stati membri introducano o abbiano già adottato prescrizioni più severe.

4.1. Articolo 4 — Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi

La direttiva sottolinea in particolare che i datori di lavoro devono assicurarsi che i lavoratori non siano esposti a livelli di radiazioni ottiche artificiali superiori ai valori

limite di esposizione contenuti negli allegati della direttiva. I datori di lavoro possono dimostrare l'osservanza di questa prescrizione fornendo informazioni con le relative fonti, svolgendo valutazioni generiche autonomamente o tramite terzi, conducendo valutazioni teoriche o effettuando misurazioni. La direttiva non specifica una metodologia, sicché è il datore di lavoro che stabilisce come raggiungere questo obiettivo chiave. Tuttavia, il datore di lavoro fa riferimento alle norme esistenti pubblicate e, ove queste non siano appropriate, alle «linee guida nazionali o internazionali scientificamente fondate».

Le prescrizioni della direttiva sono per la maggior parte simili a quelle della direttiva 89/391/CEE, quindi un datore di lavoro che già soddisfa le prescrizioni di tale direttiva non dovrà faticare particolarmente per uniformarsi alla presente direttiva. Tuttavia, in occasione della valutazione, il datore di lavoro deve prestare particolare attenzione ai seguenti elementi (articolo 4, 3):

Da considerare	Commento
a) il livello, la gamma di lunghezze d'onda e la durata dell'esposizione a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche;	Queste sono le informazioni fondamentali sullo scenario considerato. Se il livello di esposizione è nettamente inferiore al limite che si applicherebbe per un giorno lavorativo completo di esposizione (ipotizzato di 8 ore), non è richiesta alcuna ulteriore valutazione salvo laddove l'esposizione a sorgenti multiple costituisca motivo di preoccupazione. Cfr. h).
b) i valori limite di esposizione di cui all'articolo 3 della presente direttiva;	Dalle informazioni in a) dovrebbe essere possibile determinare i valori limite di esposizione applicabili.
c) qualsiasi effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori appartenenti a gruppi a rischio particolarmente esposti;	Si suggerisce un approccio reattivo piuttosto che proattivo. Per esempio, potrebbero esservi dei lavoratori che sanno di essere particolarmente sensibili alla luce tremolante. In tal caso, il datore di lavoro deve considerare la possibilità di introdurre modifiche all'attività lavorativa.
d) qualsiasi eventuale effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori risultante dalle interazioni sul posto di lavoro tra le radiazioni ottiche e le sostanze chimiche fotosensibilizzanti;	Si suggerisce che i datori di lavoro considerino specificamente la possibilità della fotosensibilizzazione dovuta alle sostanze chimiche utilizzate sul posto di lavoro. Tuttavia, come con c), il datore di lavoro potrebbe dover reagire alle problematiche sollevate dai lavoratori nei casi in cui la fotosensibilità è provocata da sostanze chimiche utilizzate al di fuori del posto di lavoro.

Da considerare	Commento
e) qualsiasi effetto indiretto come l'accecamento temporaneo, le esplosioni o il fuoco;	L'esposizione degli occhi a luci luminose può costituire un problema per alcune prassi lavorative. Le normali reazioni di avversione devono fornire un livello di protezione a livelli di esposizione inferiori al valore limite di esposizione. Tuttavia, il datore di lavoro deve considerare le sorgenti di radiazioni ottiche artificiali che possono causare distrazione, abbagliamento, accecamento e persistenza di immagine qualora tali esposizioni possano compromettere la sicurezza del lavoratore o di altri. Le radiazioni ottiche derivanti da alcune sorgenti di radiazioni ottiche artificiali potrebbero causare esplosioni o incendi. Questo aspetto è particolarmente importante per i laser di classe 4, ma deve essere considerato anche per altre sorgenti, in particolare negli ambienti dove possono essere presenti agenti infiammabili o esplosivi.
f) l'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali;	Si suggerisce di considerare questo aspetto quando è possibile l'esposizione dei lavoratori a radiazioni ottiche artificiali sopra i valori limite di esposizione.
g) per quanto possibile, informazioni adeguate raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria, comprese le informazioni pubblicate;	Queste informazioni possono provenire dall'interno dell'organizzazione del datore di lavoro, dai gruppi che rappresentano il settore o dalle organizzazioni internazionali come ad esempio l'Organizzazione mondiale della sanità e la Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti.
h) sorgenti multiple di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali;	Dalle informazioni ottenute in a) e b) si può determinare la proporzione del limite di esposizione per ogni sorgente di radiazioni ottiche artificiali. Un approccio semplificato dovrà considerare questo valore per il numero di sorgenti che possono esporre i lavoratori e aggiungere le proporzioni. Se la somma è inferiore a uno, allora è improbabile che i valori limite di esposizione siano superati. se la somma è superiore a uno, allora sarà necessaria una valutazione più dettagliata.
i) una classificazione dei laser stabilita conformemente alla pertinente norma Cenelec e, in relazione a tutte le sorgenti artificiali che possono arrecare danni simili a quelli di un laser della classe 3B o 4, tutte le classificazioni analoghe;	I prodotti laser della classe 3B e 4 emettono radiazioni laser accessibili che possono comportare il superamento dei valori limite di esposizione. Tuttavia, in alcune circostanze, anche laser appartenenti a classi meno pericolose possono richiedere una valutazione. La norma EN 62471 assegna le sorgenti di radiazioni ottiche artificiali non laser in un diverso schema di classificazione. Devono essere valutati i dispositivi del gruppo di rischio 3, ma occorre anche considerare i probabili scenari di esposizione per i gruppi di rischio minore.
j) le informazioni fornite dai fabbricanti delle sorgenti di radiazioni ottiche e delle relative attrezzature di lavoro in conformità delle pertinenti direttive comunitarie.	I datori di lavoro devono richiedere informazioni adeguate ai fabbricanti e ai fornitori di prodotti e sorgenti di radiazioni ottiche artificiali per assicurarsi che questi possano svolgere le valutazioni richieste dalla direttiva. Si suggerisce che la disponibilità di tali informazioni sia utilizzata come base per la politica di approvvigionamento.

4.2. Articolo 5 — Disposizioni miranti ad eliminare o a ridurre i rischi

È importante riconoscere che, a differenza di molti altri pericoli, la riduzione del livello di radiazioni ottiche artificiali al di sotto di un determinato livello può effettivamente aumentare il rischio di lesioni. L'illuminazione per ambienti ne è un chiaro esempio. I segnali e gli indicatori luminosi devono emettere un livello adeguato di radiazioni ottiche per essere adatti allo scopo. L'articolo 5 si concentra pertanto sull'eliminazione o sulla riduzione del rischio. L'approccio usato è simile a quello della direttiva 89/391/CEE e questi principi sono discussi in maniera approfondita nel capitolo 9 della presente guida.

4.3. Articolo 6 — Informazione e formazione dei lavoratori

I requisiti dell'articolo 6 sono simili a quelli contenuti nella direttiva 89/391/CEE. È importante che i rischi siano visti nell'ottica giusta. I lavoratori devono essere consapevoli che molte delle sorgenti di radiazioni ottiche artificiali sul posto di lavoro non costituiscono un rischio per la loro salute e che anzi contribuiscono al loro benessere. Tuttavia, se sono stati individuati dei rischi, occorre fornire la necessaria informazione e formazione. I relativi approfondimenti sono contenuti nel capitolo 9.

4.4. Articolo 7 — Consultazione e partecipazione dei lavoratori

Questo articolo si riferisce alle prescrizioni in conformità con la direttiva 89/391/CEE.

4.5. Articolo 8 — Sorveglianza sanitaria

L'articolo 8 si basa sulle prescrizioni della direttiva 89/391/CEE. I dettagli specifici dipenderanno in gran

parte dai sistemi in essere negli Stati membri. Alcuni orientamenti sulla sorveglianza sanitaria sono forniti nel capitolo 11 della presente guida.

4.6. Sintesi

Molte prescrizioni della direttiva costituiscono già l'oggetto di altre direttive, in particolare modo della direttiva 89/391/CEE (cfr. l'appendice E). Orientamenti specifici su come uniformarsi agli articoli della direttiva sono forniti nei capitoli della presente guida.

5. Utilizzo dei limiti di esposizione

Gli allegati I e II della direttiva riportano i valori limite di esposizione (ELV) rispettivamente per le radiazioni ottiche non coerenti e per le radiazioni laser. Questi valori limite di esposizione prendono in considerazione l'efficacia biologica delle radiazioni ottiche in termini di danni provocati a diverse lunghezze d'onda, la durata dell'esposizione alle radiazioni ottiche e il tessuto interessato. I valori limite di esposizione si basano sulle linee guida pubblicate dalla Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP). Ulteriori informazioni sulla base logica dei valori limite di esposizione sono reperibili nelle linee guida pubblicate all'indirizzo www.icnirp.org (cfr. Riferimenti). È opportuno notare che queste linee guida possono essere modificate dall'ICNIRP: qualora ciò accada, i valori limite di esposizione contenuti nella direttiva potrebbero essere successivamente modificati.

Limiti di esposizione simili ma non identici sono stati pubblicati anche dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, la conferenza americana degli igienisti industriali governativi).

Per selezionare il valore limite di esposizione corretto, bisogna prima conoscere la gamma di lunghezze d'onda delle radiazioni ottiche. Va ricordato che a una data gamma di lunghezze d'onda può essere applicabile più di un valore limite di esposizione. I valori limite di esposizione per le radiazioni laser sono solitamente più facili da determinare in quanto l'emissione avviene a una singola lunghezza d'onda. Tuttavia, per i prodotti laser che emettono radiazioni laser a più di una lunghezza d'onda, oppure per scenari di esposizione che interessano sorgenti multiple, può essere necessario considerare gli effetti additivi.

Le analisi complete dell'esposizione dei lavoratori e il confronto con i valori limite di esposizione possono essere complesse e trascendere l'ambito di applicazione della presente guida. Le informazioni presentate di seguito intendono fornire orientamenti ai datori di lavoro sull'opportunità o meno di chiedere ulteriore assistenza.

5.1. Valori limite di esposizione ai laser

Lo schema di classificazione dei laser (cfr. il capitolo 8.1.1) fornisce orientamenti agli utenti sull'entità del pericolo dei fasci laser, secondo una valutazione effettuata in condizioni specifiche di misurazione. I prodotti laser di classe 1 devono essere sicuri per l'utilizzo normale e non dovrebbero quindi richiedere alcuna ulteriore valutazione. Sarà però richiesta una valutazione quando un prodotto laser di classe 1 è sottoposto a interventi di manutenzione o assistenza se questo prodotto contiene un laser incorporato di classe superiore. Salvo in presenza di informazioni in senso contrario, i datori di lavoro devono ipotizzare che i fasci generati da laser di classe 3B e classe 4 presentino un rischio di lesione per gli occhi. I laser di classe 4 presentano anche un rischio di lesione cutanea.

Occorre nominare una persona competente, per esempio un addetto alla sicurezza dei laser, quando si utilizzano laser di classe 3B e classe 4.

Un prodotto laser è assegnato alla classe 2 se il valore limite di esposizione non viene superato per un'esposizione accidentale fino a 0,25 s. Se l'utilizzo del prodotto comporta un'esposizione ripetuta degli occhi dei lavoratori al fascio laser, allora si deve eseguire una valutazione più dettagliata per determinare la probabilità che il valore limite di esposizione sia superato.

I laser di classe 1M, classe 2M e classe 3R devono essere valutati per determinare i probabili scenari di esposizione.

I valori limite di esposizione per le radiazioni laser sono illustrati nell'allegato II della direttiva, che è riprodotto nell'appendice L della presente guida. I valori limite di esposizione sono espressi in termini di irradianza (watt per metro quadrato, $W m^{-2}$) o esposizione radiante (joule per metro quadrato, $J m^{-2}$).

La media dell'irradianza o dell'esposizione radiante prodotta da un fascio laser deve essere calcolata sopra un'apertura, la cosiddetta apertura limite, come specificato nelle

tabelle 2.2, 2.3 e 2.4 dell'allegato II della direttiva, quando si calcola l'irradianza o l'esposizione radiante.

Per trovare la tabella corretta dei valori limite di esposizione ai laser:

Esposizione dell'occhio — Durata breve (<10 s) — Tabella 2.2

Esposizione dell'occhio — 10 s o più a lungo — Tabella 2.3

Esposizione della cute — Tabella 2.4

La decisione sul tempo di esposizione dipenderà dalla natura accidentale o intenzionale dell'esposizione. Per le esposizioni accidentali si ipotizzano generalmente 0,25 s

per i fasci laser da 400 a 700 nm e 10 o 100 s per tutte le altre lunghezze d'onda, quando l'organo esposto sono gli occhi. Se è esposta solo la cute, allora sarebbe ragionevole utilizzare 10 o 100 s per tutte le lunghezze d'onda.

È possibile calcolare la potenza massima attraverso l'apertura indicata, per queste durate di esposizione, prima che sia superato il valore limite di esposizione. I risultati di tali calcoli sono presentati di seguito per l'esposizione dell'occhio al fascio laser a onda continua con una sorgente di piccole dimensioni.

Gamma di lunghezze d'onda (nm)	Apertura limite (mm)	Durata dell'esposizione (s)	ELV (W m ⁻²)	Potenza massima attraverso l'apertura (W)	Potenza massima attraverso l'apertura (mW)
da 180 a 302,5	1	10	3,0	0,0000024	0,0024
da ≥ 302,5 a 315	1	10	da 3,16 a 1 000	da 0,0000025 a 0,00079	da 0,0025 a 0,79
305	1	10	10	0,0000079	0,0079
308	1	10	39,8	0,000031	0,031
310	1	10	100	0,000079	0,079
312	1	10	251	0,00020	0,20
da ≥ 315 a 400	1	10	1 000	0,00079	0,79
da ≥ 400 a 450	7	0,25	25,4	0,00098	0,98
da ≥ 450 a 500	7	0,25	25,4	0,00098	0,98
da ≥ 500 a 700	7	0,25	25,4	0,00098	0,98
da ≥ 700 a 1 050	7	10	da 10 a 50	da 0,00039 a 0,0019	da 0,39 a 1,9
750	7	10	12,5	0,00049	0,49
800	7	10	15,8	0,00061	0,61
850	7	10	19,9	0,00077	0,77
900	7	10	25,1	0,00097	0,97
950	7	10	31,6	0,0012	1,2
1 000	7	10	39,8	0,0015	1,5
da ≥ 1 050 a 1 400	7	10	da 50 a 400	da 0,0019 a 0,015	da 1,9 a 15
da ≥ 1 050 a 1 150	7	10	50	0,0019	1,9
1 170	7	10	114	0,0044	4,4
1 190	7	10	262	0,010	10
da ≥ 1 200 a 1 400	7	10	400	0,015	15
da ≥ 1 400 a 1 500	3,5	10	1 000	0,0096	9,6
da ≥ 1 500 a 1 800	3,5	10	1 000	0,0096	9,6
da ≥ 1 800 a 2 600	3,5	10	1 000	0,0096	9,6
Da ≥ 2 600 a 10 ⁵	3,5	10	1 000	0,0096	9,6
Da ≥ 10 ⁵ a 10 ⁶	11	10	1 000	0,095	95

Ulteriori orientamenti sulla valutazione dei valori limiti di esposizione sono disponibili nella norma CEI TR 60825-14. Occorre rilevare che il documento utilizza il termine

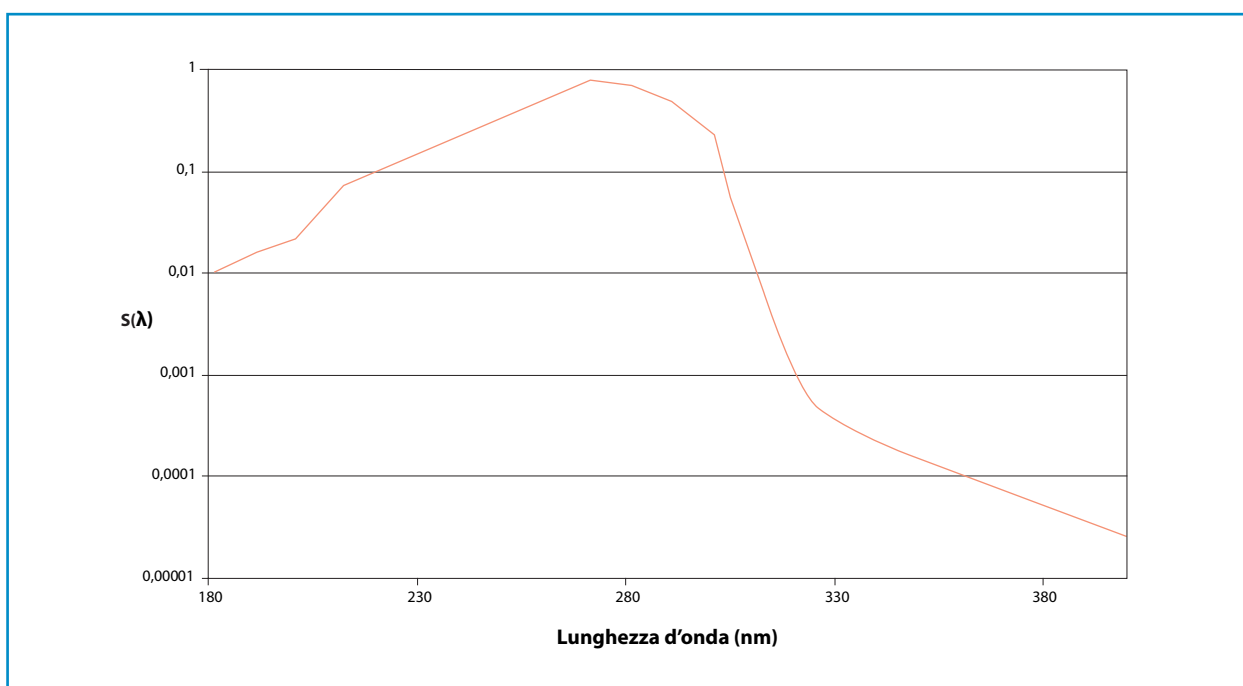
esposizione massima permessa (MPE) invece di valore limite di esposizione.

5.2. Radiazioni ottiche non coerenti

L'utilizzo dei valori limite di esposizione per le radiazioni ottiche non coerenti è generalmente più complesso rispetto alle radiazioni laser. Ciò è dovuto al fatto che i lavoratori sono potenzialmente esposti a una gamma di lunghezze d'onda invece che a una singola lunghezza d'onda. Tuttavia, è possibile formulare una serie di ipotesi semplificative e pessimistiche al fine di determinare la necessità di una valutazione più dettagliata.

Nelle tabelle 1.2 e 1.3 dell'allegato I della direttiva sono forniti tre fattori adimensionali di modifica. La funzione di ponderazione $S(\lambda)$ si applica da 180 a 400 nm e viene usata per modificare i dati sull'irradianza spettrale o sull'esposizione radiante spettrale per tenere in considerazione la dipendenza dalle lunghezze d'onda degli effetti nocivi per la salute sugli occhi e sulla cute. Quando viene applicata una funzione di ponderazione, i dati ottenuti sono di solito denominati con termini come irradianza *effettiva* o esposizione radiante *effettiva*.

Figura 5.1 — Funzione di ponderazione $S(\lambda)$



Il valore di picco per $S(\lambda)$ è 1,0 a 270 nm. Un approccio semplice deve ipotizzare che tutte le emissioni tra 180 nm e 400 nm siano generate a 270 nm (poiché la funzione $S(\lambda)$ ha un valore massimo di 1, questo equivale a ignorare semplicemente la funzione). Poiché il valore limite di esposizione è espresso in termini di esposizione radiante ($J m^{-2}$), se l'irradianza della sorgente è nota, è possibile usare la tabella seguente per vedere il tempo massimo

per il quale un lavoratore può essere esposto senza superare il valore limite di esposizione, che è fissato a $30 J m^{-2}$.

Se questo tempo non è superato ipotizzando che tutte le emissioni siano generate a 270 nm, allora non è richiesta alcuna ulteriore valutazione. Se il valore limite di esposizione è superato, allora è richiesta una valutazione spettrale più dettagliata.

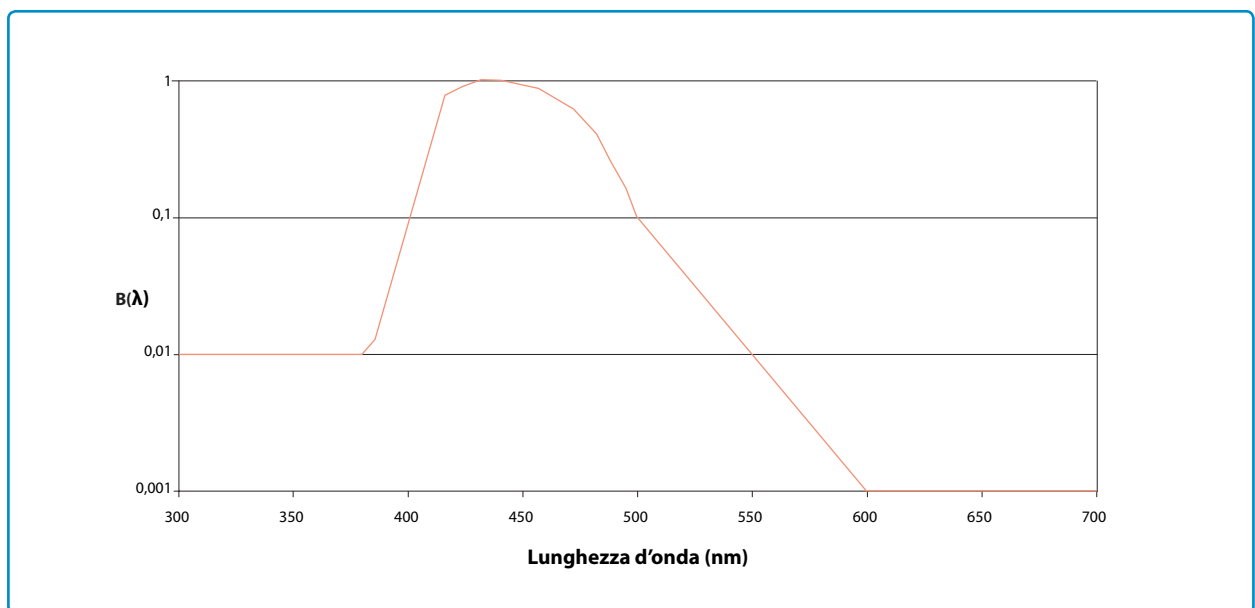
Durata dell'esposizione in una giornata di 8 ore	Irradianza (effettiva) — $W m^{-2}$
8 ore	0,001
4 ore	0,002
2 ore	0,004
1 ora	0,008
30 minuti	0,017

15 minuti	0,033
10 minuti	0,05
5 minuti	0,1
1 minuto	0,5
30 secondi	1,0
10 secondi	3,0
1 secondo	30
0,5 secondi	60
0,1 secondi	300

Il fattore $B(l)$ si applica tra 300 nm e 700 nm per tenere conto della dipendenza dalle lunghezze d'onda del

rischio di lesione fotochimica agli occhi. La dipendenza dalle lunghezze d'onda è delineata di seguito.

Figura 5.2 — Funzione di ponderazione $B(\lambda)$

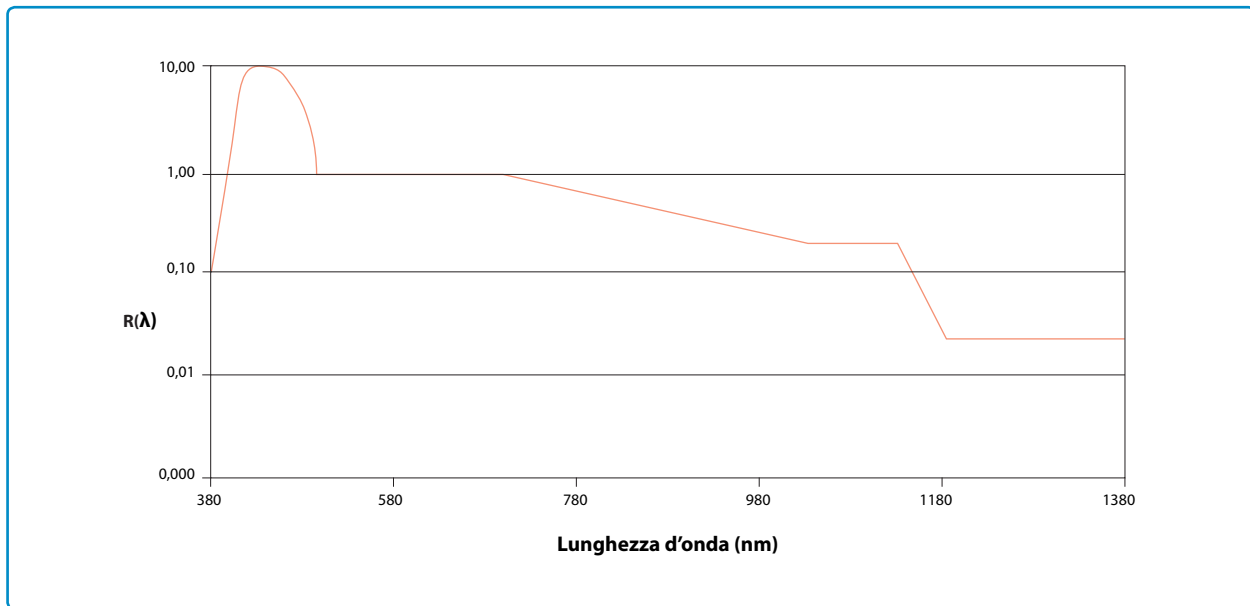


Il fattore di ponderazione di picco è 1,0 tra 435 e 440 nm. Se il valore limite di esposizione non è superato ipotizzando che tutte le emissioni tra 300 nm e 700 nm siano generate all'incirca a 440 nm (poiché la funzione $B(\lambda)$ ha un valore massimo di 1, questo equivale a ignorare

semplicemente la funzione), allora non sarà superato neppure con una valutazione più dettagliata.

Il fattore di ponderazione $R(\lambda)$ è definito tra 380 e 1400 nm ed è delineato di seguito.

Figura 5.3 — Funzione di ponderazione $R(\lambda)$



Il picco di $R(\lambda)$ è compreso tra 435 e 440 nm. Se il valore limite di esposizione non è superato ipotizzando che tutte le emissioni tra 380 nm e 1 400 nm siano generate all'incirca a 440 nm (poiché la funzione $R(\lambda)$ ha un valore massimo di 10, questo equivale a moltiplicare semplicemente tutti i valori non ponderati per 10), allora non sarà superato neppure con una valutazione più dettagliata.

La tabella 1.1 dell'allegato I della direttiva riporta i valori limite di esposizione per diverse lunghezze d'onda. In alcune regioni delle lunghezze d'onda si applicherà più di un limite di esposizione. Nessuno dei limiti di esposizione pertinenti deve essere superato.

5.3. Riferimenti

Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation). Health Physics 87 (2): 171-186; 2004.

Revision of the Guidelines on Limits of Exposure to Laser radiation of wavelengths between 400nm and 1.4μm. Health Physics 79 (4): 431-440; 2000.

Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3μm). Health Physics 73 (3): 539-554; 1997.

Guidelines on UV Radiation Exposure Limits. Health Physics 71 (6): 978; 1996.

Guidelines on Limits of Exposure to Laser Radiation of Wavelengths between 180 nm and 1 mm. Health Physics 71 (5): 804-819; 1996.

6. Valutazione dei rischi nel contesto della direttiva

La valutazione dei rischi è un requisito generale della direttiva 89/391/CEE. L'approccio qui presentato si basa sull'approccio graduale dell'Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro alla valutazione dei rischi:

Approccio graduale alla valutazione dei rischi
Fase 1. Individuare i pericoli e i soggetti a rischio
Fase 2. Valutare e attribuire un ordine di priorità ai rischi
Fase 3. Decidere le azioni preventive
Fase 4. Intervenire con azioni concrete
Fase 5. Controllo e riesame

Una valutazione completa dei rischi dovrà considerare tutti i pericoli associati all'attività lavorativa. Tuttavia, ai fini della direttiva, in questa sede sarà trattato soltanto il rischio da radiazioni ottiche. Per alcune applicazioni, il fabbricante del prodotto fornirà informazioni adeguate per garantire che il rischio sia adeguatamente gestito. Pertanto il processo di valutazione dei rischi non sarà necessariamente particolarmente oneroso. Salvo ove previsto dalle leggi nazionali, non occorre una valutazione scritta dei rischi per le sorgenti trascurabili. Tuttavia, i datori di lavoro possono decidere di effettuare una registrazione per dimostrare che è stata eseguita una valutazione.

6.1. Fase 1 — Individuare i pericoli e i soggetti a rischio

Tutte le sorgenti di radiazioni ottiche devono essere identificate. Alcune sorgenti saranno già contenute all'interno dell'attrezzatura di modo da impedire l'esposizione del lavoratore durante il normale utilizzo. Tuttavia, occorrerà considerare le modalità di esposizione dei lavoratori per tutta la vita utile della sorgente. Se i lavoratori producono fabbricano prodotti che emettono radiazioni ottiche, possono essere esposti a un rischio maggiore degli utenti. Il ciclo di vita tipico di un prodotto che emette radiazioni ottiche è il seguente:	Ciclo di vita del prodotto Fabbricazione Prove Installazione Pianificazione e progettazione Messa in funzione Funzionamento normale Modalità di errore Manutenzione ordinaria Assistenza Modifiche Smaltimento
---	--

L'esposizione alle radiazioni ottiche si verifica quando il prodotto è in funzione. Da 1 a 3 potrebbe aver luogo presso i locali di un altro datore di lavoro. Da 4 a 10 si verifica solitamente nel normale posto di lavoro. Va ricordato anche che alcune parti del ciclo di vita sono cicliche. Per esempio, un articolo dell'attrezzatura di lavoro può richiedere interventi di manutenzione ordinaria ogni settimana, mentre l'assistenza può avere luogo ogni sei mesi. Dopo ogni funzionamento di servizio può essere richiesta un certo grado di messa in funzione. In altre occasioni, l'articolo dell'attrezzatura di lavoro si trova nella fase di «funzionamento normale».

Il datore di lavoro deve considerare quali gruppi di lavoratori o appaltatori saranno probabilmente esposti alle radiazioni ottiche in ogni parte del ciclo di vita.

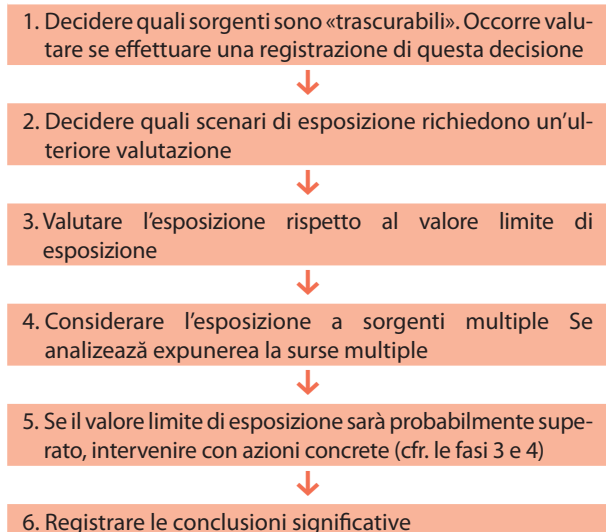
Fase 1
Registrare tutte le probabili sorgenti di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali e considerare chi può essere esposto.

6.2. Fase 2 — Valutare e attribuire un ordine di priorità ai rischi

La direttiva prevede che le esposizioni dei lavoratori alle radiazioni ottiche siano inferiori ai valori limite di esposizione contenuti negli allegati I e II della direttiva. Molte sorgenti di radiazioni ottiche sul posto di lavoro saranno trascurabili. L'appendice D della presente guida fornisce orientamenti per alcune applicazioni specifiche. Per stabilire se una sorgente sia o meno trascurabile, sarà inoltre necessario considerare il numero di sorgenti alle quali il lavoratore sarà probabilmente esposto. Nel caso di un'unica sorgente, se l'esposizione nel luogo in cui si trova il lavoratore è inferiore al 20 % del valore limite di esposizione per un'intera giornata di lavoro, questa può essere considerata trascurabile. Tuttavia, se ci sono 10 sorgenti, l'esposizione a ogni sorgente dovrà essere inferiore al 2 % del valore limite di esposizione perché la sorgente possa essere considerata trascurabile.

È importante sottolineare che la direttiva richiede che i «rischi» siano eliminati o ridotti al minimo. Questo non significa necessariamente che la quantità di radiazioni ottiche debba essere ridotta al minimo. È chiaro che spegnendo tutte le luci si comprometterà la sicurezza e si aumenterà il rischio di lesioni.

Ecco un possibile approccio alla valutazione dei rischi:



Determinare il rischio di esposizione, ovvero la probabilità dell'esposizione, può non essere così semplice. È possibile che nel luogo di lavoro sia presente un fascio laser ben collimato che presenta un rischio di esposizione ridotto.

Tuttavia, le conseguenze in caso di esposizione potrebbero essere gravi. Al contrario, il rischio di esposizione alle radiazioni ottiche provenienti da molte sorgenti artificiali non coerenti può essere elevato, ma con conseguenze non gravi.

Per la maggior parte dei luoghi di lavoro non occorre quantificare il rischio di esposizione se non in termini di probabilità elevata, media o bassa «secondo il buon senso».



La direttiva non definisce il concetto di probabilità in rapporto all'espressione «a cui possono essere esposti». Di conseguenza, salvo laddove le prescrizioni nazionali suggeriscano diversamente, è opportuno adottare il criterio del buon senso.

Fase 2
Considerare l'opportunità di effettuare una registrazione delle sorgenti trascurabili
Registrare le sorgenti se esiste il rischio di superare il valore limite di esposizione
Formulare un giudizio sul rischio
Considerare i lavoratori che potrebbero essere particolarmente fotosensibili
Stabilire le priorità delle misure di controllo per le sorgenti che possono esporre i lavoratori al di sopra del valore limite di esposizione

Sebbene i valori limite di esposizione per le radiazioni ultraviolette possano essere usati per determinare l'irradianza massima a cui un lavoratore può essere esposto in una giornata lavorativa, l'esposizione ripetuta in ogni giornata lavorativa non è certo una condizione ideale. Occorre cercare di ridurre le esposizioni alle radiazioni ultraviolette a valori quanto più bassi possibile, piuttosto che lavorare fino al valore limite di esposizione.

6.3. Fase 3 — Decidere le azioni

Il capitolo 9 della presente guida fornisce orientamenti sulle misure di controllo che possono essere applicate per ridurre al minimo il rischio di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali. Si preferisce generalmente la protezione collettiva alla protezione individuale.

Fase 3
Decidere l'azione preventiva appropriata
Registrare la giustificazione della decisione

6.4. Fase 4 — Intervenire con azioni concrete

È necessario attuare l'azione preventiva. Un giudizio sul rischio derivante dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali permetterà di stabilire se il lavoro può essere portato avanti con cautela fino all'adozione delle misure preventive, oppure se dovrà essere interrotto fino a quel momento.

Fase 4
Decidere se il lavoro può continuare
Attuare l'azione preventiva
Informare i lavoratori sul fondamento dell'azione preventiva

6.5. Fase 5 — Controllo e riesame

È importante determinare se la valutazione dei rischi è stata efficace e se le misure preventive sono adeguate. È inoltre necessario rivedere la valutazione dei rischi qualora le sorgenti di radiazioni ottiche artificiali cambino o le prassi lavorative siano modificate.

I lavoratori potrebbero anche non sapere di essere fotosensibili, oppure potrebbero sviluppare la fotosensibilità dopo che la valutazione dei rischi è già stata completata. Tutte le segnalazioni in tal senso devono essere registrate e, se del caso, occorre attuare la sorveglianza sanitaria (cfr. il capitolo 11 della presente guida). Potrebbe rendersi necessario cambiare la/e sorgente/i di radiazioni ottiche artificiali o adeguare in altro modo le prassi lavorative.

Fase 5
Decidere un intervallo appropriato di riesame periodico, per esempio 12 mesi
Assicurarsi che i riesami siano effettuati in caso di cambiamento della situazione, per esempio se vengono introdotte nuove sorgenti, se cambiano le prassi lavorative o se si verificano incidenti
Registrare i riesami e le conclusioni

6.6. Riferimenti

Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro:
<http://osha.europa.eu/en/topics/riskassessment>

7. Misurazione delle radiazioni ottiche

7.7. Prescrizioni della direttiva

La misurazione delle radiazioni ottiche può essere effettuata nell'ambito del processo di valutazione dei rischi. La direttiva enuncia le sue prescrizioni in materia di valutazione dei rischi nell'articolo 4, dove si legge:

«il datore di lavoro, in caso di lavoratori esposti a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche, valuta e, se necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori.»

Questa frase consente al datore di lavoro di determinare i livelli di esposizione del lavoratore con mezzi diversi dalla misurazione, per esempio tramite calcolo (utilizzando i dati forniti da terzi, per esempio dal fabbricante).

Se è possibile acquisire dati adeguati ai fini della valutazione dei rischi, allora non occorre effettuare alcuna misurazione. Questa è una situazione auspicabile, in quanto la misurazione delle radiazioni ottiche sul posto di lavoro è un incarico complesso. L'attrezzatura di misura tende ad essere relativamente costosa e può essere utilizzata in maniera appropriata soltanto da persone competenti. Un operatore inesperto può facilmente commettere degli errori che determineranno la produzione di dati altamente imprecisi. Spesso occorrerà anche raccogliere i dati di tempo e movimento per le mansioni sul posto di lavoro che costituiscono l'oggetto della valutazione dei rischi.

7.8. Richiedere ulteriore assistenza

Salvo laddove il datore di lavoro sia intenzionato ad acquistare l'attrezzatura per la misura delle radiazioni

ottiche e disponga della competenza per utilizzarla, sarà necessario richiedere assistenza. L'attrezzatura di misura richiesta (insieme alle competenze indispensabili per il suo utilizzo) si può trovare presso:

- gli istituti nazionali di sanità e sicurezza;
- gli istituti di ricerca (per esempio, università con un dipartimento di ottica);
- i fabbricanti di attrezzature di misura ottica (e i loro eventuali agenti);
- le società private di consulenza specializzate in salute e sicurezza.

Quando ci si rivolge a una qualsiasi di queste potenziali fonti di assistenza, è opportuno ricordare che esse devono dimostrare:

- di conoscere i limiti di esposizione e la loro applicazione;
- di disporre dell'attrezzatura per misurare tutte le regioni delle lunghezze d'onda d'interesse;
- di avere esperienza nell'uso dell'attrezzatura;
- di applicare un metodo di taratura dell'attrezzatura conforme a qualche norma nazionale;
- di essere in grado di stimare l'incertezza di qualsiasi misurazione effettuata.

Salvo laddove questi criteri siano tutti soddisfatti, è possibile che la risultante valutazione dei rischi sia difettosa a causa:

- della mancata applicazione dei limiti corretti o dell'incapacità di applicarli correttamente;
- della mancata acquisizione di dati che possano essere confrontati con tutti i limiti applicabili;
- di gravi errori nei valori numerici dei dati;
- di dati che non possono essere confrontati con i limiti appropriati per giungere a una conclusione univoca.

8. Utilizzo dei dati dei fabbricanti

Vista l'ampia varietà delle sorgenti che emettono radiazioni ottiche, i rischi derivanti dal loro utilizzo variano considerevolmente. I dati forniti dai fabbricanti di attrezzature che emettono radiazioni ottiche devono assistere gli utenti nella valutazione dei pericoli e nella determinazione delle misure di controllo richieste. In particolare, la classificazione di sicurezza delle sorgenti laser e non laser e le distanze di pericolo possono essere molto utili nello svolgimento della valutazione dei rischi.

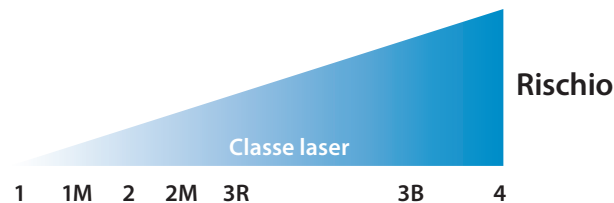
8.1. Classificazione di sicurezza

Gli schemi di classificazione per le sorgenti laser e non laser indicano il rischio potenziale di effetti nocivi per la salute. In base alle condizioni di utilizzo, al tempo di esposizione o all'ambiente, questi rischi possono causare o meno effetti negativi sulla salute. Con l'aiuto della classificazione, gli utenti possono selezionare le misure di controllo appropriate per ridurre al minimo tali rischi.

8.1.1. Classificazione di sicurezza dei laser

La classificazione dei laser si basa sul concetto di limite di emissione accessibile (AEL), che viene definito per ogni classe di laser. L'AEL considera non solo l'emissione del prodotto laser ma anche l'accesso umano a tale emissione. I laser sono raggruppati in 7 classi: quanto più alta è la classe, tanto maggiore è il possibilità di provocare danni. Il rischio può essere enormemente ridotto con l'adozione di misure di protezione aggiuntive per gli utenti, tra cui controlli tecnici supplementari sotto forma, per esempio, di involucri.

Notizie utili da ricordare
«M» nella classe 1M e nella classe 2M deriva da «Magnifying optical viewing instruments» (strumenti ottici d'ingrandimento)
«R» nella classe 3R deriva da Ridotto o Rilassato. Requisito: prescrizioni ridotte per il fabbricante (per esempio, nessun interruttore a chiave, blocco del fascio o attenuatore e connettore d'interblocco richiesto) e per l'utente
«B» per la classe 3B ha origini storiche



8.1.1.1. Classe 1

Prodotti laser che sono considerati sicuri durante il funzionamento, ivi compreso lo sguardo intra-fascio diretto a lungo termine, anche quando si utilizzano strumenti ottici (monocolo o binocolo). Gli utenti dei prodotti laser di classe 1 sono generalmente esenti da controlli sui rischi da radiazioni ottiche durante il normale utilizzo. Durante la manutenzione o l'assistenza da parte dell'utente, può diventare accessibile un livello più elevato di radiazioni.

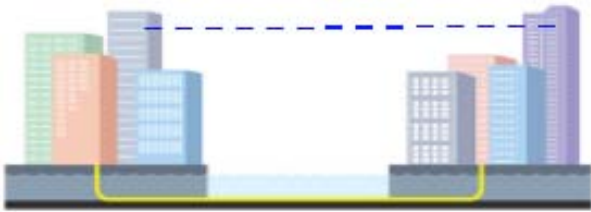


Questa classe include prodotti contenenti laser ad alta potenza in un involucro che impedisce l'esposizione umana alle radiazioni e che non può essere aperto senza spegnere il laser o che richiede l'utilizzo di strumenti per accedere al fascio laser:

- stampante laser;
- lettori e registratori CD e DVD;
- laser per la lavorazione dei materiali.

8.1.1.2. Classe 1M

Prodotti laser sicuri per l'occhio nudo in condizioni ragionevolmente prevedibili di funzionamento, ma che possono essere pericolosi se l'utente utilizza strumenti ottici (per esempio lenti monoculari o telescopi) all'interno del fascio.



Esempio: un sistema di comunicazione a fibre ottiche disconnesso.



Lo sguardo intra-fascio su prodotti laser visibili di classe 1 e 1M può provocare abbagliamento, in particolare in presenza di scarsa luce ambientale.

8.1.1.3. Classe 2

Prodotti laser che emettono radiazioni visibili e sono sicuri per le esposizioni temporanee, anche quando si utilizzano strumenti ottici, ma che possono essere pericolosi in caso di sguardo fisso sul raggio. I prodotti laser di classe 2 non sono intrinsecamente sicuri per gli occhi; si ipotizza tuttavia una protezione adeguata grazie alle reazioni di avversione naturali, ivi compreso il movimento della testa e il riflesso di ammiccamento.



Esempi: scanner di codici a barre.

8.1.1.4. Classe 2M

Prodotti laser che emettono fasci laser visibili e che sono sicuri soltanto per esposizioni di breve durata dell'occhio nudo; possibile lesione agli occhi in caso di esposizione quando si usano monocli o telescopi. La protezione degli occhi è solitamente garantita dalle reazioni di avversione, comprendenti il riflesso di ammiccamento.

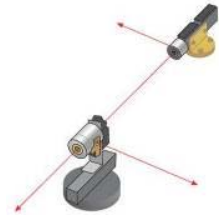


Esempi: strumenti di livello e di allineamento per le applicazioni di ingegneria civile.

8.1.1.5. Classe 3R

Lo sguardo diretto intra-fascio è potenzialmente pericoloso, ma nella pratica il rischio di lesione nella maggior parte dei casi è relativamente basso per le esposizioni involontarie e di breve durata; può però essere pericoloso in caso di utilizzo improprio da parte di persone inesperte. Il rischio è limitato dal naturale comportamento di avversione per l'esposizione alla luce luminosa in caso di radiazioni visibili e dalla risposta al riscaldamento della cornea nel caso di radiazioni infrarosse lontane.

I laser di classe 3R devono essere usati soltanto se è improbabile uno sguardo intra-fascio diretto.



Esempi: strumentazione per rilievi, puntatori laser ad alta potenza, laser di allineamento.

La risposta di avversione non si verifica universalmente.



Rivolgere lo sguardo su prodotti laser di classe 2, 2M o 3R a fascio visibile può provocare abbagliamento, cecità da flash e persistenza di immagine, in particolare in presenza di scarsa luce ambientale. Questo può avere implicazioni indirette sulla sicurezza generale, dovute al disturbo temporaneo della vista o a reazioni di trasalimento. I disturbi visivi possono essere particolarmente preoccupanti quando si eseguono operazioni critiche dal punto di vista della sicurezza, per esempio quando si lavora su macchinari o ad alta quota, in presenza di tensione elevata o quando si guida.

8.1.1.6. Classe 3B

Pericolo per gli occhi in caso di esposizione al fascio diretto entro la distanza di rischio oculare nominale (NOHD, cfr. 8.2.1). Guardare i riflessi diffusi è generalmente sicuro, a patto che l'occhio non sia più vicino di 13 cm dalla superficie di diffusione e la durata dell'esposizione sia inferiore a 10 s. I laser di classe 3B che si avvicinano al limite superiore della classe possono produrre lesioni cutanee minori o addirittura comportare il rischio di dare fuoco a materiali infiammabili.



Esempi: laser per trattamenti fisioterapici; apparecchiature per laboratori di ricerca.

8.1.1.7. Classe 4

Prodotti laser per i quali lo sguardo diretto e l'esposizione della cute sono pericolosi entro la distanza di rischio e per i quali può essere pericoloso rivolgere lo sguardo sui riflessi diffusi. Spesso questi laser comportano anche un rischio di incendio.

Esempi: display per proiezioni laser, chirurgia laser e taglio laser dei metalli.



I prodotti laser di classe 3B e classe 4 non devono essere utilizzati senza aver prima svolto una valutazione dei rischi per determinare le misure protettive di controllo necessarie a garantire il funzionamento sicuro.

Tabella 8.1 — Riepilogo dei controlli richiesti per le diverse classi di sicurezza dei laser

	Classe 1	Classe 1M	Classe 2	Classe 2M	Classe 3R	Classe 3B	Classe 4
Descrizione della classe di rischio	Sicuri in condizioni ragionevolmente prevedibili	Sicuri ad occhio nudo; possono essere pericolosi se l'utente utilizza strumenti ottici	Sicuri per esposizioni di breve durata; le protezioni degli occhi è garantita dalla risposta di avversione	Sicuri ad occhio nudo per brevi esposizioni; possono essere pericolosi se l'utente utilizza strumenti ottici	Il rischio di lesioni è relativamente basso, ma possono essere pericolosi in caso di uso improprio da parte di persone inesperte	Lo sguardo diretto è pericoloso	Pericolosi per gli occhi e per la cute; rischio di incendio
Area controllata	Non richiesta	Localizzata o chiusa	Non richiesta	Localizzata o chiusa	Chiusa	Chiusa e protetta da interblocchi	Chiusa e protetta da interblocchi
Comando chiave	Non richiesto	Non richiesto	Non richiesto	Non richiesto	Non richiesto	Richiesto	Richiesto
Formazione	Seguire le istruzioni del fabbricante per l'utilizzo sicuro	Raccomandata	Seguire le istruzioni del fabbricante per l'utilizzo sicuro	Raccomandata	Richiesta	Richiesta	Richiesta
DPI	Non richiesti	Non richiesti	Non richiesti	Non richiesti	Possano essere richiesti; dipende dai risultati della valutazione dei rischi	Richiesti	Richiesti
Misure di protezione	Non necessarie in caso di utilizzo normale	Evitare l'uso di strumenti ottici d'ingrandimento, messa a fuoco e collimazione	Non fissare il fascio	Non fissare il fascio Evitare l'uso di strumenti ottici d'ingrandimento, messa a fuoco e collimazione	Evitare l'esposizione diretta degli occhi	Evitare l'esposizione degli occhi e della cute al fascio. Proteggersi dai riflessi involontari	Evitare l'esposizione degli occhi e della cute ai riflessi diretti e diffusi del fascio

Limitazioni dello schema di classificazione dei laser

La classificazione di sicurezza dei laser si riferisce alle radiazioni laser accessibili: questa classificazione non tiene conto di ulteriori pericoli, come per esempio l'elettricità, le radiazioni collaterali, i fumi, il rumore ecc.

La classificazione di sicurezza dei laser fa riferimento al normale utilizzo del prodotto: potrebbe quindi non essere applicabile agli interventi di manutenzione o assistenza, oppure quando il dispositivo originale fa parte di un'installazione complessa

La classificazione di sicurezza dei laser fa riferimento a un singolo prodotto: non considera quindi l'esposizione cumulativa derivante da sorgenti multiple.

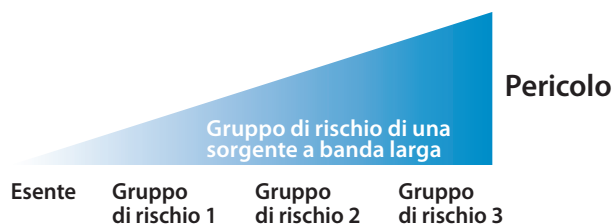
8.1.2. Classificazione di sicurezza delle sorgenti non coerenti

La classificazione di sicurezza delle sorgenti non coerenti (a banda larga) è definita nella norma EN 62471: 2008 e si basa sull'emissione massima accessibile al di sopra dell'intera gamma di capacità del prodotto durante il funzionamento in qualunque momento successive alla fabbricazione. La classificazione tiene conto della quantità di radiazioni ottiche, della distribuzione delle lunghezze d'onda e dell'accesso umano alle radiazioni ottiche. Le sorgenti a banda larga sono raggruppate in 4 gruppi di rischio: quanto più alto è il gruppo di rischio, tanto maggiore è il possibilità di provocare danni.

La classificazione indica il rischio potenziale di effetti nocivi per la salute. In base alle condizioni di utilizzo, al tempo di esposizione o all'ambiente, questi rischi possono causare o meno effetti negativi sulla salute. Con l'aiuto della classificazione, l'utente può selezionare le misure di controllo appropriate per ridurre al minimo tali rischi.

In ordine crescente di rischio si utilizza la seguente classifica dei gruppi di rischio:

- gruppo esente: nessun pericolo fotobiologico in condizioni prevedibili;
- gruppo di rischio 1: gruppo a basso rischio, il rischio è limitato dalle normali limitazioni comportamentali durante l'esposizione;
- gruppo di rischio 2: gruppo a rischio moderato, il rischio è limitato dalla risposta di avversione a sorgenti di luce molto luminosa. Tuttavia, queste risposte riflesse non si verificano universalmente;
- gruppo di rischio 3: gruppo a rischio elevato, può costituire un rischio anche in caso di esposizione breve o momentanea.



In ogni gruppo di rischio sono stati stabiliti criteri temporali differenti per ogni pericolo. Tali criteri sono stati scelti di modo che il valore limite di esposizione applicabile non sia superato entro l'arco di tempo prescelto.

8.1.2.1. Gruppo esente

Non vi sono rischi di radiazioni ottiche dirette ragionevolmente prevedibili, neppure in caso di utilizzo continuato senza restrizioni. Queste sorgenti non comportano nessuno dei seguenti rischi fotobiologici:

- rischio da ultravioletti attinici in 8 ore di esposizione;
- rischio da radiazioni vicine agli UV in 1 000 s;
- rischio da luce blu per la retina in 10 000 s;
- rischio termico per la retina in 10 s;
- rischio da radiazioni infrarosse per l'occhio in 1 000 s;
- rischio da radiazioni infrarosse senza un forte stimolo visivo in 1 000 s.

Esempi: illuminazione domestica e d'ufficio, monitor di computer, schermi di apparecchiature, indicatori luminosi.



8.1.2.2. Gruppo di rischio 1 — Rischio basso

Questi prodotti sono sicuri per la maggior parte delle applicazioni, eccetto in caso di esposizioni molto prolungate con prevedibili esposizioni oculari dirette. Queste sorgenti non comportano nessuno dei rischi seguenti grazie alle normali limitazioni comportamentali durante l'esposizione:

- rischio da ultravioletti attinici in 10 000 s;
- rischio da radiazioni vicine agli UV in 300 s;
- rischio da luce blu per la retina in 100 s;
- rischio da radiazioni infrarosse per l'occhio in 100 s;
- rischio da radiazioni infrarosse senza un forte stimolo visivo in 100 s.



Esempio: torcia per uso domestico.

8.1.2.3. Gruppo di rischio 2 — Rischio moderato

Sorgenti che non comportano nessuno dei rischi seguenti grazie alla risposta di avversione a sorgenti di luce molto luminosa, per effetto del disagio termico o quando le esposizioni prolungate sono irrealistiche:

- rischio da ultravioletti attinici in 1 000 s;
- rischio da radiazioni vicine agli UV in 100 s;
- rischio da luce blu per la retina in 0,25 s (risposta di avversione);
- rischio termico per la retina in 0,25 s (risposta di avversione);
- rischio da radiazioni infrarosse per l'occhio in 10 s;
- rischio da radiazioni infrarosse senza un forte stimolo visivo in 10 s.

8.1.2.4. Gruppo di rischio 3 — Rischio elevato

Sorgenti che possono comportare un rischio anche in caso di esposizione breve o momentanea entro la distanza di rischio. Sono fondamentali le misure di controllo della sicurezza.



Il filtraggio delle radiazioni ottiche indesiderate in eccesso (per esempio UV), la schermatura della sorgente per impedire l'accesso alle radiazioni ottiche o l'impiego di strumenti ottici per l'espansione del fascio possono abbassare un gruppo di rischio e diminuire il rischio da radiazioni ottiche

Limitazioni dello schema di classificazione delle sorgenti a banda larga

La classificazione di sicurezza si riferisce alle radiazioni ottiche accessibili; questa classificazione non tiene conto di ulteriori pericoli, come per esempio l'elettricità, le radiazioni collaterali, i fumi, il rumore ecc.

La classificazione di sicurezza fa riferimento al normale utilizzo del prodotto; potrebbe quindi non essere applicabile agli interventi di manutenzione o assistenza, oppure quando il dispositivo originale fa parte di un'installazione complessa

La classificazione di sicurezza fa riferimento a un singolo prodotto; non considera quindi l'esposizione cumulativa derivante da sorgenti multiple

I prodotti sono classificati a una distanza che produce un'illuminanza di 500 lx per General Lighting Systems (GLS) e a 200 mm dalla sorgente per altre applicazioni, distanza questa che potrebbe non essere rappresentativa per tutte le condizioni d'uso

8.1.3. Classificazione di sicurezza dei macchinari

I macchinari che producono radiazioni ottiche possono essere classificati secondo la norma EN 12198. Questa norma si applica a tutte le emissioni, siano esse intenzionali o accidentali, eccezion fatta per le sorgenti usate esclusivamente per l'illuminazione.

I macchinari sono classificati in tre diverse categorie, a seconda delle emissioni accessibili. Queste tre categorie sono elencate nella tabella 8.2 in ordine crescente di rischio.

Tabella 8.2 — Classificazione di sicurezza dei macchinari secondo la norma EN 12198

Categoria	Restrizioni e misure di protezione	Informazione e formazione
0	Nessuna restrizione	Nessuna informazione necessaria
1	Restrizioni: accesso limitato, possono essere necessarie misure di protezione	Il fabbricante deve fornire informazioni sui pericoli, sui rischi e sugli effetti secondari
2	Restrizioni speciali e misure di protezione sono indispensabili	Il fabbricante deve fornire informazioni sui pericoli, sui rischi e sugli effetti secondari. Formazione eventualmente necessaria

L'assegnazione di un macchinario a una di queste categorie si basa sulle quantità radiometriche effettive presentate di seguito nella tabella 8.3, misurate a una distanza di 10 cm.

Tabella 8.3 — Limiti di emissione per la classificazione dei macchinari secondo la norma EN 12198

E_{eff}	E_B	L_B	E_R	Categoria
	(per $\alpha < 11$ mrad)	(per $\alpha \geq 11$ mrad)		
$\leq 0,1 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	$\leq 1 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	$\leq 10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	$\leq 33 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$	0
$\leq 1,0 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	$\leq 10 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	$\leq 100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	$\leq 100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$	1
$> 1,0 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	$> 10 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$	$> 100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	$> 100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$	2

8.2. Informazioni sulla distanza di rischio e sui valori di rischio

In alcune applicazioni può essere utile conoscere fino a quale distanza possono estendersi i rischi da radiazioni ottiche.

La distanza alla quale il livello di esposizione scende al livello del valore limite di esposizione applicabile è detta distanza di rischio: oltre tale distanza non c'è rischio di lesioni. Queste informazioni, se fornite dai fabbricanti, possono essere utili per la valutazione dei rischi e per garantire un ambiente di lavoro sicuro.

8.2.1. Laser — Distanza di rischio oculare nominale

A una certa distanza, con il divergere del fascio laser, l'irradianza sarà pari al valore limite di esposizione per gli occhi. Questa distanza è denominata distanza di rischio oculare nominale (NOHD). A distanze maggiori il valore limite di esposizione non sarà superato: il fascio laser è quindi considerato sicuro oltre questa distanza.

I fabbricanti forniscono spesso le informazioni sulla NOHD insieme alle specifiche dei prodotti. Se queste informazioni non sono disponibili, è possibile calcolare la NOHD utilizzando i seguenti parametri per le radiazioni laser ottenuti dai dati del fabbricante:

- Potenza radiante (W)
- Diametro iniziale del fascio (m)
- Divergenza (radianti)
- Valore limite di esposizione (ELV) (W m^{-2})

Benché la situazione possa essere complicata se la distanza è elevata o se il fascio non è circolare, la seguente equazione fornisce una buona stima della NOHD:

$$NOHD = \frac{\sqrt{\frac{4 \times \text{potenza radiante}}{\pi \times ELV}} - \text{Diametro iniziale}}{\text{Divergenza}}$$

8.2.2. Sorgenti a banda larga — Distanza di rischio e valore di rischio

La distanza alla quale il livello di esposizione scende al livello del valore limite di esposizione applicabile è detta distanza di rischio (HD): oltre tale distanza non c'è rischio di lesioni. La HD deve essere tenuta in considerazione quando si specificano i confini dell'area entro i quali l'accesso alle radiazioni ottiche e l'attività del personale sono soggetti a controllo e supervisione ai fini della protezione dalle radiazioni ottiche. Le distanze di rischio possono essere definite per l'esposizione degli occhi o della cute.

Le informazioni sui rischi da radiazioni ottiche possono essere presentate anche come valore di rischio (HV), che è il rapporto tra il livello di esposizione a una distanza specifica e il valore limite di esposizione a quella distanza:

$$HV(\text{distanza, tempo di esposizione}) = \frac{\text{Livello di esposizione (distanza, tempo di esposizione)}}{\text{Valore limite di esposizione}}$$

Il valore di rischio HV ha un'importanza pratica elevata. Se HV è superiore a 1, indica che bisogna adottare misure di controllo appropriate e limitare la durata dell'esposizione o l'accessibilità di una sorgente (attenuazione, distanza), a seconda dei casi. Se HV è inferiore a uno, il valore limite di esposizione non è superato in quel punto per il tempo di esposizione considerato.

I fabbricanti forniscono spesso informazioni sulla distanza di rischio e sui valori di rischio insieme alle specifiche dei prodotti. Tali informazioni devono aiutare l'utente nello

svolgimento della valutazione dei rischi e nella scelta delle misure di controllo appropriate.

8.3. Altre informazioni utili

EN 60825-1: 2007. Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 1: Classificazione delle apparecchiature e requisiti

IEC TR 60825-14: 2004. Safety of Laser Products. Part 14: A user's guide (Sicurezza dei prodotti laser. Parte 14: Guida dell'utente)

EN 62471: 2008. Sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampada

EN 12198-1: 2000. Sicurezza del macchinario — Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario. Parte 1: Principi generali

EN 12198-2: 2002. Sicurezza del macchinario — Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario. Parte 2: Procedura di misurazione dell'emissione di radiazione

EN 12198-3: 2000. Sicurezza del macchinario — Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario. Parte 3: Riduzione della radiazione per attenuazione o schermatura.

9. Misure di controllo

La gerarchia delle misure di controllo si basa sul principio per cui, se viene individuato un rischio, tale rischio deve essere controllato per mezzo della progettazione ingegneristica. Soltanto ove ciò non sia possibile, bisogna adottare una protezione alternativa. Sono pochissime le circostanze in cui si rende necessario fare affidamento sui dispositivi di protezione individuale e sulle procedure amministrative.

La selezione delle misure appropriate a qualsiasi situazione specifica deve basarsi sul risultato della valutazione dei rischi. Occorre raccogliere tutte le informazioni disponibili sulle sorgenti di radiazioni ottiche e sulla possibile esposizione individuale. In generale, un confronto dell'esposizione alle radiazioni ottenuta dalle specifiche dell'attrezzatura o dei dati di misura con il valore limite di esposizione applicabile permette una valutazione dell'esposizione individuale alle radiazioni ottiche su un posto di lavoro. Lo scopo consiste nell'ottenere un risultato univoco dal quale sia possibile evincere se il valore limite applicabile sarà superato o meno.

Se si può affermare con certezza che l'esposizione alle radiazioni ottiche è irrilevante e che i valori limite di esposizione non saranno superati, non è necessaria nessuna ulteriore azione.

Se le emissioni sono significative e/o l'occupazione è elevata, è possibile che i limiti siano superati e che si renda necessaria qualche forma di misura di protezione. La procedura di valutazione deve essere ripetuta dopo l'applicazione delle misure di protezione.

La ripetizione della misurazione e la valutazione possono essere necessarie se:

- la sorgente di radiazioni è cambiata (per esempio se è stata installata un'altra sorgente o se la sorgente funziona in condizioni operative diverse);
- è cambiata la natura del lavoro;
- è cambiata la durata dell'esposizione;
- sono state applicate, interrotte o cambiate le misure di protezione;
- è trascorso un lungo periodo di tempo dall'ultima misurazione e valutazione, sicché i risultati non sono più validi;

- si deve applicare una serie diversa di valori limite di esposizione.

Le misure di controllo applicate nella fase di progettazione e installazione possono offrire vantaggi significativi in termini di sicurezza e di funzionamento. L'integrazione a posteriori di queste misure di controllo può inoltre essere particolarmente costosa.

9.1. Gerarchia delle misure di controllo

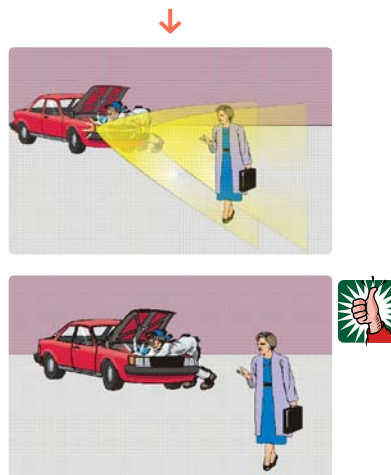
Dove esiste la possibilità di esposizione al di sopra del valore limite di esposizione, il rischio deve essere gestito attraverso l'applicazione di una combinazione di misure di controllo appropriate. Le priorità di controllo per la gestione dei rischi sono:

Eliminazione del rischio
Sostituzione con attrezzature o processi meno pericolosi
Misure ingegneristiche
Controlli amministrativi
Dispositivi di protezione individuale

9.2. Eliminazione del rischio

La sorgente di radiazioni ottiche pericolose è realmente necessaria?

C'è davvero bisogno di tenere queste luci accese?



9.3. Sostituzione con attrezzature o processi meno pericolosi

Il livello di pericolo delle radiazioni ottiche è indispensabile?



C'è davvero bisogno che sia così luminosa?



9.4. Controlli ingegneristici

L'attrezzatura potrebbe essere riprogettata oppure le radiazioni ottiche pericolose potrebbero essere controllate o ridotte alla sorgente?

Se non sono possibili i controlli prioritari di grado superiore (eliminazione o sostituzione), occorre privilegiare i mezzi ingegneristici per la riduzione dell'esposizione. I controlli amministrativi possono essere usati in combinazione con le misure di controllo di grado superiore. Se la riduzione dell'esposizione individuale è inattuabile, impraticabile o incompleta, i dispositivi di protezione individuale (DPI) devono essere considerati come estrema ratio.

Alloggiamento protettivo Involucri Interblocchi Interruttori di avvio ritardato	Allarmi luminosi Segnali audio	Attenuatori otturatori Finestre d'ispezione e filtrate Eliminazione dei riflessi
	Comandi a distanza Ausili per l'allineamento	

9.4.1. Prevenzione dell'accesso

L'accesso può essere impedito per mezzo di ripari fissi o mobili dotati di interblocchi. I ripari fissi sono generalmente applicati alle parti dell'attrezzatura che non richiedono un accesso regolare e sono attaccati in modo permanente.

Se l'accesso è necessario, allora si può usare un riparo mobile/apribile interconnesso al processo.

Importante

I ripari devono essere adeguati e robusti

Non devono comportare alcun rischio aggiuntivo e devono causare un'ostruzione minima

Non devono essere facilmente bypassati o neutralizzati, nel caso di ripari fissi avvolgenti

Devono essere posizionati a una distanza adeguata dalle zone di rischio, nel caso di ripari fissi distanziati

9.4.2. Protezione tramite limitazione del funzionamento

Quando è richiesto un accesso frequente attraverso i ripari fisici, questi possono essere spesso considerati troppo restrittivi, in particolare se l'operatore deve eseguire operazioni di carico/scarico o di regolazione. In tal caso, è prassi abituale utilizzare sensori per rilevare la presenza o assenza di un operatore e generare un comando di arresto appropriato. Possono essere classificati come dispositivi di sicurezza, che non limitano l'accesso ma lo rilevano. Il tempo impiegato dal macchinario per raggiungere una condizione di sicurezza determina la posizione o la vicinanza di qualsiasi sensore.

9.4.3. Arresto di emergenza

Quando il personale può accedere a un ambiente pericoloso, è indispensabile predisporre un arresto di emergenza nel caso in cui qualcuno si trovi in difficoltà all'interno della zona di pericolo. L'arresto di emergenza deve essere a risposta rapida e interrompere tutti i servizi nella zona di pericolo. I dispositivi più conosciuti per l'arresto d'emergenza sono i pulsanti rossi a fungo; questi devono essere opportunamente posizionati attorno alla struttura in quantità sufficiente da garantire che ce ne sia sempre uno a portata di mano. Un'alternativa sarebbe un interruttore staccabatteria collegato a un pulsante di arresto d'emergenza, che è spesso un mezzo più comodo per fornire protezione in un'area pericolosa. Altre forme di interruttori di sicurezza possono essere posizionate attorno a qualsiasi parte mobile per rilevare una vicinanza imprevista, come per esempio un interruttore a levetta o una barra di sicurezza.

9.4.4. Interblocchi

Esistono molte varianti di interruttori d'interblocco, ciascuna delle quali ha le proprie caratteristiche specifiche. È importante scegliere il dispositivo giusto per l'applicazione.

Importante

L'interblocco deve essere ben costruito e affidabile nelle condizioni estreme prevedibili

Deve essere comandato in sicurezza ed essere a prova di manomissione

Lo stato dell'interblocco deve essere chiaramente indicato, per esempio tramite flag ben leggibili sui pulsanti di neutralizzazione e indicatori dello stato di allarme sui pannelli operatore

L'interblocco deve limitare il funzionamento quando lo sportello del riparo non è completamente chiuso

Altre informazioni utili

- EN 953: 1997 Sicurezza del macchinario, ripari, requisiti generali per la progettazione e la costruzione di ripari fissi e mobili
- EN 13857: 2008 Sicurezza del macchinario, distanze di sicurezza per impedire il raggiungimento di zone pericolose con gli arti superiori e inferiori
- EN 349: 1993 Sicurezza del macchinario, spazi minimi per evitare lo schiacciamento di parti del corpo
- EN 1088: 1995 Dispositivi di interblocco associati ai ripari
- EN 60825-4: 2006 Barriere per laser

9.4.5. Filtri e finestre d'ispezione

Molti processi industriali possono essere completamente o parzialmente circoscritti. È quindi possibile monitorare il processo a distanza, attraverso un'adeguata finestra d'ispezione, uno strumento ottico o una telecamera. La sicurezza può essere garantita utilizzando materiali filtranti appropriati per bloccare la trasmissione dei livelli pericolosi di radiazioni ottiche. Questo rende superfluo l'utilizzo degli occhiali di sicurezza e migliora la sicurezza dell'operatore e le condizioni lavorative.

Gli esempi spaziano dalle sale di comando su vasta scala a una finestra d'ispezione inserita in un piccolo involucro locale attorno alla regione d'interazione.

Importante

Il materiale filtrante deve essere resistente e appropriato

Resistente agli urti

Non deve compromettere la sicurezza di funzionamento



Pannelli d'ispezione in aree riparate.

La trasmissione delle radiazioni ottiche attraverso finestre e altri pannelli traslucidi deve essere valutata come rischio potenziale. Benché il fascio ottico possa non costituire un rischio diretto per la retina, le emissioni di flash temporanei possono causare problemi di sicurezza secondari con altre procedure presenti nelle vicinanze.

9.4.6. Ausili per l'allineamento

Quando la manutenzione ordinaria richiede l'allineamento dei componenti del percorso del fascio, occorre fornire alcuni mezzi sicuri a tal fine. Gli esempi comprendono:

- l'utilizzo di un laser di puntamento a più bassa potenza che segue l'asse del fascio a più alta potenza;
- maschere od obiettivi.

Importante

L'occhio umano o la cute non devono mai essere usati come ausilio per l'allineamento

9.5. Misure amministrative

I controlli amministrativi costituiscono la seconda fase della gerarchia di controllo. Generalmente presuppongono una reazione al ricevimento di informazioni e, quindi, sono efficaci soltanto in proporzione di tale reazione. Svolgono però un ruolo di rilievo e possono essere la principale misura di controllo in alcune circostanze, per esempio durante la messa in funzione e l'assistenza.

I controlli amministrativi appropriati dipendono dal rischio e includono la nomina di persone nell'ambito della struttura di gestione della sicurezza, la limitazione dell'accesso, segnali ed etichette, nonché procedure.

È buona prassi prendere accordi formali per un approccio integrato alla gestione della sicurezza delle radiazioni ottiche. Tali accordi devono essere documentati per registrare quali misure sono state adottate e per quale motivo. Questa documentazione può anche rivelarsi utile in caso di indagini sugli incidenti e può comprendere:

- una dichiarazione della politica di sicurezza in materia di radiazioni ottiche;
- un riepilogo dei principali accordi organizzativi (nomine e ciò che ci si attende dalle persone nominate in ogni posizione);
- una copia documentata della valutazione dei rischi;
- un piano d'azione in cui sia specificato qualsiasi ulteriore controllo individuato attraverso la valutazione dei rischi, insieme a una tabella di marcia per l'attuazione;
- un riepilogo delle misure di controllo attuate, insieme a una breve giustificazione di ciascuna;
- una copia di qualsiasi intesa scritta o norma locale specifica applicabile al lavoro nell'area controllata esposta a radiazioni ottiche;
- il registro degli utenti autorizzati;
- un piano per il mantenimento delle misure di controllo. Questo può includere i programmi delle azioni concrete necessarie per mantenere o testare le misure di controllo;
- i dettagli degli accordi formali per la gestione delle interazioni con agenti esterni quali gli ingegneri dell'assistenza;
- i dettagli dei piani di intervento;
- un piano di audit;
- copie delle relazioni sugli audit;
- copie della corrispondenza pertinente.

Dovrebbe essere prassi abituale rivedere l'efficacia del programma a intervalli regolari (per esempio a cadenza annuale) alla luce delle relazioni sugli audit e delle modifiche legislative e normative.

9.5.1. Norme locali

Se la valutazione dei rischi ha individuato la possibilità di esposizione a un livello pericoloso di radiazioni ottiche, è opportuno mettere in atto un sistema di istruzioni scritte di sicurezza (o norme locali) per disciplinare lo svolgimento del lavoro in presenza di radiazioni ottiche. Le istruzioni devono includere una descrizione dell'area, i recapiti di un consulente sulle radiazioni ottiche (cfr. 9.5.4), i dettagli delle persone autorizzate a usare l'attrezzatura, i dettagli di qualsiasi prova richiesta prima dell'utilizzo, le istruzioni operative, una descrizione schematica dei rischi e i dettagli degli accordi in caso di intervento.

Le norme locali devono essere generalmente disponibili nelle aree a cui fanno riferimento e devono essere rilasciate a tutti i soggetti interessati.

9.5.2. Area controllata

Può essere necessario designare un'area controllata in cui è probabile l'accesso a radiazioni ottiche al di sopra del valore limite di esposizione. Un'area controllata deve essere un'area ad accesso limitato, cui possono accedere soltanto le persone autorizzate. La limitazione dell'accesso deve avvenire preferibilmente con mezzi fisici, per esempio attraverso le pareti e le porte dell'intero locale. L'accesso può essere limitato con serrature, tastiere numeriche o barriere.

Occorre concludere accordi per l'autorizzazione formale degli utenti da parte della direzione. Serve un processo formale per la valutazione dell'idoneità del personale quale requisito per l'autorizzazione, processo questo che deve includere una valutazione della formazione, della competenza e della conoscenza delle norme locali. I risultati della valutazione devono essere registrati e i nomi di tutti gli utenti autorizzati devono essere iscritti in un registro formale.

9.5.3. Segnaletica e avvisi di sicurezza

Rappresentano una parte importante di qualsiasi sistema di controlli amministrativi. La segnaletica di sicurezza è efficace

soltanto se è chiara e univoca e se viene visualizzata solamente quando necessario, altrimenti è spesso ignorata.

La segnaletica di avviso può includere informazioni sul tipo di attrezzatura in uso. Deve essere altresì indicato se il personale è tenuto a utilizzare dispositivi di protezione individuali.

La segnaletica di avviso è più efficace se viene visualizzata soltanto quando l'attrezzatura è in uso. Tutta la segnaletica di sicurezza deve essere posizionata a livello degli occhi per ottimizzarne la visibilità.



Segnaletica tipica usata nell'ambiente di lavoro per avvisare dei rischi e raccomandare l'utilizzo di dispositivi di protezione individuali.

Tutta la segnaletica di sicurezza deve essere conforme alle prescrizioni della direttiva sulla segnaletica di sicurezza (92/58/CEE).

9.5.4. Nomine

La sicurezza dalle radiazioni ottiche deve essere gestita attraverso la stessa struttura di gestione della sicurezza e della salute applicabile ad altre attività potenzialmente pericolose. I dettagli degli accordi organizzativi possono variare a seconda delle dimensioni e della struttura dell'organizzazione.

Per molte applicazioni può non essere giustificata la formazione di un esperto in gestione della sicurezza dalle radiazioni ottiche. Il personale può inoltre incontrare difficoltà a tenersi aggiornato sulla sicurezza dalle radiazioni

ottiche se è chiamato a usare tali competenze soltanto di rado. Pertanto, alcune società preferiscono avvalersi della consulenza fornita da consulenti esterni specializzati nella sicurezza dalle radiazioni ottiche. Questi possono fornire raccomandazioni sui seguenti temi:

- soluzioni di controllo ingegneristico;
- procedure scritte per l'uso sicuro dell'attrezzatura, misure di sicurezza operativa e professionale;
- scelta dei dispositivi di protezione individuale;
- istruzione e formazione del personale.

Al fine di monitorare gli aspetti giornalieri della sicurezza dalle radiazioni ottiche in un posto di lavoro, può essere

opportuno nominare un membro del personale sufficientemente esperto.

9.5.5. Formazione e consultazione

9.5.5.1. Formazione

La direttiva (articolo 6) prevede l'informazione e formazione dei lavoratori esposti ai rischi derivanti dalle radiazioni ottiche artificiali (e/o dei loro rappresentanti). Ciò riguarda in particolare:

Le misure adottate in applicazione della presente direttiva
I valori limite di esposizione e i potenziali rischi associati
I risultati della valutazione, misurazione e/o calcolo dei livelli di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali effettuati a norma dell'articolo 4 della presente direttiva, corredati di una spiegazione del loro significato e dei potenziali rischi
Le modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute
Le circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria
Le procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione
L'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuale

Si suggerisce di bilanciare il livello di formazione con il rischio derivante dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali. Se tutte le sorgenti sono considerate «trascurabili», è opportuno informarne i lavoratori e/o i loro rappresentanti. I lavoratori o i loro rappresentanti devono però essere informati del fatto che potrebbero esservi gruppi di rischio particolarmente sensibili ed essere istruiti sul processo per la loro gestione.

Se nel luogo di lavoro sono presenti radiazioni ottiche artificiali accessibili che probabilmente supereranno il valore limite di esposizione, occorre porre l'accento sulla

formazione formale ed eventualmente sulla nomina di lavoratori in ruoli specifici. Nel determinare il livello di formazione richiesta, il datore di lavoro deve considerare quanto segue:

La competenza del personale e l'attuale consapevolezza dei rischi derivanti dalle radiazioni ottiche artificiali
Le valutazioni dei rischi esistenti e le relative conclusioni
Se i lavoratori sono tenuti a collaborare alle valutazioni dei rischi o al loro riesame
Se il posto di lavoro è statico e i rischi sono stati valutati formalmente come accettabili oppure se l'ambiente cambia frequentemente
Se il datore di lavoro ha accesso a competenze esterne che lo assistono nella gestione dei rischi
I nuovi arrivati sul posto di lavoro o i lavoratori che lavorano per la prima volta con le radiazioni ottiche artificiali

È importante che i rischi siano visti nell'ottica giusta. Per esempio, non ha senso richiedere corsi formali di formazione per l'utilizzo di un puntatore laser di classe 2. Sarà invece quasi sempre necessaria la formazione dei lavoratori che utilizzano laser di classe 3B e classe 4 e sorgenti non coerenti del gruppo di rischio 3. Non è però possibile definire una lunghezza specifica per un programma di formazione o le sue modalità di attuazione. È per questo che è importante la valutazione dei rischi.

Idealmente, il bisogno di formazione e le sue modalità di attuazione dovrebbero essere individuati prima di iniziare a usare la sorgente di radiazioni ottiche artificiali.

9.5.5.2. Consultazione

L'articolo 7 della direttiva rimanda alle prescrizioni generali dell'articolo 11 della direttiva 89/391/CEE:

Articolo 11

Consultazione e partecipazione dei lavoratori

1. I datori di lavoro consultano i lavoratori e/o i loro rappresentanti e permettono la partecipazione dei lavoratori e/o dei loro rappresentanti in tutte le questioni che riguardano la sicurezza e la protezione della salute durante il lavoro.

Ciò comporta:

- la consultazione dei lavoratori;
- il diritto dei lavoratori e/o dei loro rappresentanti di fare proposte;
- la partecipazione equilibrata conformemente alle legislazioni e/o prassi nazionali.

2. I lavoratori o i rappresentanti dei lavoratori i quali hanno una funzione specifica in materia di protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori partecipano in modo equilibrato, conformemente alle legislazioni e/o prassi nazionali, o sono consultati preventivamente e tempestivamente dal datore di lavoro:

- a) su qualunque questione che possa avere effetti rilevanti sulla sicurezza e sulla salute;
- b) sulla designazione dei lavoratori di cui all'articolo 7, paragrafo 1, e all'articolo 8, paragrafo 2 e sulle attività previste all'articolo 7, paragrafo 1;
- c) sulle informazioni di cui all'articolo 9, paragrafo 1 e all'articolo 10;
- d) sull'eventuale ricorso a competenze (persone o servizi) esterne all'impresa e/o allo stabilimento, previsto all'articolo 7, paragrafo 3;
- e) sulla concezione e organizzazione della formazione di cui all'articolo 12.

3. I rappresentanti dei lavoratori i quali hanno una funzione specifica in materia di protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori hanno il diritto di chiedere al datore di lavoro di prendere misure adeguate e di presentargli proposte in tal senso, per ridurre qualsiasi rischio per i lavoratori e/o eliminare le cause di pericolo.

4. I lavoratori di cui al paragrafo 2 ed i rappresentanti dei lavoratori di cui ai paragrafi 2 e 3 non possono subire pregiudizio a causa delle rispettive attività contemplate ai paragrafi 2 e 3.

5. Il datore di lavoro è tenuto a concedere ai rappresentanti dei lavoratori i quali hanno una funzione specifica in materia di protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori un sufficiente esonero dal lavoro — senza perdita di retribuzione — ed a mettere a loro disposizione i mezzi necessari per esercitare i diritti e le funzioni derivanti dalla presente direttiva.

6. I lavoratori e/o i loro rappresentanti hanno il diritto di fare ricorso, conformemente alle legislazioni e/o prassi nazionali, all'autorità competente in materia di sicurezza e di protezione della salute durante il lavoro, qualora ritengano che le misure prese ed i mezzi impiegati dal datore di lavoro non siano sufficienti per garantire la sicurezza e la salute durante il lavoro.

I rappresentanti dei lavoratori devono avere la possibilità di presentare le proprie osservazioni in occasione delle visite e verifiche effettuate dall'autorità competente.

La norma CEI TR 60825-14: 2004 raccomanda un requisito minimo di formazione per gli utilizzatori dei laser.

La norma EN 60825-2: 2004 specifica gli ulteriori requisiti per gli utilizzatori che lavorano sui sistemi di comunicazione a fibre ottiche.

La norma EN 60825-12: 2004 specifica gli ulteriori requisiti per gli utilizzatori che lavorano su sistemi di comunicazione nello spazio libero.

La norma CLC/TR 50448: 2005 fornisce una guida sui livelli di competenza richiesta nella sicurezza dei laser.

9.6. Dispositivi di protezione individuale

La riduzione dell'esposizione involontaria alle radiazioni ottiche deve essere inclusa nelle specifiche di progettazione dell'attrezzatura. L'esposizione alle radiazioni ottiche deve essere ridotta, per quanto ragionevolmente possibile, attraverso forme di salvaguardia fisica come i controlli ingegneristici. I dispositivi di protezione individuale devono essere usati soltanto se i controlli ingegneristici e amministrativi sono impraticabili o incompleti.

Lo scopo dei DPI è quello di ridurre le radiazioni ottiche a un livello che non causi effetti nocivi per la salute

nell'individuo esposto. Le lesioni da radiazioni ottiche possono non essere apparenti al momento dell'esposizione. Va ricordato che i limiti di esposizione dipendono dalle lunghezze d'onda, quindi anche il grado di protezione offerto dai DPI può dipendere dalle lunghezze d'onda.

Sebbene sia meno probabile che una lesione grave della cute risultante dall'esposizione alle radiazioni ottiche influisca sulla qualità di vita dell'individuo, bisogna riconoscere che la probabilità di lesioni alla cute può essere elevata, in particolare nel caso di mani e viso. Desta particolare preoccupazione l'esposizione della cute alle radiazioni ottiche inferiori a 400 nm, che possono aumentare il rischio di tumore della cute.

Importante
I DPI devono essere adeguati ai rischi interessati, senza causare essi stessi alcun rischio aggiuntivo
I DPI devono essere adeguati alle condizioni sul posto di lavoro
I DPI devono tenere conto dei requisiti ergonomici e dello stato di salute del lavoratore

9.6.1. Protezione contro altri rischi

Nel selezionare i DPI adeguati per la protezione dall'esposizione alle radiazioni ottiche, occorre considerare anche i seguenti rischi non ottici:

- impatto
- penetrazione
- compressione
- chimico
- caldo/freddo
- polveri nocive
- biologico
- elettrico

Nella tabella seguente sono riportati alcuni esempi:

Dispositivi di protezione individuale	Funzione
Protezioni per gli occhi: occhiali di sicurezza, occhiali protettivi, schermi facciali e visiere	Le protezioni per gli occhi devono consentire al lavoratore di vedere ogni cosa nell'area di lavoro, ma ridurre le radiazioni ottiche a livelli accettabili. La scelta delle protezioni adeguate per gli occhi dipende da molti fattori, tra cui: lunghezza d'onda, potenza/energia, densità ottica, necessità di lenti su prescrizione, confort ecc.
Indumenti protettivi e guanti	Le sorgenti di radiazioni ottiche possono presentare un rischio di incendio e potrebbe quindi rendersi necessario indossare degli indumenti protettivi. L'attrezzatura che produce radiazioni UV può presentare un rischio per la cute, la quale deve essere coperta utilizzando idonei indumenti protettivi e guanti. I guanti devono essere indossati quando si lavora con agenti chimici o biologici. Gli indumenti protettivi o i guanti possono essere richiesti dalle specifiche sull'applicazione.
Dispositivi di protezione delle vie respiratorie	Durante la lavorazione possono essere prodotti fumi o polveri tossiche e nocive. I dispositivi di protezione delle vie respiratorie possono essere necessari in caso di emergenza.
Dispositivi di protezione per le orecchie	Il rumore può costituire un rischio in alcune applicazioni industriali.

9.6.2. Protezione degli occhi

Gli occhi sono a rischio di lesione da radiazioni ottiche se le esposizioni superano i valori limite di esposizione (ELV). Se le altre misure sono inadeguate a controllare il rischio di esposizione degli occhi al di sopra di qualsiasi valore limite di esposizione applicabile, si raccomanda di indossare la protezione per gli occhi raccomandata dal fabbricante dell'attrezzatura o dal consulente in materia di sicurezza dalle radiazioni ottiche e progettate specificamente per le lunghezze d'onda e le emissioni.

Le protezioni per gli occhi devono essere chiaramente contrassegnate con la gamma di lunghezze d'onda e con il corrispondente livello di protezione. Ciò vale in particolare se vi sono sorgenti multiple che richiedono tipi diversi di protezioni per gli occhi, per esempio laser a lunghezze d'onda differenti che richiedono una specifica protezione per gli occhi. Si raccomanda inoltre di utilizzare un metodo univoco e valido di marcatura delle protezioni di sicurezza per gli occhi, in modo da garantire un chiaro collegamento con la particolare attrezzatura per la quale sono stati specificati i DPI.

Il livello di attenuazione delle radiazioni ottiche fornito dalle protezioni per gli occhi nella regione spettrale di rischio deve essere almeno sufficiente a diminuire il livello di esposizione sotto i valori limite di esposizione applicabili.

Il fattore di trasmissione luminosa e il colore dell'ambiente visto attraverso i filtri protettivi sono caratteristiche importanti delle protezioni per gli occhi che possono influire sulla capacità dell'operatore di eseguire le operazioni richieste senza compromettere la sicurezza dalle radiazioni non ottiche.

Le protezioni per gli occhi devono essere conservate correttamente, pulite regolarmente e sottoposte a un regime di ispezione definito.

Considerazioni per la scelta delle protezioni per gli occhi

D: Livello di protezione?



Scegliere protezioni per gli occhi con attenuazione > livello esp ELV

D: Fattore di trasmissione luminosa? Qualità della visione?	→ Scegliere protezioni per gli occhi con fattore di trasmissione luminosa > 20 % Se non disponibili, aumentare il livello di illuminazione Controllare se i filtri presentano graffi e dispersioni
D: Percezione dei colori dell'ambiente di lavoro?	→ Assicurarsi che i comandi dell'attrezzatura e la segnaletica d'emergenza siano chiaramente visibili attraverso le protezioni per gli occhi
D: Troppi riflessi?	→ Evitare filtri e montature con finitura a specchio o lucidati
D: Se le protezioni per gli occhi sono alimentate a rete o a batteria e la corrente viene interrotta, sono comunque sicure?	→ Scegliere un filtro che garantisca la massima attenuazione anche in mancanza di corrente

9.6.3. Protezione della cute

In caso di esposizione professionale alle radiazioni ottiche, le aree della cute solitamente più a rischio sono le mani, il viso, la testa e il collo, in quanto le altre aree sono generalmente coperte dagli indumenti di lavoro. Le mani possono essere protette indossando guanti a bassa trasmissione di radiazioni ottiche pericolose. Il viso può essere protetto con uno schermo facciale o una visiera assorbente, che può anche assicurare la protezione degli occhi. Idonei dispositivi di protezione per la testa proteggeranno la testa e il collo.



9.7. Altre informazioni utili

Direttiva 89/656/CEE del Consiglio relativa alle prescrizioni minime di sicurezza e salute per l'uso da parte dei lavoratori di attrezzature di protezione individuale durante il lavoro

9.7.1. Norme di base

EN 165: 2005 — Protezione personale degli occhi — Vocabolario

EN 166: 2002 — Protezione personale degli occhi — Specifiche

EN 167: 2002 — Protezione personale degli occhi — Metodi di prova ottici

EN 168: 2002 — Protezione personale degli occhi — Metodi di prova non ottici

9.7.2. Norme per tipo di prodotto

EN 169: 2002 — Protezione personale degli occhi — Filtri per la saldatura e tecniche connesse — Requisiti di trasmissione ed usi raccomandati

EN 170: 2002 — Protezione personale degli occhi — Filtri ultravioletti — Requisiti di trasmissione ed usi raccomandati

EN 171: 2002 — Protezione personale degli occhi — Filtri infrarossi — Requisiti di trasmissione ed usi raccomandati

9.7.3. Saldatura

EN 175: 1997 — Protezione personale — Equipaggiamenti di protezione degli occhi e del viso durante la saldatura e i procedimenti connessi

EN 379: 2003 — Protezione personale degli occhi — Filtri automatici per saldatura

EN 1598: 1997 Salute e sicurezza in saldatura e tecniche connesse — Tende, strisce e schermi trasparenti per procedimenti di saldatura ad arco

9.7.4. Laser

EN 207: 1998 — Filtri e protettori dell'occhio contro radiazioni laser

EN 208: 1998 — Protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser e sistemi laser

9.7.5. Sorgenti di luce intensa

BS 8497-1: 2008. Eyewear for protection against intense light sources used on humans and animals for cosmetic and medical applications. Part 1: Specification for products

BS 8497-2: 2008. Eyewear for protection against intense light sources used on humans and animals for cosmetic and medical applications. Part 2: Guidance on use

10. Gestione degli incidenti

Nell'ambito della presente guida, per incidenti si intendono le situazioni in cui qualcuno rimane ferito o si ammala (denominati infortuni), o i mancati infortuni e le circostanze indesiderate (denominati inconvenienti).

Quando si usano fasci laser collimati, il rischio di essere esposti al fascio laser è generalmente basso, ma le conseguenze possono essere gravi. Al contrario, con le sorgenti non coerenti di radiazioni ottiche artificiali, il rischio di esposizione è elevato, ma le conseguenze possono essere irrilevanti.

Si suggerisce di predisporre opportuni piani di intervento per affrontare gli incidenti ragionevolmente prevedibili che interessano le radiazioni ottiche artificiali. Il livello di dettaglio e la complessità dipenderanno dal rischio. Il datore di lavoro avrà probabilmente accordi generali in

caso di intervento, che rendono vantaggioso l'utilizzo di simili approcci per le radiazioni ottiche.

Si suggerisce di predisporre piani dettagliati di intervento per le prassi lavorative in cui è probabile l'accesso alle radiazioni derivanti da:

Laser di classe 3B

Laser di classe 4

Sorgenti non coerenti del gruppo di rischio 3

I piani di intervento devono specificare le azioni e le responsabilità in caso di:

Effettiva esposizione del lavoratore al di sopra del valore limite di esposizione

Sospetta esposizione del lavoratore al di sopra del valore limite di esposizione

11. Sorveglianza sanitaria

L'articolo 8 della direttiva descrive le prescrizioni in materia di sorveglianza sanitaria, facendo riferimento alle prescrizioni generali della direttiva 89/391/CEE. I dettagli di qualsiasi sorveglianza sanitaria si baseranno probabilmente sulle prescrizioni nazionali. La proposta presentata in questo capitolo è quindi molto generica.

Le prescrizioni dell'articolo in questione devono essere considerate nel quadro di più di cento anni di esposizione dei lavoratori alle radiazioni ottiche artificiali. Gli effetti dannosi per la salute riportati sono in numero limitato e ristretti a poche aziende dove sono state generalmente attuate misure di controllo per ridurre ulteriormente l'incidenza.

A seguito dell'invenzione del laser, sono state pubblicate raccomandazioni sull'esame periodico degli occhi per i lavoratori a contatto con i laser. Tuttavia, quasi 50 anni di esperienza mostrano che questi esami non hanno alcun valore nell'ambito del programma di sorveglianza sanitaria e anzi possono comportare un ulteriore rischio per il lavoratore.

Un lavoratore esposto alle radiazioni ottiche artificiali sul posto di lavoro non deve essere sottoposto a esami oculistici prima dell'assunzione, periodicamente e dopo la conclusione del rapporto di lavoro soltanto perché svolge questo tipo di mansione. Analogamente, gli esami dermatologici possono costituire un vantaggio per i lavoratori, ma non sono generalmente giustificati soltanto sulla base dell'esposizione regolare alle radiazioni ottiche artificiali.

11.1. Chi deve eseguire la sorveglianza sanitaria?

La sorveglianza sanitaria deve essere eseguita da:

- un dottore;
- un professionista della salute sul lavoro o
- un'autorità medica responsabile della sorveglianza sanitaria in conformità con le prassi e le legislazioni nazionali.

11.2. Registrazioni

Gli Stati membri sono responsabili della conclusione di accordi volti a garantire che le singole registrazioni siano effettuate e tenute aggiornate. Le registrazioni devono contenere un riepilogo dei risultati della sorveglianza sanitaria svolta.

Le registrazioni devono essere in forma tale da poter essere consultate in un momento successivo, nel pieno rispetto della riservatezza.

Dietro richiesta, i singoli lavoratori devono avere accesso alle registrazioni che li riguardano.

11.3. Esami medici

Un lavoratore deve essere sottoposto a un esame medico se si ha il sospetto o la certezza che è stato esposto a radiazioni ottiche artificiali superiori al valore limite di esposizione.

Deve essere eseguito un esame medico se si riscontra che un lavoratore ha una malattia identificabile o presenta effetti nocivi per la salute, riconducibili all'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali.

Una difficoltà nell'attuazione di questo requisito è che molti effetti nocivi possono essere dovuti all'esposizione alle radiazioni ottiche naturali. È quindi importante che la persona che esegue l'esame medico abbia dimestichezza con i potenziali effetti nocivi per la salute derivanti da sorgenti specifiche di esposizione sul posto di lavoro alle radiazioni ottiche artificiali.

11.4. Azioni da intraprendere se viene superato il limite di esposizione

Se si pensa che i limiti di esposizione siano stati superati o se si ritiene che l'effetto nocivo sulla salute o la malattia identificabile siano stati causati dalle radiazioni ottiche

artificiali sul posto di lavoro, occorre intraprendere le azioni seguenti:

- Il lavoratore deve essere informato degli esiti
- Il lavoratore deve ricevere informazioni e consulenza in merito alla successiva sorveglianza sanitaria
- Il datore di lavoro deve essere informato, nel pieno rispetto della riservatezza medica
- Il datore di lavoro deve rivedere la valutazione dei rischi
- Il datore di lavoro deve rivedere le misure di controllo esistenti (che possono richiedere la consulenza di specialisti)
- Il datore di lavoro deve organizzare qualsiasi sorveglianza sanitaria continua necessaria.

Appendice A — Natura delle radiazioni ottiche

La luce è un esempio di radiazioni ottiche nella vita di tutti i giorni; nello specifico si parla di radiazioni ottiche artificiali quando queste sono emesse da una lampada. Il termine «radiazioni ottiche» viene usato perché la luce è una forma di radiazione elettromagnetica e perché produce degli effetti sugli occhi, nel senso che penetra al loro interno, viene messa a fuoco e quindi rilevata.

La luce si presenta in uno spettro di colori che vanno dai porpora e blu ai verdi e gialli fino agli arancio e rossi. I colori che percepiamo nella luce sono determinati dalle lunghezze d'onda presenti nello spettro luminoso. Le lunghezze d'onda più corte e quelle più lunghe sono percepite come collocate rispettivamente all'estremità blu e all'estremità rossa dello spettro. È comodo considerare la luce come costituita da un flusso di particelle prive di massa, denominate fotoni, ciascuno dei quali ha una lunghezza d'onda caratteristica.

Lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche si estende ben oltre le lunghezze d'onda che siamo in grado di vedere. Le radiazioni infrarosse, le radiazioni a microonde e le onde radio sono esempi di radiazioni elettromagnetiche con lunghezze d'onda sempre più lunghe. Le radiazioni ultraviolette, i raggi x e i raggi gamma hanno invece lunghezze d'onda sempre più corte.

La lunghezza d'onda di una radiazione elettromagnetica può essere utilizzata per ricavare altre informazioni utili su di essa.

Ogniquale volta le radiazioni elettromagnetiche interagiscono con un materiale, è probabile che depositino dell'energia nel punto in cui è avvenuta l'interazione. Questo può causare alcuni effetti nel materiale; per esempio, la luce visibile che raggiunge la retina deposita una quantità di energia tale da innescare reazioni biochimiche che producono un segnale, il quale a sua volta viene inviato al cervello tramite il nervo ottico. La quantità di energia disponibile per queste interazioni dipende sia dalla

quantità delle radiazioni sia dalla loro forza. La quantità di energia disponibile nelle radiazioni elettromagnetiche può essere associata alla lunghezza d'onda. Quanto più corta è la lunghezza d'onda, tanto più forte è la radiazione. Di conseguenza, la luce blu è più forte della luce verde che, a sua volta, è più forte della luce rossa. Le radiazioni ultraviolette sono più forti di qualsiasi lunghezza d'onda visibile.

La lunghezza d'onda delle radiazioni determina anche il loro grado di penetrazione e di interazione con l'organismo. Per esempio, i raggi UVA sono trasmessi alla retina con minore efficienza rispetto alla luce verde.

Alcune delle parti invisibili dello spettro elettromagnetico rientrano nel termine di «radiazioni ottiche». Queste sono le regioni spettrali ultraviolette e infrarosse. Anche se non possono essere viste (la retina non ha ricettori per queste lunghezze d'onda), parti di queste regioni spettrali possono penetrare nell'occhio in misura maggiore o minore. Per comodità, lo spettro delle radiazioni ottiche viene così diviso in base alle lunghezze d'onda:

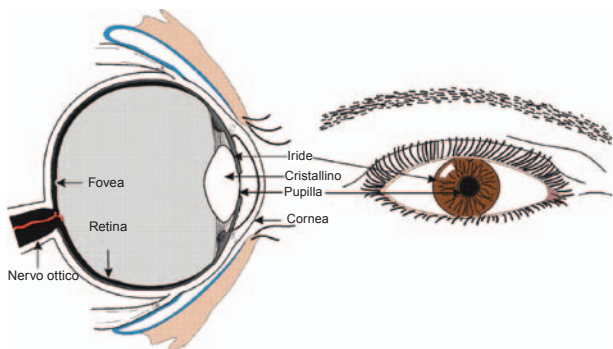
<i>Ultraviolette «C»</i>	(UVC):	100-280 nm
	UVB	280-315 nm
	UVA	315-400 nm
<i>Visibili</i>		380-780 nm
<i>Infrarosse «A»</i>	(IRA)	780-1 400 nm
	IRB	1 400-3 000 nm
	IRC	3 000-1 000 000 nm (3 µm-1 mm)

La direttiva contiene limiti d'esposizione che coprono la regione spettrale 180-3 000 nm per le radiazioni ottiche non coerenti e da 180 nm a 1 mm per le radiazioni laser.

Appendice B — Effetti biologici delle radiazioni ottiche sugli occhi e sulla cute

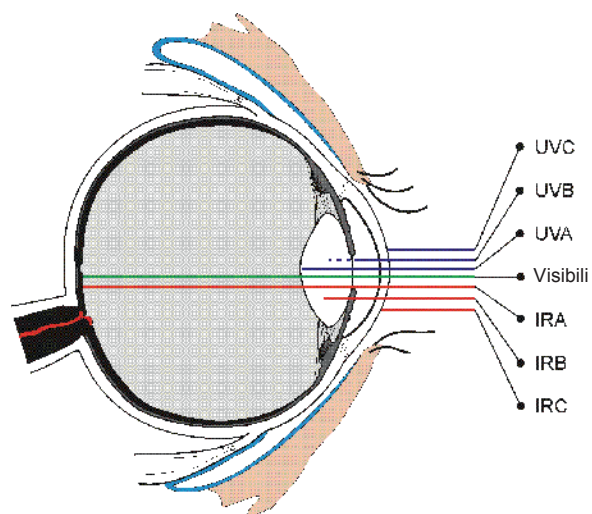
B.1. Gli occhi

Figura B.1.1. — Struttura dell'occhio



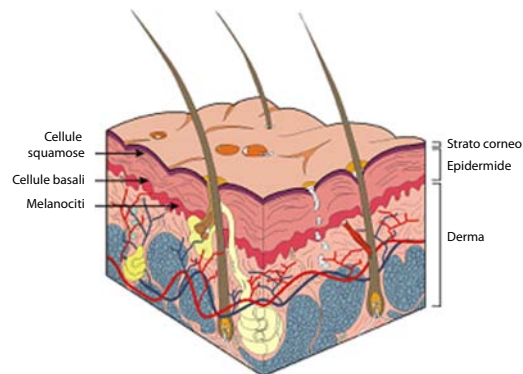
La luce che penetra nell'occhio passa attraverso la cornea, l'umor acqueo, quindi attraverso un'apertura variabile (pupilla) e attraverso il cristallino e l'umor vitreo per essere messa a fuoco sulla retina. Il nervo ottico trasporta i segnali dai fotoricettori della retina fino al cervello.

Figura B.1.2. — Penetrazione di diverse lunghezze d'onda attraverso l'occhio



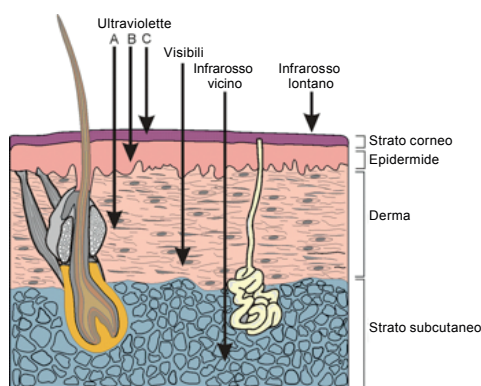
B.2. La cute

Figura B.2.1. — La struttura della cute



Lo strato esterno della cute, l'epidermide, contiene prevalentemente cheratinociti (cellule squamose) che sono prodotti nello strato basale e salgono in superficie per essere espulsi. Il derma è composto prevalentemente da fibre di collagene e contiene le terminazioni nervose, le ghiandole sudoripare, i follicoli piliferi e i vasi sanguigni.

Figura B.2.2. — Penetrazione di diverse lunghezze d'onda attraverso la cute



B.3. Effetti biologici di diverse lunghezze d'onda sugli occhi e sulla cute

B.3.1. Radiazioni ultraviolette: UVC (100-280 nm); UVB (280-315 nm); UVA (315-400 nm)

Effetti sulla cute

La maggior parte delle radiazioni ultraviolette (UVR) incidenti sulla cute è assorbita dall'epidermide, anche se la penetrazione aumenta sensibilmente con le lunghezze d'onda UVA più lunghe.

Un'esposizione eccessiva di breve durata alle radiazioni UV causa l'eritema — un arrossamento della cute — e gonfiore. I sintomi possono essere gravi; l'effetto massimo si ha 8-24 ore dopo l'esposizione e si esaurisce nel giro di 3-4 giorni con successiva secchezza e desquamazione cutanea. A questi fenomeni può poi subentrare una maggiore pigmentazione cutanea (abbronzatura ritardata). L'esposizione alle radiazioni UVA può anche causare un cambiamento immediato ma temporaneo nella pigmentazione cutanea (scurimento immediato del pigmento).

Alcuni soggetti hanno reazioni cutanee anomale all'esposizione agli UVR (fotosensibilità), dovute ad anomalie genetiche, metaboliche o di altra natura, oppure all'assunzione o al contatto con taluni farmaci o sostanze chimiche.

L'effetto a lungo termine più grave delle radiazioni UV è l'induzione del tumore della cute. I tumori della cute di tipo non-melanoma (NMSC) sono carcinomi delle cellule basali e carcinomi delle cellule squamose. Sono relativamente comuni nei soggetti di pelle bianca, ma raramente sono letali. Si manifestano con maggiore frequenza nelle parti del corpo esposte al sole, come il viso e le mani, e mostrano un'incidenza crescente con il progredire dell'età. I risultati degli studi epidemiologici indicano che il rischio di entrambi questi tumori della cute può essere associato all'esposizione cumulativa alle radiazioni UV, anche se l'incidenza risulta maggiore per i carcinomi delle cellule squamose. Il melanoma maligno è la causa principale di decesso per tumore della cute, anche se la sua incidenza è inferiore agli NMSC. Si riscontra una maggiore incidenza nei soggetti con un numero elevato di nei, in quelli con carnagione chiara e capelli rossi o biondi e nei soggetti con la tendenza a coprirsi di lentiggini, a ustionarsi e a non abbronzarsi

nonostante l'esposizione solare. Sia gli episodi di ustioni acute da esposizione solare sia l'esposizione professionale e ricreativa cronica possono contribuire al rischio di melanoma maligno.

L'esposizione cronica agli UVR può anche causare il fotoinvecchiamento cutaneo, caratterizzato da un aspetto ruvido e rugoso e dalla perdita di elasticità: le lunghezze d'onda UVA sono le più dannose, in quanto sono in grado di penetrare fino al collagene e alle fibre di elastina del derma. L'esperienza dimostra inoltre che l'esposizione agli UVR può influire sulle risposte immunitarie.

Il principale effetto benefico attribuibile all'esposizione agli UVR è la sintesi della vitamina D, anche se brevi esposizioni alla luce solare nella vita di tutti i giorni produrranno vitamina D a sufficienza nonostante un apporto dietetico inadeguato.

Effetti sugli occhi

Gli UVR che colpiscono gli occhi sono assorbiti dalla cornea e dal cristallino. La capacità di assorbimento della cornea e della congiuntiva è particolarmente elevata a lunghezze d'onda più corte di 300 nm. Gli UVC sono assorbiti negli strati superficiali della cornea, mentre gli UVB sono assorbiti dalla cornea e dal cristallino. Gli UVA attraversano la cornea e sono assorbiti dal cristallino.

Le reazioni dell'occhio umano alla sovraesposizione acuta agli UVR includono la fotocheratite e la fotocongiuntivite (rispettivamente, infiammazione della cornea e della congiuntiva). I sintomi, che variano dalla leggera irritazione, alla sensibilità alla luce e lacrimazione fino al dolore acuto, si manifestano dopo un lasso di tempo compreso tra 30 minuti e un giorno, a seconda dell'intensità dell'esposizione, e regrediscono in genere nel giro di qualche giorno.

L'esposizione cronica agli UVA e UVB può causare la cataratta dovuta alle alterazioni proteiche nel cristallino dell'occhio. Una quantità molto limitata di UV (meno dell'1 % UVA) raggiunge solitamente la retina a causa dell'assorbimento da parte dei tessuti anteriori dell'occhio. Vi sono però alcuni soggetti che non hanno un cristallino naturale a causa di un intervento di cataratta e, salvo laddove vi sia un cristallino artificiale impiantato in grado di assorbirli, la retina può essere danneggiata dagli UVR (a lunghezze d'onda di 300 nm) che penetrano nell'occhio. Questo danno è una conseguenza dei radicali liberi prodotti fotochimicamente,

che attaccano le strutture delle cellule retiniche. La retina è normalmente protetta contro i danni acuti dalle reazioni di avversione involontarie alla luce visibile, ma gli UVR non producono queste risposte: i soggetti privi di un cristallino in grado di assorbire gli UVR sono pertanto esposti a un rischio più elevato di subire danni alla retina se lavorano con sorgenti di UVR.

L'esposizione cronica agli UVR è un importante fattore d'influenza nello sviluppo di malattie della cornea e della congiuntiva, come la cheratopatia climatica a gocce (un accumulo di depositi gialli/marroni nella congiuntiva e nella cornea), lo pterigio (una crescita anomala di tessuto che può sovrapporsi alla cornea) e probabilmente la pinguecola (una lesione gialla proliferativa della congiuntiva).

B.3.2. Radiazioni visibili

Effetti sulla cute

Le radiazioni visibili (luce) penetrano nella cute e possono innalzare la temperatura locale fino a causare ustioni. L'organismo si adatta agli aumenti graduali di temperatura incrementando il flusso sanguigno (che disperde il calore) e la traspirazione. Se l'irradiazione non è tale da causare un'ustione acuta (in 10 s o meno), la persona esposta sarà protetta dalle naturali reazioni di avversione al calore.

Nel caso di esposizioni prolungate, l'effetto negativo principale è l'alterazione da stress termico (temperatura corporea più elevata). Benché questa non sia specificamente trattata nella direttiva, la temperatura ambiente e il carico di lavoro devono essere comunque tenuti in considerazione.

Effetti sugli occhi

Poiché la funzione degli occhi è quella di raccogliere e mettere a fuoco le radiazioni visibili, la retina è esposta a un rischio maggiore rispetto alla cute. Fissare una sorgente di luce luminosa può arrecare danni alla retina. Se la lesione si verifica nella fovea, per esempio guardando direttamente lungo un fascio laser, ne può conseguire un grave handicap visivo. Le misure di protezione naturali comprendono l'avversione alla luce luminosa (la risposta di avversione interviene in circa 0,25 secondi; la pupilla si contrae e può ridurre l'irradianza sulla retina all'incirca di un fattore pari a 30; la testa, a sua volta, può essere girata involontariamente).

Incrementi della temperatura retinica di 10-20 °C possono provocare danni irreversibili dovuti alla denaturazione delle proteine. Se la sorgente di radiazioni copre un'ampia parte del campo di vista e l'immagine retinica è quindi di grandi dimensioni, difficilmente le cellule retiniche nella regione centrale dell'immagine disperderanno rapidamente il calore.

Le radiazioni visibili possono causare lo stesso tipo di danno indotto fotochimicamente degli UVR (anche se, alle lunghezze d'onda visibili, l'avversione alla luce luminosa può agire da meccanismo protettivo). Questo effetto è più pronunciato alle lunghezze d'onda attorno a 435-440 nm ed è quindi talvolta denominato «rischio da luce blu». L'esposizione cronica a livelli ambientali elevati di luce visibile può essere responsabile di danni fotochimici alle cellule della retina, con un conseguente indebolimento della visione notturna e dei colori.

Se le radiazioni penetrano nell'occhio in un fascio sostanzialmente parallelo (quindi con una divergenza molto bassa da una sorgente distante o da un laser), è possibile che colpiscano la retina in un'area molto piccola, concentrando la potenza a livelli elevati e provocando gravi danni. Questo processo di messa a fuoco potrebbe in teoria aumentare anche di 500 000 volte l'irradianza sulla retina rispetto all'irradianza sull'occhio. In questi casi, la luminosità può superare tutte le sorgenti conosciute di luce naturale e artificiale. La maggior parte delle lesioni da laser sono ustioni: i laser a impulsi con elevate potenze di picco sono in grado di produrre un aumento di temperatura così repentino da far letteralmente esplodere le cellule.

B.3.3. IRA

Effetti sulla cute

Gli IRA penetrano per alcuni millimetri nei tessuti, arrivando fino al derma. Possono produrre gli stessi effetti termici delle radiazioni visibili.

Effetti sugli occhi

Come le radiazioni visibili, anche gli IRA sono messi a fuoco dalla cornea e dal cristallino e trasmessi alla retina. Qui possono causare lo stesso tipo di danno termico delle radiazioni visibili. Poiché però la retina non rileva gli IRA, in questo caso manca la protezione data dalle reazioni di avversione naturali. La regione spettrale da 380 a 1 400 nm

(visibile e IRA) è talvolta denominata «regione di rischio per la retina».

L'esposizione cronica agli IRA può anche causare la cataratta.

Gli IRA non hanno fotoni sufficientemente forti da causare un rischio di danno indotto fotochimicamente.

B.3.4. IRB

Effetti sulla cute

Gli IRB penetrano per meno di 1 mm nei tessuti. Possono causare gli stessi effetti termici delle radiazioni visibili e degli IRA.

Effetti sugli occhi

Alle lunghezze d'onda attorno a 1 400 nm l'umor acqueo ha un'elevata capacità di assorbimento; le lunghezze d'onda più lunghe sono invece attenuate dall'umor vitreo, sicché la retina rimane protetta. Il riscaldamento dell'umor acqueo e dell'iride può far salire la temperatura dei tessuti adiacenti, compreso il cristallino che non è vascolarizzato e non può quindi controllare la propria temperatura. Questo, insieme all'assorbimento diretto degli IRB da parte del cristallino, causa la cataratta,

che è un'importante malattia professionale di alcuni gruppi come i soffiatori di vetro e i costruttori di catene e fermagli.

B.3.5. IRC

Effetti sulla cute

Gli IRC penetrano soltanto nello strato più superiore delle cellule morte della cute (strato corneo). I laser potenti, che sono in grado di asportare lo strato corneo per ablazione e di danneggiare i tessuti sottostanti, rappresentano il rischio acuto più grave nella regione IRC. Il meccanismo di danneggiamento è perlopiù termico, anche se i laser con elevate potenze di picco possono causare danni meccanici/acustici.

Come per le lunghezze d'onda visibili, IRA e IRB, l'alterazione e il disagio da stress termico devono essere presi in considerazione.

Effetti sugli occhi

Gli IRC sono assorbiti dalla cornea e quindi il rischio principale sono le ustioni corneali. La temperatura nelle strutture adiacenti dell'occhio può aumentare a causa della conduzione termica, ma la perdita (per evaporazione e ammiccamento) e l'apporto di calore (dovuto alla temperatura corporea) influenzeranno questo processo.

Appendice C — Quantità e unità delle radiazioni ottiche artificiali

Come sottolineato nella sezione «Natura delle radiazioni ottiche», gli effetti delle radiazioni ottiche dipendono dall'energia e dalla quantità delle radiazioni stesse. Esistono molti modi per quantificare le radiazioni ottiche: quelli usati nella direttiva sono illustrati brevemente di seguito.

C.1. Quantità fondamentali

C.1.1. Lunghezza d'onda

Si riferisce alla lunghezza d'onda caratteristica delle radiazioni ottiche. Viene misurata in piccole unità metriche, solitamente il nanometro (nm), che corrisponde a un milionesimo di un millimetro. Alle lunghezze d'onda più lunghe è talvolta più comodo utilizzare il micrometro (μm). Un micrometro è pari a 1 000 nanometri.

In molti casi, la sorgente di radiazioni ottiche in esame emetterà fotoni di molte lunghezze d'onda diverse.

Nelle formule la lunghezza d'onda è rappresentata dal simbolo λ (lambda).

C.1.2. Energia

Si misura in joule (J). Può essere usata in riferimento all'energia di ogni fotone (che è associata alla lunghezza d'onda del fotone), ma può anche riferirsi all'energia contenuta in una data quantità di fotoni, per esempio un impulso laser.

L'energia è rappresentata dal simbolo Q.

C.1.3. Altre quantità utili

Angolo sotteso

È la larghezza apparente di un oggetto (solitamente una sorgente di radiazioni ottiche) vista da un determinato punto (in genere il punto dove si effettuano le misurazioni). Si calcola dividendo la larghezza effettiva dell'oggetto per la distanza dallo stesso. È importante che entrambi i valori siano espressi nelle stesse unità. Qualunque sia l'unità di questi valori, l'angolo sotteso risultante è espresso in radianti (r).

Se l'oggetto è d'angolo rispetto all'osservatore, l'angolo sotteso deve essere moltiplicato per il coseno dell'angolo.

L'angolo sotteso è rappresentato nella direttiva dal simbolo α (alpha).

Angolo sotteso solido

È l'equivalente tridimensionale dell'angolo sotteso. L'area dell'oggetto viene divisa per il quadrato della distanza. Anche in questo caso, il coseno dell'angolo d'osservazione può essere usato per correggere lo sguardo fuori asse. L'unità è lo steradiante (sr) e il simbolo è ω (omega).

Divergenza del fascio

È l'angolo di divergenza di un fascio di radiazioni ottiche quando si allontana dalla sorgente. Può essere calcolato prendendo la larghezza del fascio in due punti e dividendo la variazione di larghezza per la distanza tra i punti. Si misura in radianti.

C.1.4. Quantità usate nei limiti di esposizione

Potenza radiante

La potenza si definisce qui come la velocità di passaggio dell'energia attraverso un dato punto nello spazio. Si misura in watt (W), dove 1 watt corrisponde a 1 joule per secondo. È rappresentata dal simbolo Φ (phi).

Il termine «potenza» può riferirsi alla potenza in un fascio definito di radiazioni ottiche, nel qual caso è spesso detta potenza CW. Per esempio, un laser CW con una potenza del fascio di 1 mW emette fotoni con un'energia totale di 1 mJ al secondo.

La potenza può anche essere usata per descrivere un impulso di radiazioni ottiche. Per esempio, se un laser emette un impulso discreto contenente 1 mJ di energia in 1 ms, la potenza dell'impulso è pari a 1 W. Se l'impulso fosse stato emesso in un tempo più breve, diciamo 1 μ s, la potenza sarebbe stata 1 000 W.

Irradianza

L'irradianza può essere definita come la velocità alla quale l'energia arriva, per unità di superficie, in un dato punto. In quanto tale, dipende dalla potenza delle radiazioni ottiche e dall'area del fascio sulla superficie. Si calcola dividendo la potenza per l'area, con unità che sono alcuni multipli di watt per metro quadrato ($W m^{-2}$). È rappresentata dal simbolo E.

Esposizione radiante

L'esposizione radiante è la quantità di energia che arriva, per unità di superficie, in un dato punto. Si calcola moltiplicando l'irradianza, in $W m^{-2}$, per la durata dell'esposizione, in secondi. È espressa in joule per metro quadrato ($J m^{-2}$) ed è rappresentata dal simbolo H.

Radianza

La radianza è una quantità usata per descrivere il grado di concentrazione di un fascio di radiazioni ottiche. Può essere calcolata dividendo l'irradianza in un dato punto per l'angolo solido della sorgente, visto da tale punto. È espressa in watt per metro quadrato per steradiano ($W m^{-2} sr^{-1}$) ed è rappresentata dal simbolo L.

C.1.5. Quantità spettrali e quantità di banda larga

Quando una sorgente di radiazioni ottiche, come un laser, emette a un'unica lunghezza d'onda (per esempio 633 nm), allora qualsiasi quantità citata descriverà naturalmente le emissioni a quella sola lunghezza d'onda. Per esempio, $\Phi = 5$ mW.

Se è presente più di una lunghezza d'onda, ogni lunghezza d'onda discreta avrà le proprie quantità. Per esempio, un laser può emettere 3 mW a 633 nm e 1 mW a 1523 nm. Questa è una descrizione della distribuzione della potenza radiante, spesso scritta Φ_λ , della sorgente. È altrettanto corretto affermare che $\Phi = 4$ mW per questo laser, essendo questa la potenza radiante totale: questo valore è un valore di banda larga.

I dati sulla banda larga sono calcolati sommando tutti i dati spettrali all'interno della regione di lunghezze d'onda d'interesse.

C.1.6. Quantità radiometriche e quantità efficaci

Tutte le quantità finora discusse sono quantità radiometriche. I dati radiometrici quantificano e descrivono alcuni aspetti di un campo di radiazioni, ma non necessariamente indicano gli effetti delle radiazioni su un obiettivo biologico. Per esempio, un'irradianza di $1 W m^{-2}$ a 270 nm è più pericolosa per la cornea di $1 W m^{-2}$ a 400 nm. Se sono richieste informazioni sugli effetti biologici, bisogna usare le quantità efficaci. Molti limiti di esposizione sono espressi in quantità efficaci, in quanto servono a evitare un effetto biologico.

Le quantità efficaci esistono soltanto se gli scienziati hanno un'idea di come la capacità per un dato effetto possa variare con la lunghezza d'onda. Per esempio, l'efficacia delle radiazioni nel causare la fotocheratite sale da 250 nm a un picco di 270 nm, quindi scende rapidamente a 400 nm. Se nota, l'efficacia spettrale relativa è spesso indicata da un simbolo come S_λ , B_λ , R_λ . Questa è rispettivamente l'efficacia spettrale relativa per causare la fotocheratite/eritema, danni fotochimici alla retina e danni termici alla retina.

I valori dell'efficacia spettrale relativa possono essere usati per moltiplicare una serie di dati radiometrici

spettrali e produrre dati efficaci spettrali. Questi dati efficaci possono quindi essere sommati per produrre una quantità efficace di banda larga, spesso denotata da un pedice che si riferisce ai valori di efficacia spettrale usati. Per esempio, L_b è il simbolo che denota un valore di radianza a banda larga (L) che è stato ponderato a livello spettrale usando i valori di ponderazione spettrale B_λ .

C.1.7. Luminanza

Un esempio di quantità biologicamente efficace passata finora sotto silenzio è la luminanza. Pur non essendo usata per i limiti di esposizione, è molto utile per la valutazione

preliminare della capacità delle sorgenti di luce bianca a banda larga di causare danni alla retina.

La luminanza ha il simbolo L_v e si misura in candele per metro quadrato (cd m^{-2}). L'effetto biologico che descrive è l'illuminazione, vista dall'occhio adattato alla luce solare, e si riferisce alla quantità illuminanza (E_v , misurata in lux) ben nota a molti tecnici delle luci.

La relazione può essere descritta come $L_v = E_v/\omega$. La luminanza può essere facilmente calcolata sulla base dell'illuminanza di una sorgente su una superficie, della distanza dalla sorgente e delle dimensioni della sorgente.

Appendice D — Esempi pratici

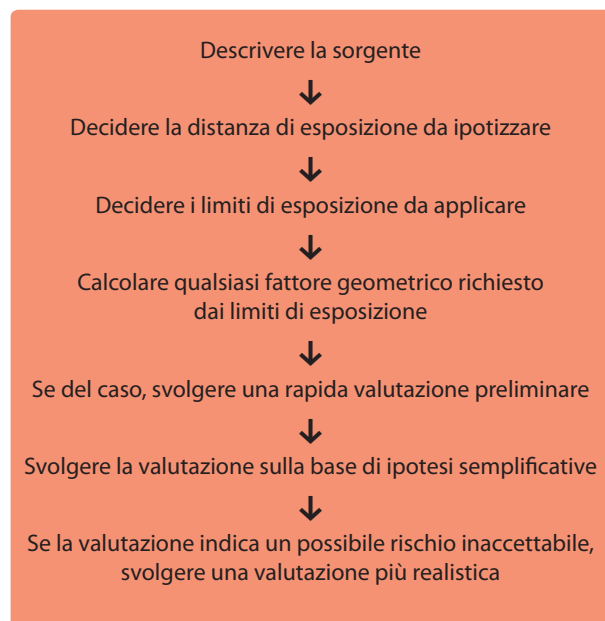
D.1. Uffici

Gli esempi seguenti mostrano una varietà di sorgenti di radiazioni ottiche normalmente rinvenibili nella maggior parte, o in quanto meno in un gran numero, di ambienti di lavoro.

Per valutare il rischio derivante da queste sorgenti semplici è stato adottato un approccio comune. Tale approccio viene illustrato più dettagliatamente di seguito ed è stato seguito in forma schematica in ciascuno degli esempi seguenti.

D.1.1. Spiegazione del metodo generale

Questo metodo generale si ispira alla norma EN 62471 (2008), pur adottando, ogniqualevolta possibile, ipotesi semplificative di carattere prudenziale per ciò che concerne i rischi alla retina. La spiegazione fornita di seguito è piuttosto esaustiva, in quanto è destinata a coprire tutti gli esempi illustrati in prosieguo. La valutazione dei rischi viene effettuata in una serie di passaggi:



Anzitutto si descrive la sorgente e se ne specificano le dimensioni. Tali dimensioni serviranno in caso di emissioni nelle regioni spettrali visibili o IRA.

Occorre prendere una decisione sulla distanza da tenere per lo svolgimento della valutazione dei rischi: la distanza di misurazione corrisponde solitamente al punto di massimo avvicinamento realistico, ancorché leggermente pessimistico, della persona alla sorgente; non al massimo avvicinamento possibile.

Scelta dei limiti di esposizione

Quali sono i limiti di esposizione appropriati? Considerando la peggior esposizione possibile, quella in cui una persona fissa la sorgente per 8 ore, e facendo riferimento alla tabella 1.1 della direttiva:

Indice	Lunghezza d'onda, nm	Unità	Parte del corpo	Rischio	Appropriatezza
a	180-400 (UVA, UVB, UVC)	$J m^{-2}$	cornea congiuntiva cristallino cute	fotocheratite fotocongiuntivite catarattogenesi eritema elastosi tumore della cute	Si, se la sorgente emette UVR
b	315-400 (UVA)	$J m^{-2}$	cristallino	catarattogenesi	Si, se la sorgente emette UVR
c	300-700 (luce blu) (dove $\alpha \geq 11$ mrad e $t \leq 10\,000$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$	retina	fotoretinite	No, il caso peggiore si avrebbe in presenza di esposizione prolungata
d	300-700 (luce blu) (dove $\alpha \geq 11$ mrad e $t > 10\,000$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$			Si, se la sorgente emette nella regione visibile. Questo limite copre il caso peggiore di 8 ore di esposizione
e	300-700 (luce blu) (dove $\alpha < 11$ mrad e $t \leq 10\,000$ s)	$W m^{-2}$			Non spesso, in quanto le sorgenti comuni sono solitamente piuttosto grandi
f	300-700 (luce blu) (dove $\alpha < 11$ mrad e $t > 10\,000$ s)	$W m^{-2}$			
g	380-1 400 (visibile e IRA) (per $t > 10$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$	retina	ustione della retina	Si, se la sorgente emette nella regione visibile. Questo limite copre il caso peggiore di 8 ore di esposizione
h	380-1 400 (visibile e IRA) (per t da $10 \mu s$ a 10 s)	$W m^{-2} sr^{-1}$			No, il caso peggiore si ha in presenza di esposizione prolungata
i	380-1 400 (visibile e IRA) (per $t < 10$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$			
j	780-1 400 (IRA) (per $t > 10$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$	retina	ustione della retina	Non spesso, in quanto le sorgenti comuni emettono solitamente radiazioni visibili che rendono più appropriati i limiti g, h e l
k	780-1 400 (IRA) (per t da $10 \mu s$ a 10 s)	$W m^{-2} sr^{-1}$			
l	780-1 400 (IRA) (per $t < 10$ s)	$W m^{-2} sr^{-1}$			
m	780-1 400 (IRA, IRB) (per $t \leq 1\,000$ s)	$W m^{-2}$	cornea cristallino	ustione della cornea	
n	780-3 000 (IRA, IRB) (per $t > 1\,000$ s)	$W m^{-2}$			
o	380-3 000 (visibile, IRA, IRB)	$J m^{-2}$	cute	ustione	Non spesso, in quanto il problema si pone solo con le sorgenti industriali potenti per la generazione di calore

Pertanto, si applicano generalmente i limiti di esposizione **a** e **b** (se la sorgente emette UVR) e/o i limiti **d** e **g** (se la sorgente emette radiazioni visibili e IRA).

In circostanze eccezionali possono risultare appropriati altri limiti di esposizione: per esempio, il limite di esposizione **c** viene usato se è probabile il superamento del limite **d**, mentre il limite di esposizione **h** viene usato se è probabile il superamento del limite **g**. Tali circostanze si renderanno manifeste soltanto con il procedere della valutazione dei rischi.

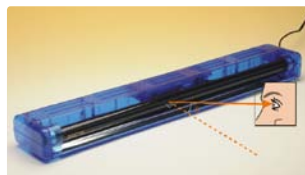
Questi limiti di esposizione implicano l'utilizzo delle curve di ponderazione spettrale $S(\lambda)$, $B(\lambda)$ e $R(\lambda)$, che sono spiegate nella sezione 5.2. Il loro utilizzo presuppone l'ottenimento di dati spettrali.

Fattori geometrici

Se la sorgente emette radiazioni visibili e/o IRR, i limiti di esposizione appropriati e le quantità radiometriche dipenderanno da fattori geometrici, che devono essere calcolati. Alcuni di questi fattori sono definiti nella direttiva, mentre altri sono spiegati nella norma EN 62471 (2008). Se la sorgente emette solo UVR, questi fattori sono tutti irrilevanti.

I fattori geometrici sono:

- θ** (angolo tra la perpendicolare alla superficie della sorgente e la linea di vista usata per la misurazione), (cfr. schema, a destra)
- Z** (dimensione media della sorgente)
- α** (angolo sotteso dalla sorgente)
- C_a** (fattore dipendente da α)
- ω** (angolo solido sotteso dalla sorgente)



Prima di calcolare uno qualsiasi di questi fattori, è importante verificare se la sorgente emette un campo relativamente omogeneo dal punto di vista spaziale oppure no. Se la sorgente è omogenea, qualsiasi dimensione (lunghezza, larghezza ecc.) dovrà essere intesa in riferimento all'intera area della sorgente. Se la sorgente è evidentemente non omogenea (come nel caso di una lampada luminosa davanti a un proiettore debole), queste dimensioni dovranno essere considerate in riferimento alla sola area più luminosa. Se una sorgente comprende due o più emettitori identici, ciascuno può essere trattato come una sorgente separata che contribuisce in misura *proporzionale* alle emissioni misurate.

Per calcolare Z:

lunghezza apparente, l , della sorgente = lunghezza effettiva $\times \cos\theta$

larghezza apparente, w , della sorgente = larghezza effettiva $\times \cos\theta$

Z è la media di l e w

Si osservi che:

se la sorgente è vista perpendicolarmente alla sua superficie, $\cos\theta = 1$

se la sorgente è circolare e vista a 90° , Z è uguale al diametro

L'area apparente, A , della sorgente è uguale a:

L'area effettiva $\times \cos\theta$ (per una sorgente circolare), o

$l \times w$ per altre sorgenti

Se la distanza dalla sorgente = r e se tutte le dimensioni sono state misurate nelle stesse unità, allora:

$\alpha = Z/r$, in *radianti* (rad)

$\omega = A/r^2$ in *steradiani* (sr)

C_a si basa su α e viene usato soltanto per calcolare un valore per i limiti di esposizione al rischio termico per la retina. Poiché qui tutte le valutazioni si basano sulle ipotesi semplificative spiegate di seguito, C_a non viene calcolato

Valutazione preliminare

Secondo l'organismo che ha definito i limiti di esposizione, l'ICNIRP, non occorre svolgere una valutazione spettrale completa per i rischi alla retina derivanti da una sorgente luminosa generica «a luce bianca» avente una luminanza $< 10^4 \text{ cd m}^{-2}$. Questa risulta coprire le lampade incandescenti senza filtro, le lampade fluorescenti e le lampade ad arco.

Questo limite orientativo *non* serve a valutare i rischi derivanti dalle emissioni di radiazioni ultraviolette. Tuttavia, può essere utilizzato per decidere se sia o meno necessaria una valutazione completa dei rischi derivanti dalle emissioni visibili e IRR.

Al fine di applicare il suddetto limite orientativo, l'irradianza spettrale a partire da 380-760 nm può essere ponderata con la curva di efficacia spettrale fotopica CIE, $V(\lambda)$, e quindi sommata per calcolare l'irradianza effettiva fotopica, E_v . Questa viene espressa in W m^{-2} e quindi moltiplicata per un fattore standard di efficacia luminosa di 683 lm W^{-1} , in modo da ottenere l'illuminanza in lux. La luminanza è pari all'illuminanza divisa per ω .

È però opportuno rilevare che non occorre effettuare misurazioni spettrali per individuare l'illuminanza di una plafoniera: qualsiasi «luxometro» ben progettato e calibrato dovrebbe essere in grado di determinare questo

valore. Questo rende la valutazione preliminare facile e rapida da svolgere.

Dati richiesti

In generale, occorrerà reperire i dati che coprono l'intera regione spettrale di tutti i limiti di esposizione da applicare. Nella peggiore delle ipotesi, i dati richiesti si collocheranno nella fascia da 180 nm a 1 400 nm.

La regione spettrale dei dati richiesti può però essere ridotta. Questo è ovvio quando un particolare limite di esposizione non è applicabile: se una sorgente non emette UVR, allora gli unici dati necessari saranno quelli nella fascia da 400 nm a 1 400 nm.

È inoltre possibile che una sorgente abbia notoriamente zero emissioni in una particolare regione spettrale. Per esempio:

- i LED emettono spesso in una gamma piuttosto ristretta di lunghezze d'onda. Dovendo valutare un LED verde, basterebbe misurare soltanto da 400 a 600 nm circa, ipotizzando che i dati al di fuori di questa gamma siano pari a zero;
- le sorgenti che emettono al di sotto di 254 nm sono molto rare e difficili da incontrare nella maggior parte dei posti di lavoro;
- molti apparecchi di illuminazione hanno coperture di vetro che impediscono le emissioni al di sotto di 350 nm circa;
- al di fuori delle sorgenti incandescenti, la maggior parte delle sorgenti comuni hanno emissioni IRR trascurabili.

In ogni caso, una volta decisa la regione spettrale dei dati occorre procedere alla loro acquisizione (tramite misurazione o con altri mezzi). Il dato più utile sarà l'irradianza spettrale. I dati possono essere ponderati usando le funzioni $[S(\lambda), B(\lambda), R(\lambda)]$ ed eventualmente $V(\lambda)$ appropriate ai limiti di esposizione da utilizzare. I dati ponderati devono quindi essere sommati.

Ipotesi semplificative

Queste ipotesi sono state usate per semplificare il processo di misurazione e di valutazione nella regione spettrale visibile e non sono necessarie se l'unico rischio in esame proviene dalle emissioni UVR.

Qualsiasi misurazione dell'irradianza spettrale deve essere eseguita con uno strumento appropriato: per i limiti di esposizione riguardanti la retina, lo strumento deve avere un campo di vista limitato ai valori specifici di γ , in base alla durata prevista dell'esposizione. Per il limite di esposizione **d**, questa durata prevista sarà di 8 ore. Per il limite di esposizione **g**, la durata massima di esposizione da considerare è di 10 secondi, in quanto il limite è costante al di sopra di questa durata.

La tabella 2.5 della direttiva riporta i valori appropriati di γ :

- $\gamma = 110$ mrad per i limiti di esposizione della retina al rischio fotochimico (cioè limite **d** per esposizioni da 10 000 s);
- $\gamma = 11$ mrad per i limiti di esposizione della retina al rischio termico (cioè limite **g** per esposizioni da 10 s).

Questi requisiti del campo di vista potrebbero apparentemente richiedere diverse serie di misurazioni. Tuttavia, se la sorgente effettiva sottende un angolo maggiore di γ , la misurazione con un campo di vista non ristretto rileverà maggiore irradianza e avrà quindi carattere prudenziale ai fini della valutazione dei rischi. Ciò permette di effettuare tutti i calcoli sulla base di un'unica serie di dati di misura con un campo di vista non ristretto.

Per calcolare la radianza dai dati sull'irradianza, l'irradianza deve essere divisa per un angolo solido. Tale angolo solido deve essere il valore maggiore tra il valore effettivo di ω e un valore basato su γ .

- Per il limite di esposizione **d**, il campo di vista dovrebbe essere $\gamma = 110$ mrad, corrispondente a un angolo solido di $= 0,01$ sr.
- Per il limite di esposizione **g**, il campo di vista dovrebbe essere $\gamma = 11$ mrad, corrispondente a un angolo solido di $= 0,0001$ sr.

Negli esempi seguenti, questi valori saranno così denominati:

ω = il vero angolo solido sotteso dalla sorgente

$\omega_b = 0,01$ sr o ω , a seconda del maggiore

$\omega_r = 0,0001$ sr o ω , a seconda del maggiore

Queste ipotesi semplificative potrebbero dare risultati artificialmente alti per le sorgenti non omogenee maggiori di γ . Se una simile sorgente viene valutata e il limite di esposizione sembra essere superato, potrebbe essere auspicabile ripetere le misurazioni con un campo di vista effettivamente limitato a un valore appropriato di γ .

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$
Se l'irradianza effettiva, E_{eff} , è espressa in W m^{-2} , allora il tempo dell'esposizione massima permessa (MPE), in secondi, sarà $= 30 \text{ J m}^{-2} / E_{\text{eff}}$.
<i>Se questo è > 8 ore, non vi è alcun rischio che il limite di esposizione sia superato alla distanza r</i>
Limite b
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$
Se l'irradianza effettiva, E_{UVA} , è espressa in W m^{-2} , allora il tempo dell'esposizione massima permessa (MPE), in secondi, sarà $= 10^4 \text{ J m}^{-2} / E_{\text{UVA}}$.
<i>Se questo è > 8 ore, non vi è alcun rischio che il limite di esposizione sia superato alla distanza r</i>
Limite d
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$
<i>Se la radianza effettiva, L_{θ}, è inferiore al limite di esposizione, non vi è alcun rischio che il limite di esposizione sia superato. Ciò vale per tutte le distanze, fintantoché θ rimane invariato</i>
Limite g
Il limite di esposizione è $2,8 \times 10^7 / C_{\alpha}$. In questo caso, C_{α} dipende da α . Il limite di esposizione più restrittivo si ha quando $\alpha \geq 100 \text{ mrad}$. In questo caso, $C_{\alpha} = 100 \text{ mrad}$ e il limite di esposizione è $280\,000 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$
<i>Se la radianza effettiva, L_{θ}, è inferiore al limite di esposizione, non vi è alcun rischio che il limite di esposizione sia superato. Ciò vale per tutte le distanze, fintantoché θ rimane invariato</i>

Superamento dei limiti di esposizione

Limite di luminanza ICNIRP
Se la luminanza della sorgente supera 10^4 cd m^{-2} , la valutazione deve essere ripetuta con dati sufficienti, tali da permettere il confronto con i limiti di esposizione d e g
Limite a
Se il tempo MPE è < 8 ore, sarà necessario dimostrare che l'occupazione personale effettiva alla distanza r è inferiore al tempo MPE
Limite b
Se il tempo MPE è < 8 ore, sarà necessario dimostrare che l'occupazione personale effettiva alla distanza r è inferiore al tempo MPE. In questo caso, l'occupazione può escludere qualunque periodo di tempo trascorso con il viso rivolto lontano dalla sorgente
Se la sorgente è molto luminosa, si può ipotizzare che la risposta di avversione limiterà gli episodi di esposizione a 0,25 secondi
Limite d
Se L_{θ} è maggiore del limite di esposizione, occorre calcolare un tempo MPE. Questo si basa sul limite di esposizione c
Il limite di esposizione c è $L_{\theta} \leq 10^6/t$. Quindi il tempo MPE (in secondi) $= t_{\text{max}} \leq 10^6/L_{\theta}$. Sarà pertanto necessario dimostrare che l'occupazione personale effettiva lungo la linea di vista θ è minore di t_{max} . In questo caso, l'occupazione può escludere qualunque periodo di tempo trascorso con il viso rivolto lontano dalla sorgente
Se la sorgente è molto luminosa, si può ipotizzare che la reazione di avversione limiterà gli episodi di esposizione a 0,25 secondi
Si può usare anche il limite di esposizione e: le relazioni $\alpha = Z/r$ e $L_{\theta} = E_{\theta}/\omega$ devono essere usate per calcolare una distanza a cui $\alpha = 11 \text{ mrad}$. Se, a questa distanza o a qualsiasi distanza maggiore, $E_{\theta} \leq 10 \text{ mW m}^{-2}$, significa che i limiti di esposizione non sono superati oltre questo punto
Limite g
Se L_{θ} è maggiore del limite di esposizione, allora il limite di esposizione potrebbe essere troppo restrittivo: se la sorgente sottende effettivamente $\alpha < 100 \text{ mrad}$, ricalcolare il limite di esposizione
Se L_{θ} rimane comunque maggiore del nuovo limite di esposizione, occorre calcolare un tempo MPE. Questo si basa sul limite di esposizione h
Il limite di esposizione h è $L_{\theta} \leq 5 \times 10^7 / c_{\alpha} t^{0,25}$. Quindi il tempo MPE (in secondi) $= t_{\text{max}} \leq (5 \times 10^7 / c_{\alpha} L_{\theta})^4$. Usare $c_{\alpha} = \alpha$. Sarà pertanto necessario dimostrare che l'occupazione personale effettiva lungo la linea di vista θ è minore di t_{max} . In questo caso, l'occupazione può escludere qualunque periodo di tempo trascorso con il viso rivolto lontano dalla sorgente
Se la sorgente è molto luminosa, si può ipotizzare che la reazione di avversione limiterà gli episodi di esposizione a 0,25 secondi

D.1.2. Formato degli esempi

I seguenti esempi pratici sono stati illustrati in una serie di passaggi simili a quelli sopra utilizzati. Nei casi in cui sono state effettuate ipotesi semplificative, l'esempio è stato comunque elaborato per intero, ma i passaggi non richiesti in caso di accettazione delle ipotesi sono stati mostrati in grigio, garantendo così l'applicabilità di qualsiasi ipotesi iniziale da dimostrare.

Un riepilogo dei risultati di questi esempi è presentato alla fine di questo allegato.

D.1.3. Lampade fluorescenti montate a soffitto dietro un diffusore



Una fila di 3 lampade fluorescenti per l'illuminazione generale da 36 W è montata in una plafoniera a soffitto di dimensioni 57,5 cm x 117,5 cm. La plafoniera ha un diffusore di plastica che copre completamente le lampade. Questo rende la sorgente ragionevolmente omogenea.

Scelta dei limiti di esposizione

Questo tipo di lampada non emette quantità significative di radiazioni infrarosse. Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili o ultraviolette. Anche le lunghezze d'onda ultraviolette sono attenuate dal diffusore di plastica. Si applica solo il limite **d**.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 100 cm dalla lampada, con lo sguardo diretto verso di essa.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a		
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
		→
		Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b		
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 17 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$
		→
		Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d		
Il limite di esposizione è $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{B}} = 0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$
		→
		Il limite di esposizione non è superato
Limite g		
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	→	$L_{\text{R}} = 8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$
		→
		Il limite di esposizione non è superato

La sorgente ha una dimensione media di 87,5 cm. Pertanto $\alpha = 0,875 \text{ rad}$.

La sorgente ha una superficie di 6 756 cm².

Pertanto $\omega = 0,68 \text{ sr}$.

E quindi $\omega_{\text{B}} = 0,68 \text{ sr}$ e $\omega_{\text{R}} = 0,68 \text{ sr}$.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotopica è stata misurata ed è di 1 477 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 1 009 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi 1 009/0,68 = 1 484 cd m⁻².

Non è necessaria nessuna ulteriore valutazione.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 17 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_{\text{B}} = 338 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_{\text{R}} = 5 424 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu), $L_{\text{B}} = 338 \text{ mW m}^{-2} / 0,68 \text{ sr} = 0,5 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica), $L_{\text{R}} = 5 424 \text{ mW m}^{-2} / 0,68 \text{ sr} = 8 \text{ W m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$.

D.1.4. Lampada fluorescente singola montata a soffitto senza diffusore

Una lampada fluorescente per l'illuminazione generale 153 cm x 2 cm da 58 W è montata in una plafoniera a soffitto 153 cm x 13 cm che ha dei proiettori integrati dietro la lampada ed è aperta sul davanti. La sorgente non è omogenea e la lampada è la sua parte più luminosa.



Vedi anche l'esempio D.1.5.

Scelta dei limiti di esposizione

Questo tipo di lampada non emette quantità significative di radiazioni infrarosse. Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili o ultraviolette. Si applicano i limiti **a**, **b** e **d**.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 100 cm dalla lampada, con lo sguardo diretto verso di essa.

La lampada ha una dimensione media di 77,5 cm. Pertanto $\alpha = 0,775$ rad.

La lampada ha una superficie di 306 cm². Pertanto $\omega = 0,03$ sr.
 $\omega_B = 0,03$ sr e $\omega_R = 0,03$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotopica è stata misurata ed è di 1 640 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 1 120 lux. La luminanza di questa sorgente è quindi 1 120/0,03 = 37 333 cd m⁻².

Sembra necessaria un'ulteriore valutazione del rischio per la retina. Bisogna valutare anche gli UVR.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 600 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 120 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_B = 561 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_R = 7 843 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_B = 561 \text{ mW m}^{-2} / 0,03 \text{ sr} = 19 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_R = 7 843 \text{ mW m}^{-2} / 0,03 \text{ sr} = 261 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a		
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 600 \mu\text{W m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b		
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 120 \text{ mW m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d		
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 19 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato
Limite g		
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 261 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato

D.1.5. Fila di lampade fluorescenti montate a soffitto senza diffusore



Quattro lampade fluorescenti per l'illuminazione generale 57 cm x 2 cm da 18 W sono montate in una plafoniera a soffitto 57 cm x 57 cm che ha dei proiettori integrati dietro ogni lampada ed è aperta sul davanti. Questo è molto simile alla plafoniera considerata nell'esempio D.1.4, tranne per il fatto che le lampade sono di un diverso fabbricante. La sorgente non è omogenea e le 4 lampade sono gli emettitori più luminosi.

Scelta dei limiti di esposizione

Questo tipo di lampada non emette quantità significative di radiazioni infrarosse. Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili o ultraviolette. Si applicano i limiti **a**, **b** e **d**.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 100 cm dalla lampada, con lo sguardo diretto verso di essa.

Ogni lampada ha una dimensione media di 29,5 cm. Pertanto $\alpha = 0,295$ rad.
Ogni lampada ha una superficie di 114 cm². Pertanto $\omega = 0,011$ sr.
 $\omega_B = 0,011$ sr e $\omega_R = 0,011$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotopica è stata misurata ed è pari a 1 788 mW m⁻² per il totale delle 4 lampade: poiché ogni lampada è una sorgente visiva separata, ciascuna contribuisce al totale con 447 mW m⁻². Si ha pertanto un'illuminanza di 305 lux per lampada.

La luminanza di ogni lampada è quindi $305/0,011 = 28\,000$ cd m⁻².

Occorre un'ulteriore valutazione del rischio per la retina. Bisogna valutare anche gli UVR.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 1,04$ mW m⁻²

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 115$ mW m⁻²

Irradianza effettiva (luce blu), $E_B = 555$ mW m⁻²
 $= 139$ mW m⁻² per lampada.

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_R = 8\,035$ mW m⁻²
 $= 2\,009$ mW m⁻² per lampada.

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_B = 139$ mW m⁻² / 0,011 sr = 13 W m⁻² sr⁻¹.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_R = 2\,009$ mW m⁻² / 0,011 sr = 183 W m⁻² sr⁻¹.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a

Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30$ J m⁻² → $E_{\text{eff}} = 1,04$ mW m⁻² → Il tempo MPE è 8 ore ed è vicino al superamento del limite di esposizione

Sebbene nella pratica l'esposizione continua a 100 cm sia piuttosto improbabile, questa esposizione deve essere tenuta presente se nell'ambiente sono presenti altre sorgenti UVR

Limite b

Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4$ J m⁻² → $E_{\text{UVA}} = 115$ mW m⁻² → Il tempo MPE è > 8 ore

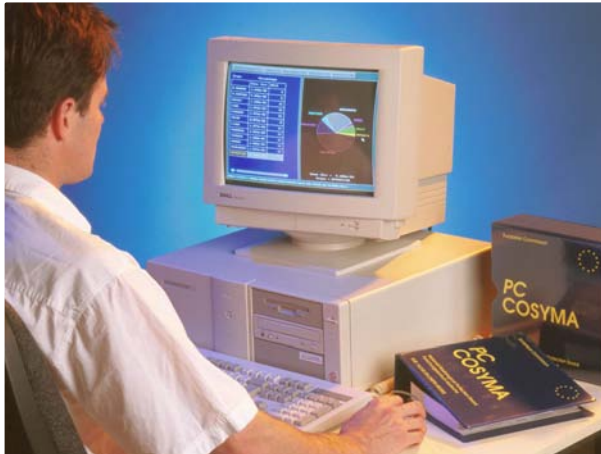
Limite d

Il limite di esposizione è 100 W m⁻² sr⁻¹ → $L_B = 13$ W m⁻² sr⁻¹ → Il limite di esposizione non è superato

Limite g

Il limite di esposizione è 280 kW m⁻² sr⁻¹ → $L_R = 183$ W m⁻² sr⁻¹ → Il limite di esposizione non è superato

D.1.6. Schermo con tubo a raggi catodici



Un PC da scrivania ha uno schermo con incorporato un tubo a raggi catodici.

Scelta dei limiti di esposizione

I tubi a raggi catodici non emettono quantità significative di radiazioni ultraviolette o infrarosse. Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili. Si applica il limite **d**.

Fattori geometrici

Lo schermo combina tre colori primari per produrre immagini a colori. Il caso peggiore si ha in presenza di tutti e tre i colori primari, con la formazione di un'immagine bianca. I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 10 cm da un rettangolo bianco omogeneo, con lo sguardo diretto verso di esso.

La sorgente ha una dimensione media di 17 cm.

Pertanto $\alpha = 1,7$ rad.

La sorgente ha una superficie di 250 cm².

Pertanto $\omega = 2,5$ sr.

E quindi $\omega_b = 2,5$ sr e $\omega_r = 2,5$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotonica è stata misurata ed è di 64 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 43 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi $43/2,5 = 17$ cd m⁻².

Non è necessaria nessuna ulteriore valutazione.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 130 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 8 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_b = 61 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_R = 716 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_b = 61 \text{ mW m}^{-2} / 2,5 \text{ sr} = 24 \text{ mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_R = 716 \text{ mW m}^{-2} / 2,5 \text{ sr} = 286 \text{ mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a		
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 130 \mu\text{W m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b		
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 8 \text{ mW m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d		
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 24 \text{ mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato
Limite g		
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 286 \text{ mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato

D.1.7. Schermi per portatile



Un computer portatile ha uno schermo LCD.

Scelta dei limiti di esposizione

Gli schermi LCD non emettono quantità significative di radiazioni ultraviolette o infrarosse. Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili. Si applica il limite **d**.

Fattori geometrici

Lo schermo LCD combina tre colori primari per produrre immagini a colori. Il caso peggiore si ha in presenza di tutti e tre i colori primari, con la formazione di un'immagine bianca. I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 10 cm da un rettangolo bianco omogeneo, con lo sguardo diretto verso di esso.

La sorgente ha una dimensione media di 13 cm.

Pertanto $\alpha = 1,3$ rad.

La sorgente ha una superficie di 173 cm².

Pertanto $\omega = 1,7$ sr.

E quindi $\omega_B = 1,7$ sr e $\omega_R = 1,7$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotopica è stata misurata ed è di 134 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 92 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi $92/1,7 = 54$ cd m⁻².

Non è necessaria nessuna ulteriore valutazione.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 70 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 4 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_B = 62 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_R = 794 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_B = 62 \text{ mW m}^{-2} / 1,7 \text{ sr} = 36 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_R = 794 \text{ mW m}^{-2} / 1,7 \text{ sr} = 467 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a		
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 70 \mu\text{W m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b		
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 4 \text{ mW m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d		
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 36 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato
Limite g		
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 467 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato

D.1.8. Proiettore per esterni con incorporata una lampada ad alogenuro metallico



Una lampada ad alogenuro metallico da 70 W è incorporata in una plafoniera che presenta anche un proiettore posteriore da 18 x 18 cm e una copertura trasparente. Da installare sui parapetti di edifici per illuminare l'area sottostante. La sorgente non è omogenea, la regione più luminosa è l'arco stesso, che è stato stimato di forma approssimativamente sferica, con un diametro di circa 5 mm.

Scelta dei limiti di esposizione

Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili o eventualmente ultraviolette. Le lampade ad alogenuro metallico producono una gran quantità di radiazioni ultraviolette: in questo esempio, le emissioni sono ridotte da un involucro esterno e dalla copertura della plafoniera, ma le radiazioni UVA possono comunque essere emesse in quantità preoccupanti. Si applicano i limiti **b**, **d** e **g**.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 100 cm dalla lampada, con lo sguardo diretto verso di essa.

L'arco ha una dimensione media di 0,5 cm.

Pertanto $\alpha = 0,005$ rad. Essendo questo valore < 11 mrad, il limite **d** può essere sostituito dal limite **f** se si prevede

uno sguardo fisso sulla sorgente. Poiché questo non è il nostro caso, per la valutazione sarà usato il limite **d**. Vedere la nota 2 alla tabella 1.1 della direttiva.

La sorgente ha una superficie di 0,2 cm².

Pertanto $\omega = 0,00002$ sr.

E quindi $\omega_B = 0,01$ sr e $\omega_R = 0,0001$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotopica è stata misurata ed è di 4 369 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 2 984 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi $2\,984/0,00002 = 149\,000\,000$ cd m⁻².

Occorre un'ulteriore valutazione del rischio per la retina e rimane da valutare il rischio potenziale da UVR.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 915 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_B = 2329 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica),
 $E_R = 30172 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_B = 2329 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 233 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_R = 30172 \text{ mW m}^{-2} / 0,0001 \text{ sr} = 302 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

	Limite a	
v	$\rightarrow E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$	\rightarrow Il tempo MPE è > 8 ore
	Limite b	
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	$\rightarrow E_{\text{UVA}} = 915 \text{ mW m}^{-2}$	\rightarrow Il tempo MPE è 3 ore
<i>Tuttavia, è probabile che per via dell'intensa luminosità della lampada ogni episodio di esposizione sia limitato a circa 0,25 secondi</i>		
	Limite d	
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	$\rightarrow L_B = 233 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	\rightarrow Il limite di esposizione è superato
<i>Pertanto, per calcolare un tempo MPE bisogna usare il limite c</i>		
	Limite c	
Il limite di esposizione è $L_B < 10^6/t \text{ W m}^{-2}$	$\rightarrow t_{\text{max}} = 10^6/L_B$	\rightarrow Il tempo MPE per questa sorgente è di circa 70 minuti
<i>Tuttavia, è probabile che per via dell'intensa luminosità della lampada ogni episodio di esposizione sia limitato a circa 0,25 secondi</i>		
<i>Si osservi che, qualora sia previsto uno sguardo fisso, t_{max} in base al limite e = $100/E_B$, o circa 40 secondi</i>		
	Limite g	
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	$\rightarrow L_R = 302 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	\rightarrow Il limite di esposizione è superato sulla base dell'ipotesi semplificativa secondo cui $\alpha > 0,1$ rad
<i>Ricalcolando il limite di esposizione sulla base dell'α effettivo (= 5 mrad), un limite di esposizione più realistico sarebbe $5\,600 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$. In tal caso, il limite di esposizione non viene superato</i>		

D.1.9. Proiettore per esterni con incorporata una lampada fluorescente compatta



Una lampada fluorescente compatta 3x13 cm da 26 W è incorporata in una plafoniera che presenta anche un proiettore semplice posteriore e una copertura trasparente. Da installare sui parapetti di edifici per illuminare l'area sottostante. La lampada è l'emettitore più forte in questa sorgente non omogenea.

Scelta dei limiti di esposizione

Questo tipo di lampada non emette quantità significative di radiazioni infrarosse. Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili o ultraviolette. Le lunghezze d'onda ultraviolette sono attenuate dal diffusore di plastica. Si applica il limite **d**.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 100 cm dalla lampada, con lo sguardo diretto verso di essa.

La sorgente ha una dimensione media di 8 cm.

Pertanto $\alpha = 0,08$ rad.

La sorgente ha una superficie di 39 cm².

Pertanto $\omega = 0,0039$ sr.

E quindi $\omega_b = 0,01$ sr e $\omega_r = 0,0039$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotonica è stata misurata ed è di 366 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 250 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi 250/0,0039 = 64 000 cd m⁻².

Occorre un'ulteriore valutazione del rischio per la retina.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 2 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_B = 149 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_R = 1 962 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_B = 149 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 15 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_R = 1962 \text{ mW m}^{-2} / 0,0039 \text{ sr} = 503 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a		
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b		
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 2 \text{ mW m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d		
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 15 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato
Limite g		
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 503 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato

D.1.10. Ammazza-insetti elettronico



Gli ammazza-insetti elettronici utilizzano spesso lampade al mercurio a bassa pressione, che emettono nelle parti UVA e blu dello spettro, per attirare gli insetti volanti su una griglia ad alta tensione. Questo esempio consuma 25 W e ha due lampade incorporate, ciascuna da 26 x 1 cm, installate a 10 cm di distanza sul piano orizzontale.

Scelta dei limiti di esposizione

Gli ammazza-insetti elettronici devono essere conformi alla norma EN 60335-2-59, che specifica che l'irradianza UVR_{eff} a 1 m deve essere $\leq 1 \text{ mW m}^{-2}$. Di conseguenza, non occorre considerare il limite **a**. Si applica sempre il limite **b**. Poiché questa non è una sorgente di luce bianca, non è appropriato usare la luminanza come misura di controllo. Tuttavia, gli ammazza-insetti elettronici producono scarsi stimoli visivi e quindi non occorre considerare i rischi per la retina.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 100 cm dall'ammazza-insetti elettronico.

Poiché questo è montato a parete, la misurazione sarà effettuata all'incirca all'altezza della testa. Il rilevatore sarà quindi rivolto in alto verso l'ammazza-insetti elettronico con un angolo di circa 30° rispetto alla linea orizzontale. Visto che le lampade nell'ammazza-insetti elettronico sono di sezione circolare, è comunque possibile ipotizzare che siano guardate con un angolo di 90° rispetto alle loro superfici.

Ogni lampada ha una dimensione media di 13,5 cm.

Pertanto $\alpha = 0,135 \text{ rad}$.

Ogni lampada ha una superficie apparente di 26 cm^2 .

Pertanto $\omega = 0,0026 \text{ sr}$.

E quindi $\omega_b = 0,01 \text{ sr}$ e $\omega_r = 0,0026 \text{ sr}$.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{eff} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{UVA} = 34 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu),
 $E_b = 17 \text{ mW m}^{-2} = 8,5 \text{ mW m}^{-2}$ per lampada.

Irradianza effettiva (lesione termica),
 $E_r = 172 \text{ mW m}^{-2} = 86 \text{ mW m}^{-2}$ per lampada.

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_b = 8,5 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 0,85 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_r = 86 \text{ mW m}^{-2} / 0,0026 \text{ sr} = 33 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a			
Il limite di esposizione è $H_{eff} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{eff} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b			
Il limite di esposizione è $H_{UVA} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{UVA} = 34 \text{ mW m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d			
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 0,85 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato
Limite g			
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 33 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato

D.1.11. Proiettore montato a soffitto



Un proiettore montato a soffitto ha incorporata una lampada alogena al tungsteno da 50 W in una plafoniera chiusa con un proiettore dicroico e una copertura frontale di vetro. La plafoniera chiusa ha un diametro di 4 cm. Quando è acceso, la sorgente appare omogenea.

Scelta dei limiti di esposizione

Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili (le lampade alogene al tungsteno producono alcune radiazioni ultraviolette, ma questo esempio ha una copertura frontale che riduce le emissioni). Si applicano i limiti **d** e **g**.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 100 cm dalla lampada, con lo sguardo diretto verso di essa.

La sorgente ha una dimensione media di 4 cm.

Pertanto $\alpha = 0,04$ rad.

La sorgente ha una superficie di 13 cm².

Pertanto $\omega = 0,001$ sr.

E quindi $\omega_B = 0,01$ sr e $\omega_R = 0,001$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotonica è stata misurata ed è di 484 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 331 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi 331/0,001 = 331 000 cd m⁻².

Occorre un'ulteriore valutazione del rischio per la retina.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 12 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_B = 129 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_R = 2998 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_B = 129 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 12,9 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_R = 2998 \text{ mW m}^{-2} / 0,001 \text{ sr} = 2998 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a			
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b			
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 12 \text{ mW m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d			
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 12,9 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato
Limite g			
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 2998 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato

D.1.12. Luce da tavolo



Una luce da tavolo ha incorporata una lampada standard al tungsteno in una plafoniera con apertura frontale. La plafoniera ha un diametro di 17 cm. La lampada da 60 W che emette una luce diffusa ha un diametro di 5,5 cm. La sorgente non è omogenea, in quanto la lampada è un emettitore più forte del proiettore.

La sorgente ha una superficie di 24 cm².
Pertanto $\omega = 0,0096$ sr.
E quindi $\omega_B = 0,01$ sr e $\omega_R = 0,0096$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotonica è stata misurata ed è di 522 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 357 lux.
La luminanza di questa sorgente è quindi $357/0,006 = 37\,188$ cd m⁻².
Occorre un'ulteriore valutazione del rischio per la retina.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 50 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 18 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_B = 92 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_R = 4\,815 \text{ mW m}^{-2}$

Scelta dei limiti di esposizione

Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili (i filamenti di tungsteno producono alcune emissioni ultraviolette, ma l'involucro di vetro agisce da filtro). Si applicano i limiti **d** e **g**.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 50 cm dalla lampada, con lo sguardo diretto verso di essa.

La sorgente ha una dimensione media di 5,5 cm.
Pertanto $\alpha = 0,11$ rad.

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_B = 92 \text{ mW m}^{-2} / 0,1 \text{ sr} = 0,92 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_R = 4815 \text{ mW m}^{-2} / 0,0096 \text{ sr} = 501 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a			
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 50 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b			
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 18 \text{ mW m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d			
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 0,92 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato
Limite g			
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 501 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato

D.1.13. Luce da tavolo «a spettro solare»



Una luce da tavolo ha incorporata una lampada al tungsteno da 60 W in una plafoniera con apertura frontale. La lampada è colorata per simulare le proprietà cromatiche della luce naturale, ma non emette luce diffusa. La plafoniera ha un diametro di 14 cm. La sorgente non è omogenea. Quando la

lampada è accesa, il suo filamento si nota chiaramente. È difficile descrivere le dimensioni del filamento, ma la sua lunghezza è 3 cm circa e il suo diametro 0,5 mm.

Scelta dei limiti di esposizione

Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili (i filamenti di tungsteno producono alcune emissioni ultraviolette, ma l'involucro di vetro agisce da filtro). Si applicano i limiti **d** e **g**.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 50 cm dalla lampada, con lo sguardo diretto verso di essa.

Il filamento ha una dimensione media di 1,5 cm. Pertanto $\alpha = 0,03$ rad.

Il filamento ha una superficie di 0,15 cm².

Pertanto $\omega = 0,00006$ sr.

E quindi $\omega_B = 0,01$ sr e $\omega_R = 0,0001$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotopica è stata misurata ed è di 559 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 383 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi $382/0,00006 = 6\,000\,000$ cd m⁻².

Occorre un'ulteriore valutazione del rischio per la retina.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 26 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_B = 138 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_R = 5172 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_B = 138 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 14 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_R = 5\,172 \text{ mW m}^{-2} / 0,0001 \text{ sr} = 52 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a		
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b		
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 26 \text{ mW m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d		
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 14 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato
Limite g		
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 52 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato

D.1.14. Fotocopiatrice



Una fotocopiatrice ha incorporata una sorgente luminosa per scansione sotto forma di due strisce illuminate. Le strisce sono lunghe 21 cm e sono installate a 1,5 cm di distanza. Sono visibili sulla sinistra del vetro di copertura della fotocopiatrice nella figura a destra. Ogni striscia illuminata ha un diametro di circa 3 mm.

Scelta dei limiti di esposizione

Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili (il vetro di copertura dovrebbe ridurre le emissioni ultraviolette). Si applicano i limiti **d** e **g**.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 30 cm dal vetro di copertura. La distanza tra il vetro di copertura e la sorgente di radiazioni ottiche è trascurabile. Le misurazioni saranno effettuate con lo sguardo rivolto direttamente alla sorgente: questa è un'ipotesi pessimistica, in quanto l'esposizione umana sarà molto probabilmente d'angolo.

Ogni sorgente ha una dimensione media di 10,7 cm.

Pertanto $\alpha = 0,36$ rad.

Ogni sorgente ha una superficie di 6,3 cm².

Pertanto $\omega = 0,007$ sr.

E quindi $\omega_b = 0,01$ sr e $\omega_r = 0,007$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotopica è stata misurata ed è pari a 197 mW m⁻² per il totale delle 2 strisce: poiché ogni striscia è una sorgente visiva separata, ciascuna contribuisce al totale con 98,5 mW m⁻². Si ha pertanto un'illuminanza di 67 lux per lampada.

La luminanza di questa sorgente è quindi 67/0,007 = 9 643 cd m⁻².

Non è necessaria nessuna ulteriore valutazione.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 22 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu),
 $E_b = 124 \text{ mW m}^{-2} = 62 \text{ mW m}^{-2}$ per striscia.

Irradianza effettiva (lesione termica),
 $E_r = 1606 \text{ mW m}^{-2} = 803 \text{ mW m}^{-2}$ per striscia.

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_b = 62 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 6,2 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_r = 803 \text{ mW m}^{-2} / 0,007 \text{ sr} = 115 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a			
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b			
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 22 \text{ mW m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d			
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 6,2 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato
Limite g			
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 115 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato

D.1.15. Proiettore di dati digitali da tavolo



Un proiettore di dati da 150 W ha una lente di proiezione frontale con un diametro di 4,7 cm.

Vedere anche l'esempio D.1.16.

Il proiettore crea le immagini combinando tre colori. Il caso peggiore si ha in presenza di tutti i colori, con la proiezione di un'immagine bianca. È possibile usare un software di grafica per creare un'immagine bianca vuota. I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 200 cm dal proiettore, mettendo a fuoco quest'ultimo in modo da produrre la più piccola immagine nitida possibile a tale distanza. La lente del proiettore ha un diametro apparente di 4,7 cm, ma durante l'utilizzo non sembra essere illuminata in modo omogeneo. L'area illuminata principale ha un diametro di circa 3 cm.

Scelta dei limiti di esposizione

Questo tipo di sorgente non emette quantità misurabili di radiazioni ultraviolette o infrarosse e gli eventuali rischi derivano quindi dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili. Si applicano i limiti di esposizione **d** e **g**.

Fattori geometrici

I tre colori primari sono combinati per produrre immagini a colori. Il caso peggiore si ha in presenza di tutti e tre i colori

primari, con la formazione di un'immagine bianca. I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 200 cm dalla lampada, con lo sguardo diretto verso di essa.

La sorgente ha una dimensione media di 3 cm.

Pertanto $\alpha = 0,02$ rad.

La sorgente ha una superficie di 7 cm².

Pertanto $\omega = 0,0001$ sr.

E quindi $\omega_b = 0,01$ sr e $\omega_r = 0,0001$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotopica è stata misurata ed è di 2 984 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 2 038 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi 2 038/0,0001 = 20 000 000 cd m⁻².

Occorre un'ulteriore valutazione del rischio per la retina.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 1,0 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_B = 2 237 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_R = 24 988 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_B = 2237 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ msr} = 224 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_R = 24988 \text{ mW m}^{-2} / 0,0001 \text{ msr} = 250 \text{ kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a			
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b			
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 1 \text{ mW m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d			
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 224 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione è superato
<i>Pertanto, per calcolare un tempo MPE bisogna usare il limite c</i>			
Limite c			
Il limite di esposizione è $L_B < 10^6/t \text{ W m}^{-2}$	→	$t_{\text{max}} = 10^6/L_B$	→ Il tempo MPE per questa sorgente è di circa 70 minuti
<i>Tuttavia, è probabile che per via dell'intensa luminosità di questa sorgente ogni episodio di esposizione sia limitato a circa 0,25 secondi</i>			
Limite g			
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 250 \text{ kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato

D.1.16. Proiettore di dati digitali portatile



Un proiettore di dati da 180 W ha una lente di proiezione frontale con un diametro di 3,5 cm. Vedere anche l'esempio D.1.15.

Il proiettore crea le immagini combinando tre colori. Il caso peggiore si ha in presenza di tutti i colori, con la proiezione di un'immagine bianca. È possibile usare un software di grafica per creare un'immagine bianca vuota. I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 200 cm dal proiettore, mettendo a fuoco quest'ultimo in modo da produrre la più piccola immagine nitida possibile a tale distanza. La lente del proiettore ha un diametro di 3,5 cm e appare omogenea durante l'utilizzo.

Scelta dei limiti di esposizione

Questo tipo di sorgente non emette quantità misurabili di radiazioni ultraviolette o infrarosse e gli eventuali rischi derivano quindi dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili. Si applicano i limiti di esposizione **d** e **g**.

Fattori geometrici

I tre colori primari sono combinati per produrre immagini a colori. Il caso peggiore si ha in presenza di tutti e tre

i colori primari, con la formazione di un'immagine bianca. I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 200 cm dalla lampada, con lo sguardo diretto verso di essa.

La sorgente ha una dimensione media di 3,5 cm.

Pertanto $\alpha = 0,02$ rad.

La sorgente ha una superficie di 9,6 cm².

Pertanto $\omega = 0,0002$ sr.

E quindi $\omega_B = 0,01$ sr e $\omega_R = 0,0002$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotopica è stata misurata ed è di 681 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 465 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi 465/0,0002 = 2 325 000 cd m⁻².

Occorre un'ulteriore valutazione del rischio per la retina.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = > 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 0,5 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_B = 440 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_R = 5 333 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),

$$L_B = 440 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ msr} = 44 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}.$$

Radianza effettiva (lesione termica),

$$L_R = 5333 \text{ mW m}^{-2} / 0,0002 \text{ msr} = 27 \text{ kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}.$$

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a			
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b			
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 1 \text{ mW m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d			
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 44 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato
Limite g			
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 27 \text{ kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato

D.1.17. Lavagna interattiva digitale



Una lavagna interattiva digitale montata a parete misura 113 x 65 cm.

Scelta dei limiti di esposizione

Questo tipo di sorgente non emette quantità misurabili di radiazioni ultraviolette o infrarosse e gli eventuali rischi derivano quindi dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili. Si applica solo il limite **d**.

Fattori geometrici

La lavagna interattiva combina tre colori primari per produrre immagini a colori. Il caso peggiore si ha in presenza di tutti e tre i colori primari, con la formazione di un'immagine bianca. I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 200 cm dalla sorgente, con lo sguardo diretto verso di essa.

La sorgente ha una dimensione media di 89 cm.

Pertanto $\alpha = 0,45$ rad.

La sorgente ha una superficie di 7345 cm².

Pertanto $\omega = 0,18$ sr.

E quindi $\omega_b = 0,18$ sr e $\omega_r = 0,18$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotopica è stata misurata ed è di 11 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 8 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi $8/0,18 = 44$ cd m⁻².

Non è necessaria nessuna ulteriore valutazione.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 250 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_b = 10 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_r = 112 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_b = 10 \text{ mW m}^{-2} / 0,18 \text{ sr} = 56 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_r = 112 \text{ mW m}^{-2} / 0,18 \text{ sr} = 0,6 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a		
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b		
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 250 \mu\text{W m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d		
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 56 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato
Limite g		
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 0,6 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato

D.1.18. Lampada fluorescente compatta incassata, montata a soffitto



Una coppia di lampade fluorescenti compatte 2 cm x 13 cm da 26 W è montata in una plafoniera con apertura frontale incassata nel soffitto. La plafoniera ha un proiettore posteriore

incorporato e ha un diametro di 17 cm. Il proiettore è di qualità elevata e la sorgente appare quasi omogenea. La valutazione sarà effettuata ipotizzando che non sia omogenea, adottando un approccio di carattere prudenziale.

Scelta dei limiti di esposizione

Questo tipo di lampada non emette quantità significative di radiazioni infrarosse. Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili o ultraviolette. Si applicano i limiti **a**, **b** e **d**.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 100 cm dalla lampada, con lo sguardo diretto verso di essa.

Ogni lampada ha una dimensione media di 7,5 cm.

Pertanto $\alpha = 0,075$ rad.

Ogni lampada ha una superficie di 26 cm².

Pertanto $\omega = 0,0026$ sr.

E quindi $\omega_B = 0,01$ sr e $\omega_R = 0,0026$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotopica è stata misurata ed è pari a 1 558 mW m⁻² per il totale delle 2 lampade: poiché ogni lampada è una sorgente visiva separata, ciascuna contribuisce al totale con 779 mW m⁻². Si ha pertanto un'illuminanza di 532 lux per lampada.

La luminanza di ogni lampada è quindi $532/0,0026 = 204\,615$ cd m⁻².

Occorre un'ulteriore valutazione del rischio per la retina. Bisogna valutare anche gli UVR.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 40$ $\mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 55$ mW m⁻²

Irradianza effettiva (luce blu),
 $E_B = 321$ mW m⁻² = 161 mW m⁻² per lampada.

Irradianza effettiva (lesione termica),
 $E_R = 5580$ mW m⁻² = 2 790 mW m⁻² per lampada.

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_B = 161$ mW m⁻² / 0,01 sr = 16 W m⁻² sr⁻¹.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_R = 2\,790$ mW m⁻² / 0,0026 sr = 1 073 W m⁻² sr⁻¹.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a		
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30$ J m ⁻²	→	$E_{\text{eff}} = 40$ $\mu\text{W m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b		
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4$ J m ⁻²	→	$E_{\text{UVA}} = 55$ mW m ⁻² → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d		
Il limite di esposizione è 100 W m ⁻² sr ⁻¹	→	$L_B = 16$ W m ⁻² sr ⁻¹ → Il limite di esposizione non è superato
Limite g		
Il limite di esposizione è 280 kW m ⁻² sr ⁻¹	→	$L_R = 1\,073$ W m ⁻² sr ⁻¹ → Il limite di esposizione non è superato

D.1.19. LED indicatore

I LED verdi sono usati come indicatori sulla tastiera di un computer. Ogni LED è una sorgente separata che misura 1 x 4 mm.



Scelta dei limiti di esposizione

I LED emettono soltanto in una fascia ristretta di lunghezze d'onda: essendo questa verde, non vi saranno emissioni nella fascia delle radiazioni ultraviolette o infrarosse. Si applica solo il limite **d**.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 5mm dal LED, con lo sguardo diretto verso di esso.

La plafoniera ha una dimensione media di 2,5 mm.
Pertanto $\alpha = 0,5$ rad.

La plafoniera ha una superficie di 4 mm².

Pertanto $\omega = 0,16$ sr.

E quindi $\omega_B = 0,16$ sr e $\omega_R = 0,16$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotopica è stata misurata ed è di 30 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 20 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi $20/0,16 = 125$ cd m⁻².

Non è necessaria nessuna ulteriore valutazione.

Dati richiesti

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_B = 190 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_R = 35 \text{mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_B = 190 \mu\text{W m}^{-2} / 0,16 \text{sr} = 1,2 \text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica), $L_R = 35 \text{mW m}^{-2} / 0,16 \text{sr} = 0,22 \text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a		
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b		
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d		
Il limite di esposizione è $100 \text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 1,2 \text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato
Limite g		
Il limite di esposizione è $280 \text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 0,22 \text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato

D.1.20. PDA

Un assistente digitale personale (PDA) ha uno schermo che misura 5 cm x 3,5 cm.



Scelta dei limiti di esposizione

Gli schermi dei PDA non emettono quantità significative di radiazioni ultraviolette o infrarosse. Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili. Si applica il limite **d**.

Fattori geometrici

Lo schermo combina tre colori primari per produrre immagini a colori. Il caso peggiore si ha in presenza di tutti e tre i colori primari, con la formazione di un'immagine bianca. I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 2 cm da uno schermo il più bianco possibile, con lo sguardo diretto verso di esso.

La sorgente ha una dimensione media di 4,25 cm.

Pertanto $\alpha = 2,1$ rad.

La sorgente ha una superficie di 17,5 cm².

Pertanto $\omega = 4,4$ sr.

E quindi $\omega_B = 4,4$ sr e $\omega_R = 4,4$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotonica è stata misurata ed è di 47 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 32 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi $32/4,4 = 7,3$ cd m⁻².

Non è necessaria nessuna ulteriore valutazione.

Dati richiesti

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_B = 27 \text{mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_R = 330 \text{mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_B = 27 \text{mW m}^{-2} / 4,4 \text{sr} = 6 \text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$.

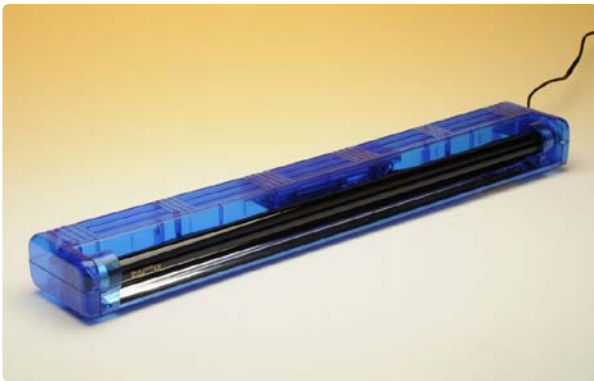
Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_R = 330 \text{mW m}^{-2} / 4,4 \text{sr} = 75 \text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a			
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b			
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d			
Il limite di esposizione è $100 \text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 6 \text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato
Limite g			
Il limite di esposizione è $280 \text{kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 75 \text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato

D.1.21. Lampada a luce nera UVA

Le lampade a luce nera UVA sono spesso lampade al mercurio a bassa pressione, che emettono nella fascia UVA con emissioni visibili molto ridotte. Sono usate per indurre fluorescenza per tutta una serie di scopi (test non distruttivi, anti-contraffazione, marcatura di proprietà, effetti d'intrattenimento). Questo esempio riguarda una lampada 55 x 2,5 cm da 20 W. La lampada è installata su una base aperta (senza copertura di vetro/plastica sopra la lampada).



Scelta dei limiti di esposizione

Questa sorgente è simile a una lampada fluorescente, con la differenza che le emissioni visibili sono soppresse a favore degli UVA. Di conseguenza, non occorre considerare i rischi per la retina e si applicano i limiti **a** e **b**. La

valutazione della luminanza non è appropriata, in quanto non si tratta di una sorgente di luce bianca.

Fattori geometrici

I dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 50 cm dalla lampada.

La lampada ha una dimensione media di 29 cm.

Pertanto $\alpha = 0,575$ rad.

Ogni lampada ha una superficie apparente di 138 cm^2 .

Pertanto $\omega = 0,055$ sr.

E quindi $\omega_b = 0,055$ sr e $\omega_r = 0,055$ sr.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 176 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_b = 3 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_r = 14 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),
 $L_b = 3 \text{ mW m}^{-2} / 0,055 \text{ sr} = 55 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),
 $L_r = 14 \text{ mW m}^{-2} / 0,055 \text{ sr} = 255 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a		
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b		
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 176 \text{ mW m}^{-2}$ → Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d		
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 55 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato
Limite g		
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 255 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Il limite di esposizione non è superato

D.1.22. Lampione con incorporata una lampada ad alogenuro metallico



Un lampione ha incorporata una lampada ad alogenuro metallico da 150 W, installata in un alloggiamento circondato da lamelle di metallo argentato. Le lamelle sono orientate verso il basso e distano 2,5 cm le une dalle altre. La lampada

misura circa 1 x 2 cm ed è installata all'interno di un involucro secondario da 8 x 5 cm. L'intera plafoniera è inoltre racchiusa in un alloggiamento cilindrico di plastica resistente alle intemperie. La sorgente non è omogenea e la regione più luminosa è il bulbo interno della lampada. È possibile vedere la lampada direttamente, guardando verso l'alto tra le lamelle con un'angolazione appropriata.

Scelta dei limiti di esposizione

Gli eventuali rischi derivano dall'esposizione alle lunghezze d'onda visibili o eventualmente ultraviolette. Le lampade ad alogenuro metallico producono una gran quantità di radiazioni ultraviolette: in questo esempio, le emissioni sono ridotte da un involucro esterno e dalla copertura della plafoniera, ma le radiazioni UVA possono comunque essere emesse in quantità preoccupanti. Si applicano i limiti **b**, **d** e **g**.

Fattori geometrici

Poiché l'alloggiamento della lampada è concepito per l'utilizzo in cima a un lampione, lo scenario peggiore di

esposizione (vale a dire guardare direttamente attraverso le lamelle) è possibile soltanto a distanze nell'ordine di 7 m. Tuttavia, i dati sull'irradianza spettrale saranno misurati a una distanza di 100 cm dalla lampada, guardando verso l'alto attraverso le lamelle.

L'arco ha una dimensione media di 1,5 cm.

Pertanto $\alpha = 0,015$ rad.

La sorgente ha una superficie di 2 cm².

Pertanto $\omega = 0,0002$ sr.

E quindi $\omega_b = 0,01$ sr e $\omega_r = 0,0002$ sr.

Valutazione preliminare

L'irradianza effettiva fotonica è stata misurata ed è di 327 mW m⁻², pari a un'illuminanza di 223 lux.

La luminanza di questa sorgente è quindi $223/0,0002 = 1\,115\,000$ cd m⁻².

Occorre un'ulteriore valutazione del rischio per la retina e rimane da valutare il rischio potenziale da UVR.

Dati radiometrici

I valori misurati dell'irradianza effettiva sono:

Irradianza effettiva $E_{\text{eff}} = 7 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradianza UVA, $E_{\text{UVA}} = 29 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (luce blu), $E_b = 86 \text{ mW m}^{-2}$

Irradianza effettiva (lesione termica), $E_r = 1\,323 \text{ mW m}^{-2}$

Ipotesi semplificative

Radianza effettiva (luce blu),

$L_b = 86 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 8,6 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Radianza effettiva (lesione termica),

$L_r = 1\,323 \text{ mW m}^{-2} / 0,0002 \text{ sr} = 6,7 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

Confronto con i limiti di esposizione

Limite a			
Il limite di esposizione è $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 7 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite b			
Il limite di esposizione è $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 29 \text{ mW m}^{-2}$	→ Il tempo MPE è > 8 ore
Limite d			
Il limite di esposizione è $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 8,6 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato
Limite g			
Il limite di esposizione è $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 6,7 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Il limite di esposizione non è superato

D.1.23. Riepilogo dei dati ottenuti dagli esempi

I dati presentati nei 18 esempi sopra illustrati possono essere confrontati con i limiti di esposizione, dividendo

la radianza effettiva o l'esposizione radiante di 8 ore per il limite di esposizione appropriato. Questi valori sono mostrati di seguito: i valori < 1 % dei limiti di esposizione non vengono ulteriormente elaborati, mentre i valori > 1 sono riportati in rosso.

Sorgente	Distanza	Valore di rischio (rapporto emissione / limite di esposizione)				
		Luminanza	UVR effettivi (limite a)	UVA (limite b)	Rischio da luce blu (limite d)	Rischio termico per la retina (limite g)
Lampada fluorescente per ambienti (dietro il diffusore)	100 cm	0,15	< 0,01	0,05	0,01	< 0,01
Lampada fluorescente per ambienti (senza diffusore)	100 cm	3,7	0,58	0,35	0,19	< 0,01
Quattro lampade fluorescenti per ambienti (senza diffusore)	100 cm	2,8	1,0	0,33	0,13	< 0,01
Schermo con tubo a raggi catodici	10 cm	< 0,01	0,12	0,02	< 0,01	< 0,1
Schermo per portatile	10 cm	< 0,01	0,07	0,01	< 0,01	< 0,01
Proiettore ad alogenuro metallico	100 cm	15000	0,1	2,6	2,3	1,08
Proiettore fluorescente compatto	100 cm	6,4	0,01	< 0,01	0,15	< 0,01
Ammazza-insetti	100 cm	n/d	0,01	0,10	< 0,01	< 0,1
Proiettore alogeno al tungsteno	100 cm	33,1	0,03	0,04	0,13	0,01
Luce da lavoro	50 cm	3,7	0,05	0,05	< 0,01	< 0,01
Luce da lavoro (spettro solare)	50 cm	600	0,11	0,08	0,14	0,19
Fotocopiatrice	30 cm	0,96	0,01	0,06	0,06	< 0,01
Proiettore da tavolo	200 cm	2000	0,03	< 0,01	2,2	0,89
Proiettore portatile	200 cm	233	< 0,01	< 0,01	0,44	0,10
Lavagna interattiva	200 cm	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Lampade fluorescenti compatte per ambienti	100 cm	20	0,04	0,16	0,16	< 0,01
LED indicatore	0,5 cm	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PDA	2 cm	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Lampada a luce nera UVA	50 cm	n/d	0,03	0,51	< 0,01	< 0,01
Lampione	100 cm	112	< 0,01	0,08	0,09	0,02

La tabella mostra che, in tutti gli esempi in cui la luminanza della sorgente è < 10⁴ cd m⁻², nessuno dei limiti di esposizione della retina (**d** e **g**) viene superato. Anche laddove la luminanza della sorgente è superiore a 10⁴ cd m⁻², la maggior parte delle sorgenti non viene presentata come rischiosa per la retina.

Delle sorgenti qui esaminate, soltanto il proiettore ad alogenuro metallico e il proiettore da tavolo comportano un probabile superamento dei limiti di esposizione. Nella maggior parte dei casi, si tratta di limiti di esposizione fissati per proteggere la retina: calcoli successivi (vedere i singoli esempi) suggeriscono che è improbabile che i limiti di esposizione siano effettivamente superati, viste le reazioni di avversione e le condizioni eccessivamente prudenziali della valutazione originaria. Ciò non significa

però che queste sorgenti non debbano essere trattate con cautela, in quanto è possibile che il meccanismo delle reazioni di avversione non funzioni, per esempio se una sorgente si trova nel campo visivo periferico, determinando così il superamento dei limiti di esposizione.

In questa sede sono stati esaminati due apparecchi di illuminazione a soffitto con apertura frontale e lampade fluorescenti, molto simili fra loro. È opportuno rilevare che, a livelli di illuminazione attorno a 100-200 lux, solo uno dei due apparecchi di illuminazione si è avvicinato al limite UVR effettivo. Questa differenza è dovuta al fatto che le lampade fluorescenti sono di fabbricanti diversi e dimostra che lampade apparentemente simili possono avere livelli molto diversi di emissioni involontarie.

Livelli diversi di emissioni da sorgenti simili risultano anche dal confronto tra i due proiettori di dati esaminati. Pur essendo meno potente, il proiettore da tavolo appare (secondo le ipotesi formulate in relazione all'area della sorgente) più pericoloso del proiettore portatile.

D.2. Spettacolo laser



I laser trovano impiego nel settore dell'intrattenimento con musica registrata e dal vivo sin dagli anni settanta. La preoccupazione principale riguarda l'esposizione del pubblico alle radiazioni laser oltre i valori limite di esposizione. La direttiva si concentra però soltanto sull'esposizione dei lavoratori. Questo esempio considera l'allestimento o lo svolgimento di uno spettacolo laser in occasione di uno specifico evento. I principi devono però essere applicabili a qualsiasi spettacolo laser.

D.2.1. Pericoli e soggetti a rischio

L'unico pericolo qui considerato è il fascio laser, ma vi sono anche altri pericoli che possono comportare un rischio maggiore di lesione o addirittura di morte.

Molti spettacoli laser utilizzano laser di classe 4, la cui potenza radiante supera i 500 mW. Ipotizzando un'unica esposizione oculare accidentale al fascio laser, il valore limite di esposizione (ELV) può essere determinato sulla base della tabella 2.2 dell'allegato II alla direttiva.

Il valore limite di esposizione è $18 t^{0.75} \text{ J m}^{-2}$ per lunghezze d'onda tra 400 e 700 nm. Sostituendo $t = 0,25 \text{ s}$, il valore limite di esposizione diventa $6,36 \text{ J m}^{-2}$. Poiché è probabile che il fascio laser sia emesso come fascio continuo, è utile convertire questa esposizione radiante in irradianza, dividendo per la durata dell'esposizione (0,25 s). Si ottiene così un valore limite di esposizione, in termini di irradianza, pari a $25,4 \text{ W m}^{-2}$.

L'apertura limite per l'esposizione oculare ai fasci laser visibili è 7 mm. Si può quindi determinare la potenza

massima ammissibile in questa apertura di 7 mm per evitare il superamento del valore limite di esposizione. Il calcolo viene effettuato moltiplicando il valore limite di esposizione per la superficie dell'apertura di 7 mm. Si suppone che l'apertura sia circolare e che la superficie sia quindi pari a $3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$. Moltiplicando $25,4 \text{ W m}^{-2}$ per $3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ si ottiene circa 0,001 W, o 1 mW.



Il valore limite di esposizione sarà superato di un fattore di almeno 500, ossia del numero di mW al di sopra di 1 mW, se il fascio laser ha un diametro di 7 mm o inferiore.

Questa valutazione mostra che il fascio non deve essere orientato verso gli occhi dei lavoratori, a meno che la sua divergenza non sia tale da ridurre l'irradianza a un valore inferiore a $25,4 \text{ W m}^{-2}$.

Segue una proposta di elenco dei lavoratori che potrebbero essere a rischio in varie fasi del ciclo vitale dell'installazione laser. Sono state considerate soltanto le fasi del ciclo vitale durante le quali avviene l'emissione del fascio laser.

Allineamento del fascio	
	Tecnico installatore di laser
	Operatore laser
	Altri tecnici installatori
	Personale addetto alla sicurezza
	Personale addetto all'evento
Spettacolo laser	
	Operatore laser
	Tecnici del suono e delle luci
	Artisti
	Personale addetto alla sicurezza
	Personale addetto all'evento
	Addetti alle vendite

Gli spettacoli laser raramente utilizzano fasci laser statici. I pattern di scansione sono generati muovendo il fascio laser, generalmente con specchi montati ortogonalmente su un galvanometro comandato da PC. Tuttavia, molti pattern di scansione richiedono la scansione ripetuta dello stesso punto, di modo che l'occhio di una persona possa ricevere una scarica di impulsi laser quando il pattern passa sopra il volto.

Se si utilizza un laser a impulsi, la valutazione deve considerare se il valore limite di esposizione può essere superato con un'esposizione a un singolo impulso di radiazioni laser in punti accessibili, come pure a una serie di impulsi.

D.2.2. Valutare e attribuire un ordine di priorità ai rischi

La valutazione dell'esposizione potenziale rispetto al valore limite di esposizione dimostra che tale valore limite di esposizione sarà probabilmente superato. Per un laser da 500 mW è inoltre possibile determinare il tempo necessario perché una misura di controllo diventi efficace. La norma CEI TR 60825-3 suggerisce di prendere in considerazione l'intervallo di tempo che intercorre tra il verificarsi di una condizione di errore e il momento in cui una misura di controllo acquista efficacia.

Ipotizzando che il fascio contenga 500 mW, l'irradianza sarà $0,5 \text{ W}/3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$, oppure circa $13\,000 \text{ W m}^{-2}$. Poiché gli ELV sono espressi in termini di esposizione radiante (J m^{-2}) per durate di esposizione inferiori a 10 s, l'irradianza può essere convertita in esposizione radiante moltiplicando per la durata dell'esposizione: $13\,000 \times t \text{ J m}^{-2}$.

Il valore di t è determinato risolvendo ognuno dei valori limite di esposizione come funzione temporale fino a quando t non rientrerà nell'ambito di validità per il valore limite di esposizione. Questo viene determinato come $3,8 \times 10^{-7} \text{ s}$ usando il valore limite di esposizione di $5 \times 10^{-3} \text{ J m}^{-2}$ nell'arco temporale da 10^{-9} a $1,8 \times 10^{-5} \text{ s}$.



Per un laser da 500 mW CW, qualsiasi misura di controllo volta a garantire che il valore limite di esposizione oculare non sia superato dovrà essere efficace entro $0,38 \mu\text{s}$.

Questa conclusione suggerisce che è assolutamente prioritario evitare le esposizioni al fascio laser.

D.2.3. Decidere le azioni preventive e intervenire con azioni concrete

Poiché il fascio laser comporta un rischio elevato di lesione, è importante ridurre al minimo il rischio di esposizione oculare. Per produrre gli effetti di intrattenimento desiderati, il fascio laser deve però essere visibile nel volume d'aria oppure come riflesso prodotto da uno schermo. Per gestire il rischio, bisogna pertanto assicurarsi che i lavoratori non si trovino nel percorso del fascio. Di seguito vengono suggerite alcune modalità per la gestione del rischio.

Gli operatori laser e il personale ausiliario devono essere adeguatamente formati

Durante l'allineamento deve essere presente il numero minimo di persone

Tutti i fasci devono essere diretti verso aree non occupate

I laser e le attrezzature ausiliarie, compresi gli specchi riflettenti, devono essere adeguatamente montati e fissati per evitare qualsiasi movimento inappropriato per tutta la durata dello spettacolo

I percorsi dei fasci devono essere bloccati tramite soppressione fisica per evitare che raggiungano le aree occupate. La soppressione software deve essere usata soltanto se certificata per le norme appropriate in materia di sicurezza

Gli operatori devono trovarsi in una posizione tale da monitorare tutti i percorsi dei fasci e poter interrompere le emissioni se necessario

Quando si opera in ambienti esterni, occorre prestare attenzione alla sicurezza del traffico aereo. È possibile che trovino applicazione requisiti di carattere nazionale

D.2.4. Controllo e riesame

Gli addetti devono monitorare costantemente i percorsi laser durante l'allineamento e lo spettacolo ed essere pronti ad adottare per tempo le misure correttive necessarie. Se il laser è un'installazione permanente, sarà necessario rivedere la valutazione a cadenza periodica e, probabilmente, predisporre delle liste di controllo da utilizzare prima dello spettacolo.

D.2.5. Conclusioni

Organizzare lo spettacolo in modo da garantire che nessun lavoratore sia esposto al fascio laser rende superflua qualsiasi valutazione dettagliata, nonché solitamente lunga e complessa, rispetto ai valori limite di esposizione. L'utilizzo combinato della formazione degli operatori e delle misure dirette di controllo dovrebbe garantire il rispetto dei valori limite di esposizione per i lavoratori.

D.3. Applicazioni cliniche delle radiazioni ottiche

Le sorgenti di radiazioni ottiche artificiali hanno varie possibilità d'impiego in ambito clinico. Alcune sorgenti, come quelle utilizzate nell'illuminazione per ambienti, nei dispositivi di visualizzazione (vedi foto), negli indicatori luminosi, in fotografia, nelle analisi di laboratorio e nelle luci dei veicoli, si trovano comunemente in altri ambienti e sono discusse in altri punti della presente guida. Per queste sorgenti, purché non siano state modificate e non vengano usate in un modo fondamentalmente diverso, non c'è motivo per cui le esposizioni debbano essere sostanzialmente diverse da quelle che si verificano in altri ambienti più generici.



Utilizzo degli schermi di visualizzazione in radiografia.

Vi è però tutta una serie di sorgenti speciali sviluppate appositamente per le applicazioni cliniche. Queste includono:

Illuminazione da lavoro	Sorgenti terapeutiche
Luci per sala operatoria	Sorgenti per fototerapia ultravioletta
Luci per sala parto	Sorgenti per fototerapia a luce blu
Proiettori	Sorgenti per terapia fotodinamica
Negativoscopi	Laser per fisioterapia
Luci diagnostiche	Laser chirurgici
Transilluminatori fetali	Laser oftalmici
Lampade a fessura e altri strumenti oftalmici	Sorgenti luminose a impulsi intensi
Dispositivi diagnostici laser come gli scanner della retina	Sorgenti per prove speciali
Lampade di Wood	Simulatori solari

D.3.1. Illuminazione da lavoro

Le luci più potenti rientranti nella categoria dell'illuminazione da lavoro sono in genere le luci per sala operatoria. La tabella D.3.1 fornisce esempi di valutazione di una serie di luci da sala operatoria. Da qui si evince che una delle unità valutate potrebbe comportare un rischio da luce blu in caso di sguardo diretto sulla sorgente.



Esempi di luci da sala operatoria

Tabella D.3.1 — Valutazione dell'illuminazione da sala operatoria, ipotizzando uno sguardo diretto sulla sorgente (1)

Sorgente	Rischio da UV attinici	Rischio da UVA	Rischio da luce blu	Altri rischi da radiazioni ottiche
Hanalux 3210	Nessuno	Nessuno	Può essere superato in ~30 minuti in caso di sguardo diretto	Nessuno
Hanalux Oslo	Nessuno	Sotto il limite di esposizione per 8 ore di esposizione	Può essere superato in ~30 minuti in caso di sguardo diretto	Nessuno
Hanalux 3004	Nessuno	Nessuno	< 20 % del valore limite di esposizione (ELV)	Nessuno
Martin ML702HX	Nessuno	Nessuno	< 20 % dell'ELV	Nessuno
Martin ML502HX	Nessuno	Nessuno	< 20 % dell'ELV	Nessuno
Martin ML 1001	Nessuno	Nessuno	< 20 % dell'ELV	Nessuno

(1) Dati di valutazione per gentile concessione del Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, London.

Va ricordato che le luci sono utilizzate per fornire illuminazione dall'alto e che è pertanto improbabile che qualcuno possa guardare direttamente la sorgente da distanza ravvicinata. Inoltre, le luci sono luminose e guardarle direttamente per periodi prolungati sarebbe senz'altro fastidioso. Di conseguenza, nella vita pratica le esposizioni saranno di gran lunga inferiori a quelle valutate nella tabella D.3.1 e difficilmente saranno pericolose.

Altre forme di illuminazione da lavoro specifiche per il settore clinico includono i proiettori usati per fornire illuminazione locale durante gli esami e le luci da sala parto. Entrambi questi tipi di luci sollevano le stesse problematiche delle luci da sala operatoria in termini di probabili scenari di esposizione. In tutti e due i casi si tratta di sorgenti direzionali usate per fornire illuminazione locale ed è improbabile che chiunque rivolga uno sguardo fisso sulla sorgente per periodi significativi. In generale, sia i proiettori che le luci da sala parto tendono ad avere emissioni inferiori rispetto alle luci da sala operatoria e, proprio per questo, non si ritiene che costituiscano generalmente un pericolo.

Esempi di luci da sala parto



Gli ingranditori luminosi trovano ampio impiego nella prassi clinica e rappresentano sostanzialmente una sorgente di illuminazione localizzata in combinazione con una grande lente d'ingrandimento, come mostrato nell'immagine seguente.

Esempio di ingranditore luminoso, in questo caso un illuminatore Luxo Wave Plus



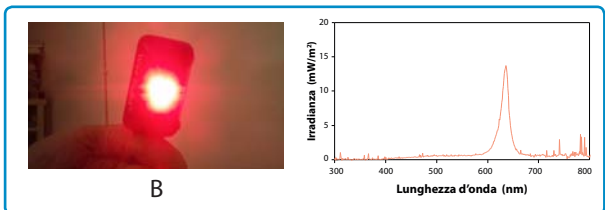
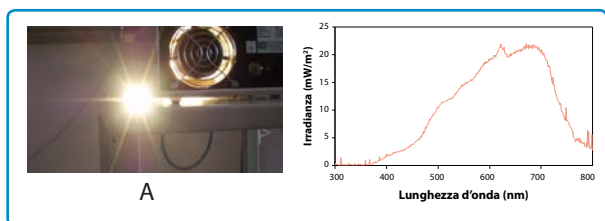
Una valutazione condotta dal Medical Physics Department del Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust ha indicato che

l'illuminatore Luxo Wave Plus produceva emissioni nella regione ultravioletta e visibile dello spettro. Tuttavia, l'esposizione continua a distanza ravvicinata non causava il superamento del valore limite di esposizione per gli UV attinici. Pur essendovi un livello significativo di emissioni di luce blu, queste non superavano l'1 % del valore limite di esposizione pertinente. Inoltre, non vi erano rischi termici o UVA significativi. È probabile che altri dispositivi simili presentino un rischio altrettanto basso.

I negatoscopi forniscono un'illuminazione diffusa a intensità relativamente bassa. Le valutazioni svolte dal Medical Physics Department del Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust suggeriscono che lo sguardo diretto sulla sorgente da una distanza ravvicinata — cosa probabile, vista la modalità di utilizzo di questa sorgente — determina un'esposizione a luce blu che costituisce meno del 5 % del valore limite di esposizione. Non sono stati riscontrati rischi significativi derivanti dai meccanismi termici, dagli UVA o dagli UV attinici.

D.3.2. Luci diagnostiche

I transilluminatori fetali trovano comunemente impiego nelle unità di cura fetale e possono essere usati per visualizzare le strutture interne come ausilio alla diagnosi, oppure per l'individuazione dei vasi sanguigni. Di conseguenza, queste sorgenti servono normalmente a illuminare piccoli



volumi, ma devono essere sufficientemente intense da attraversare i tessuti ed essere visibili sul lato di uscita.

Immagini di transilluminatori fetali insieme agli spettri di uscita misurati. (A) Neonate 100. (B) Wee Sight

Lo spettro di uscita del transilluminatore Neonate 100 mostra ampie emissioni attraverso tutto il campo visibile, con alcune emissioni anche nei campi UVA e IRA.

La valutazione indica che persino in caso di esposizione da distanza ravvicinata l'emissione di UV non costituisce un pericolo (tabella D.3.2). Vi è però una notevole emissione di luce blu che potrebbe rappresentare un pericolo in caso di esposizioni superiori a 10 minuti. Come si vede dalla foto precedente, la sorgente è estremamente luminosa ed è prevedibile che la normale risposta di avversione limiterà le esposizioni individuali a 0,25 secondi. Queste saranno sì cumulative nel corso di una giornata lavorativa, ma è altrettanto vero che l'utilizzo totale del dispositivo è relativamente basso, sicché persino in presenza di ipotesi pessimistiche le esposizioni cumulative saranno presumibilmente inferiori al 5 % del valore

limite di esposizione. Con forti emissioni nella regione visibile e fino al vicino infrarosso, è inoltre necessario valutare il rischio termico per la retina. Questo sarà però limitato dalla risposta di avversione e non supererà il 2 % del valore limite di esposizione neppure in caso di sguardo fisso prolungato sulla sorgente, che sarebbe comunque estremamente fastidioso. Il dispositivo Wee Sight™ ha una caratteristica di emissione delle sorgenti LED relativamente stretta e, come previsto, non comporta alcun rischio ottico.

Tabella D.3.2 — Valutazione dei transilluminatori fetali ⁽¹⁾

Sorgente	Rischio da UV attinici	Rischio da UVA	Rischio da luce blu	Rischi termici
Neonate 100	Nessuno	Nessuno	< 5 % dell'ELV	~ 2 % dell'ELV
Wee Sight™	Nessuno	Nessuno	Nessuno	Nessuno
⁽¹⁾ Misurazioni per gentile concessione del Radiation Protection Department, Royal Berkshire NHS Foundation Trust, Reading.				

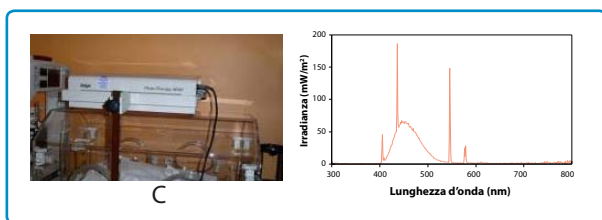
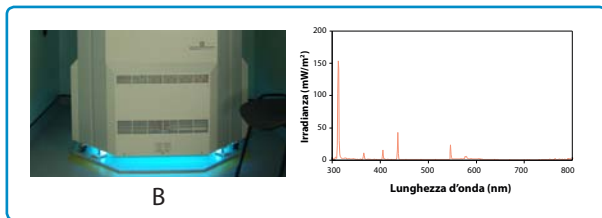
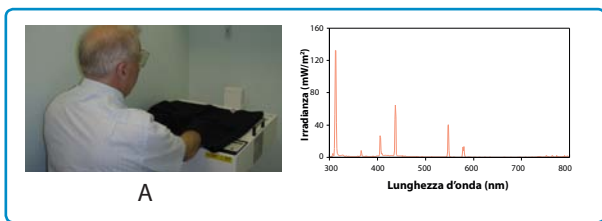
Le lampade a fessura e altri strumenti oftalmici hanno lampade a fessura integrate, ma sono destinati all'impiego in esami oftalmici e devono pertanto comportare un rischio solo minimo. Inoltre, sono altamente direzionali ed è quindi improbabile che determinino un grado elevato di esposizioni professionali involontarie. Analogamente, i recenti strumenti oftalmici diagnostici, come gli scanner della retina, possono sì avere sorgenti laser incorporate, ma sono stati valutati per le esposizioni volontarie e si collocheranno generalmente tra i dispositivi di classe 1. Ne consegue che il rischio di esposizioni pericolose del personale dovrebbe essere minimo.

Le lampade di Wood possono essere usate per fini diagnostici e sono sostanzialmente lampade al mercurio con incorporato un filtro di vetro di Wood per la rimozione delle emissioni visibili e UV a lunghezza d'onda corta. Tali lampade dovrebbero quindi comportare un rischio UVA e, a seconda di quanto è efficace la filtrazione, potrebbero anche presentare un rischio da UV attinici. Una valutazione svolta dal Medical Physics Department del Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust ha indicato che l'esposizione diretta alle emissioni di una lampada di Wood per più di 50 minuti causa il superamento del

valore limite di esposizione per gli UVA. La stessa valutazione ha mostrato che ci vorrebbero più di 7,5 ore per superare il valore limite di esposizione per gli UV attinici. Gli altri rischi da radiazioni ottiche sono invece insignificanti. Le lampade di Wood sono usate per lo svolgimento di esami; la formazione dell'operatore combinata con protezioni individuali per gli occhi dovrebbe limitare sia l'esposizione diretta alla sorgente sia l'esposizione agli UVA diffusi. Poiché il valore limite di emissione per gli UV attinici viene superato soltanto dopo un'esposizione prolungata all'emissione diretta, è improbabile che gli UV attinici diffusi comportino un rischio significativo.

D.3.3. Sorgenti terapeutiche

Esiste tutta una serie di sorgenti utilizzate per trattamenti fototerapeutici. In particolare, le sorgenti per fototerapia ultravioletta trovano impiego nel trattamento di condizioni cutanee, mentre le sorgenti per fototerapia a luce blu sono usate comunemente per il trattamento dell'iperbilirubinemia neonatale, di cui soffre circa il 60 % dei neonati.



Gli spettri sopra presentati mostrano che le sorgenti per fototerapia ultravioletta (esempi A e B) producono generalmente forti emissioni nella regione UV degli spettri e possono emettere anche nella regione visibile, in particolare verso l'estremità blu. Come previsto, la valutazione del rischio D.3.3) suggerisce che i pericoli principali legati a queste unità sono dovuti agli UV attinici o agli UVA. L'esempio C mostra lo spettro generato da una sorgente per fototerapia a luce blu che, in linea con le previsioni, emette fortemente nella regione blu dello spettro visibile ma non ha praticamente emissioni nella regione ultravioletta o del vicino infrarosso.

Immagini di dispositivi fototerapeutici insieme agli spettri di uscita misurati. (A) Waldmann UV 7001 UVB. (B) Waldmann UV 181 BL. (C) Dräger PhotoTherapy 4000

Tabella D.3.3 — Valutazione delle sorgenti per fototerapia

Sorgente	Rischio da UV attinici	Rischio da UVA	Rischio da luce blu	Altri rischi da radiazioni ottiche
Waldmann UV 7001 UVB ⁽¹⁾	Può essere superato in ~ 5h	Sotto il limite di esposizione	Sotto il limite di esposizione	Nessuno
Waldmann TL01 UV5000 ⁽²⁾	Può essere superato in ~ 7,5h	Sotto il limite di esposizione	Nessuno	Nessuno
Waldmann UV6 UV5001BL ⁽²⁾	Può essere superato in ~ 4h	Sotto il limite di esposizione	Nessuno	Nessuno
Waldmann UV 181 BL ⁽¹⁾	Sotto il limite di esposizione	Sotto il limite di esposizione	Sotto il limite di esposizione	Nessuno
Waldmann UV 7001 UVA ⁽²⁾	Nessuno	Può essere superato in ~ 5h	Sotto il limite di esposizione	Nessuno
Sellamed UVA1 24000 ⁽²⁾	Nessuno	Può essere superato in ~ 45 min	Sotto il limite di esposizione	Nessuno
Draeger 4 000 ^{(1) (2)}	Nessuno	Sotto il limite di esposizione	Sotto il limite di esposizione	Nessuno

⁽¹⁾ Misurazioni per gentile concessione del Radiation Protection Department, Royal Berkshire NHS Foundation Trust, Reading.
⁽²⁾ Dati di valutazione per gentile concessione del Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, London.

Le cabine più diffuse per fototerapia ultravioletta non permettono l'accesso alle emissioni dirette quando l'apparecchio è in funzione. Eventuali perdite (vedi l'esempio A sopra) potrebbero però essere fonte di preoccupazione per il personale. In particolare, il bisogno di garantire la circolazione dell'aria e di ridurre al minimo la sensazione

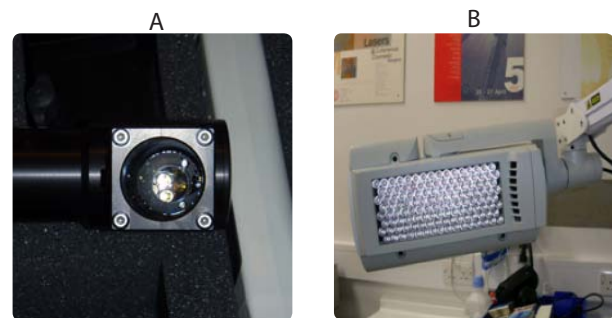
di claustrofobia per il paziente induce spesso a utilizzare cabine aperte nella parte superiore. Questo può determinare una notevole diffusione degli UV dal soffitto. In generale il rischio è relativamente basso, in quanto è difficile che il personale rimanga vicino alla cabina per tutta la durata del suo funzionamento. Sussiste tuttavia il rischio di effetti

a lungo termine dovuti all'esposizione cumulativa agli UV, rischio questo che può essere ridotto al minimo adottando controlli tecnici diretti, tra cui: sale designate per i trattamenti, tende attorno alla cabina e comando a distanza dalle stazioni di monitoraggio. Nell'esempio A precedente, l'utilizzo di una tenda attorno alla cabina ha aumentato il tempo richiesto per raggiungere il valore limite di esposizione per gli UV attinici da 5 ore a quasi 13 ore. Altri dispositivi per fototerapia, come l'unità per l'esposizione di mani e piedi mostrata nell'esempio B, richiedono un grado elevato di controllo procedurale al fine di ridurre al minimo l'esposizione del personale. In questo caso, gli addetti hanno sistemato dei teli neri sopra l'unità in funzione, in modo da ridurre gli UV di dispersione nell'ambiente. Anche qui il controllo può essere rafforzato semplicemente posizionando l'unità in una cabina dotata di tende. È possibile che occasionalmente il personale ospedaliero debba accedere da vicino all'apparecchiatura in funzione per svolgere dei controlli di qualità. In linea con le misure di controllo, può essere imposto l'obbligo di indossare uno schermo facciale contro i raggi UV, guanti e indumenti appropriati. Laddove i controlli procedurali rivestono un ruolo fondamentale, questi devono essere chiaramente documentati.

Le unità per fototerapia a luce blu vengono posizionate sopra le culle dei neonati, solitamente a un'altezza di circa 0,3 m. In genere, questo impedisce al personale di guardare direttamente la sorgente e, in ogni caso, i neonati vengono

monitorati periodicamente per circa 10 minuti ogni ora, il che limita ulteriormente l'esposizione. Persino nelle unità in cui si lavora in turni da 12 ore, l'esposizione conseguente sarà comunque inferiore all'1 % del valore limite di esposizione.

Le terapie fotodinamiche utilizzano le radiazioni ottiche per produrre reazioni fotochimiche e richiedono spesso un trattamento preliminare con un fotosensibilizzatore chimico. In generale, le lunghezze d'onda ultraviolette sono molto efficaci nello stimolare i fotosensibilizzatori, ma non sono usate frequentemente a causa della loro scarsa penetrazione attraverso i tessuti. In teoria l'esposizione dovrebbe avere un effetto di gran lunga minore sul personale non precedentemente esposto al fotosensibilizzatore, ma è opportuno adottare controlli appropriati per assicurarsi che sia realmente così.



Immagini di sorgenti per terapia fotodinamica. (A) UV-X. (B) Aktilite CL128

Tabella D.3.4 — Valutazione delle sorgenti per terapia fotodinamica

Sorgente	Rischio da UV attinici	Rischio da UVA	Rischio da luce blu	Rischi termici
UV-X	Sotto il limite di esposizione	Sotto il limite di esposizione	Nessuno	Nessuno
Lampada Aktilite CL128 (1)	Nessuno	Nessuno	< 3 % dell'ELV	Nessuno
(1) Dati di valutazione per gentile concessione del Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, London.				

Le valutazioni presentate nella tabella D.3.4 mostrano che, come previsto, le sorgenti per terapia fotodinamica costituiscono un rischio ridotto in assenza dell'agente fotosensibilizzante.

I laser di classe 3B possono essere usati in fisioterapia per trasmettere energia direttamente ai tessuti lesionati. Questi laser costituiscono un pericolo per gli occhi (solitamente un rischio termico per la retina), ma sono in genere altamente divergenti e quindi pericolosi su distanze relativamente brevi. Il rischio viene solitamente gestito con

mezzi procedurali (utilizzo di cabine dotate di tende, segnaletica e formazione degli addetti) e indossando apposite protezioni per gli occhi.

I laser chirurgici trovano ampio impiego in diverse procedure e sono solitamente dispositivi di classe 4 che comportano rischi elevati per gli occhi e la cute. Anche in questo caso i rischi sono generalmente gestiti tramite controlli procedurali e l'utilizzo di dispositivi di protezione individuale. In alcuni casi il fascio può essere fatto passare attraverso una fibra inserita nel corpo tramite endoscopio. In

questi casi il rischio è notevolmente ridotto, sempre che la fibra non si rompa. I laser sono inoltre ampiamente usati in oftalmologia, dove in genere appartengono alla classe 3B o 4. Come per gli altri impieghi clinici dei laser, i rischi per gli occhi e, se del caso, per la cute sono controllati tramite controlli procedurali e l'utilizzo di dispositivi di protezione individuale.

Data la possibilità di riflessi nella fibra di un endoscopio, occorre utilizzare filtri adeguati e/o l'endoscopio deve essere osservato attraverso una telecamera.

Le sorgenti luminose a impulsi intensi trovano ampio impiego nei trattamenti dermatologici. Questi dispositivi si basano generalmente su lampade per flash allo xeno, con filtrazione aggiuntiva per rimuovere le lunghezze d'onda corte nella regione ultravioletta dello spettro. A causa delle elevate potenze di picco, questi dispositivi possono comportare rischi termici per gli occhi e la cute. Tali rischi sono normalmente gestiti attraverso il ricorso a controlli

procedurali per evitare l'esposizione del personale all'emissione diretta, nonché tramite l'utilizzo di protezioni individuali per gli occhi. In base alla qualità della filtrazione, questi dispositivi possono comportare anche un rischio da luce blu.

D.3.4. Sorgenti per prove speciali



Immagine di un simulatore solare

Vi sono diverse altre sorgenti speciali che possono essere utilizzate in alcune discipline mediche per fini di diagnosi e ricerca. In generale, tali sorgenti dovranno probabilmente essere valutate caso per caso.

L'esempio presentato nella tabella D.3.5 seguente mostra che per le sorgenti a banda larga, come un simulatore solare, potrebbe essere necessario svolgere valutazioni in rapporto a tutta una serie di possibili rischi da radiazioni ottiche.

Tabella D.3.5 — Valutazione del simulatore solare (1)

Sorgente	Rischio da UV attinici	Rischio da UVA	Rischio da luce blu	Altri rischi da radiazioni ottiche
Simulatore solare Oriel 81292: esposizione diretta	Può essere superato in ~ 6 min	Può essere superato in ~ 3 min	Sotto il limite di esposizione	Nessuno
Simulatore solare Oriel 81292: riflesso dal corpo	Sotto il limite di esposizione	Sotto il limite di esposizione	Sotto il limite di esposizione	Nessuno
(1) Dati di valutazione per gentile concessione del Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, London.				

In generale, l'illuminazione diagnostica e da lavoro utilizzata nella prassi clinica non dovrebbe comportare un rischio elevato durante il normale utilizzo.

Le sorgenti terapeutiche possono rivelarsi pericolose in circostanze particolari. Molte di queste sorgenti possono causare esposizioni nella regione di rischio da radiazioni ultraviolette e da luce blu in caso di esposizioni cumulative durante la giornata lavorativa, oltre a comportare il rischio di effetti negativi a lungo termine sulla salute. Di conseguenza, in sede di valutazione delle esposizioni è importante valutare scenari realistici di esposizione e combinarli con la considerazione dei modelli di lavoro, in modo da valutare le esposizioni totali. Qualora si rilevino rischi significativi, questi devono essere controllati ogniqualvolta possibile attraverso la restrizione dell'accesso alle emissioni. Laddove si renda necessario il ricorso a controlli procedurali, questi devono essere efficaci e registrati per iscritto.

D.4. Guida durante il lavoro

Le persone che lavorano possono essere esposte alle radiazioni ottiche prodotte dalle autovetture quando:

- guidano;
- lavorano sul ciglio della strada, come gli agenti della polizia stradale e gli operai che eseguono lavori stradali;
- svolgono interventi di assistenza e riparazione delle auto in officina.

▶ Come si mostrerà in seguito, i primi due esempi rappresentano un livello trascurabile di esposizione: non si rende quindi necessario compromettere la visibilità e la sicurezza stradale per ridurre l'esposizione. L'esposizione potenziale a radiazioni ottiche sopra i limiti di esposizione durante gli interventi di assistenza e riparazione delle auto può essere gestita con procedure operative appropriate e norme locali in materia.

Quattro auto sono state valutate per determinare il livello di esposizione alle radiazioni ottiche:



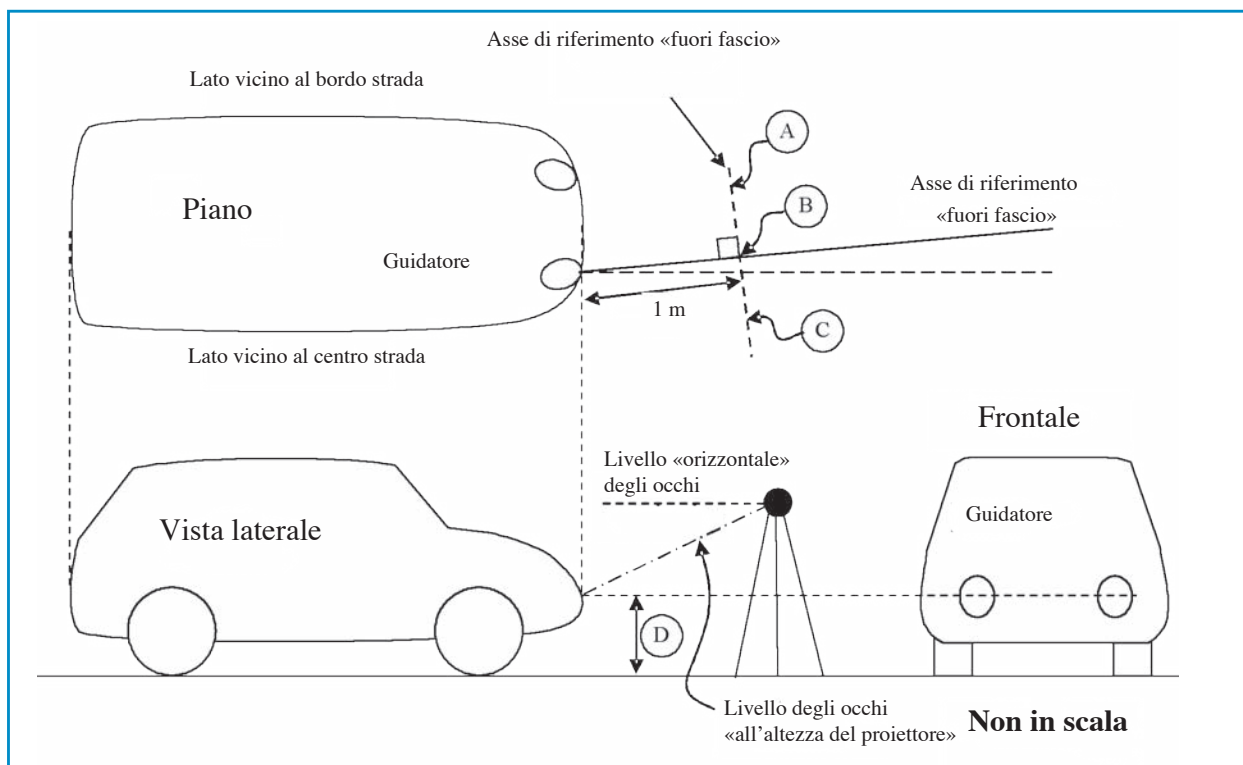
- auto sportiva Mazda RX8 con proiettori allo xeno,
- auto familiare Mercedes A 180,
- auto compatta Fiat 500,
- minibus LDV.

Le condizioni di valutazione sono state scelte in modo da rappresentare il caso peggiore di esposizione professionale prevedibile: vedere la tabella D.4.6 e la figura D.4.1.

Tabella D.4.6 — Condizioni di valutazione per le luci delle auto

	Posizione rispetto alla lampada		Distanza	Quando può avvenire l'esposizione
<i>Proiettore: abbagliante e anabbagliante</i>	Livello della lampada: sguardo diretto verso il fascio		0,5 m, 1 m, 2 m e 3 m	Assistenza e riparazione: auto sul ponte elevatore Guida
	Livello degli occhi	Sguardo rivolto alla lampada	1 m	Assistenza e riparazione: auto a livello del suolo Operai che eseguono lavori stradali, polizia stradale
Sguardo orizzontale				
<i>Freccia, stop, retromarcia e antinebbia</i>	Livello della lampada: sguardo diretto sul fascio		0,5 m	Guida Assistenza e riparazione Operai che eseguono lavori stradali, polizia stradale

Figura D.4.1 — Schema sintetico delle misurazioni delle luci delle auto



Le misurazioni dell'irradianza spettrale e le configurazioni specifiche delle luci delle auto sono state utilizzate per valutare i rischi da radiazioni ottiche e confrontarli con i valori limite di esposizione (ELV).

Tabella D.4.7 — Riepilogo dei rischi da radiazioni ottiche derivanti dalle luci delle auto

Rischio	RX8	A180	F500	LDV
UV attinici	Nessuno	Nessuno	Nessuno	Nessuno
UVA	Nessuno	Nessuno	Nessuno	Nessuno
Luce blu	Può essere superato: vedere la tabella D.4.8 per i dettagli	Può essere superato: vedere le tabelle D.4.8 e D.4.9 per i dettagli	Può essere superato: vedere la tabella D.4.8 per i dettagli	Può essere superato: vedere la tabella D.4.8 per i dettagli
Ustione della retina	< 30 % dell'ELV	< 10 % dell'ELV	< 3 % dell'ELV	< 2 % dell'ELV

Tabella D.4.8 — Rischio da luce blu derivante dai proiettori delle auto

Tempo per superare il valore limite di esposizione alla luce blu	RX8	A180	F500	LDV
Livello della lampada: sguardo diretto sul fascio	~ 3 min	~ 5 min	~ 30 min	~ 1 h
Livello degli occhi: sguardo rivolto al fascio	~ 2 h	~ 8 h	> 8 h	> 8 h
Livello degli occhi: sguardo orizzontale	> 8 h	> 8 h	> 8 h	> 8 h

Tabella D.4.9 — Livelli di rischio da luce blu prodotta dalle luci della Mercedes A180

Luci dell'auto	Tempo per superare i limiti di esposizione alla luce blu		Rischio di sovraesposizione
<i>Proiettore, livello della lampada a 1 m, sguardo diretto sul fascio — posizione B nella figura D 4.1</i>	anabbagliante	~ 45 min	Improbabile, lo sguardo diretto intra-fascio dovrebbe essere evitato dalla risposta di avversione alla luce molto luminosa. Occorre adottare procedure operative per ridurre al minimo l'esposizione non necessaria
	abbagliante	~ 15 min	
<i>Proiettore, livello della lampada a 1 m, sguardo diretto sul fascio — posizioni A e C = 0,5 m nella figura D 4.1</i>	anabbagliante	> 8 h	Nessuno
	abbagliante	> 8 h	
<i>Proiettore, livello degli occhi a 1 m, sguardo rivolto alla lampada</i>	anabbagliante	> 8 h	Nessuno
	abbagliante	> 8 h	
<i>Proiettore, livello degli occhi a 1 m, sguardo orizzontale</i>	anabbagliante	> 8 h	Nessuno
	abbagliante	> 8 h	
<i>Antinebbia</i>	> 8 h		Nessuno
<i>Luce di stop</i>	> 8 h		Nessuno
<i>Freccia</i>	> 8 h		Nessuno
<i>Luce di retromarcia</i>	> 8 h		Nessuno

Guardare direttamente il fascio a livello del proiettore può costituire un rischio da luce blu e comportare un rischio di sovraesposizione. Tuttavia, la sovraesposizione è improbabile in quanto:

- lo sguardo prolungato intra-fascio dovrebbe essere evitato dalla risposta di avversione alla luce molto luminosa;
- il livello di rischio cala rapidamente man mano che ci si allontana dal centro del fascio;
- il livello di rischio cala sostanzialmente a livello degli occhi.



Importante

Le luci delle auto non dovrebbero presentare alcun rischio da UV se il vetro frontale della lampada o i filtri sono integri. Tuttavia, lavorare con le luci delle auto senza il vetro frontale o con il vetro frontale danneggiato può aumentare il rischio di esposizione agli UV. Occorre adottare procedure operative per evitare l'esposizione alle luci delle auto con vetro frontale o filtri danneggiati

La modifica del proiettore e dell'ottica del proiettore può cambiare i livelli di rischio

Benché il rischio di sovraesposizione dallo sguardo diretto intra-fascio verso i proiettori delle auto sia basso, ove possibile occorre adottare procedure operative per ridurre al minimo l'esposizione non necessaria

Le luci delle auto non dovrebbero presentare un rischio di sovraesposizione alle radiazioni ottiche per gli utenti della strada, ivi compresi i conducenti, la polizia stradale e gli operai che eseguono lavori stradali. Tuttavia, le operazioni specifiche che richiedono uno sguardo diretto prolungato sui proiettori a livello della lampada possono comportare un basso rischio da luce blu.

D.5. Ambito militare

Le sorgenti di radiazioni ottiche artificiali trovano ampio impiego in ambito militare. Durante le operazioni di combattimento, i comandanti possono dover prendere decisioni sui costi/benefici delle linee d'azione, trovandosi così a ponderare il rischio limitato di lesioni reali in caso di superamento dei limiti di esposizione rispetto al rischio di lesioni gravi o di morte derivante da altri pericoli. Pertanto, questa sezione fornirà soltanto orientamenti su situazioni diverse dal combattimento, ivi compresa la relativa formazione.

Gli utilizzi militari delle radiazioni ottiche artificiali possono includere:

fotoelettriche
illuminazione di campi d'aviazione militare
sistemi di comunicazione a infrarossi
illuminatori a infrarossi
designatori a infrarossi
sistemi armati simulati
contromisure a infrarossi
segnali luminosi al magnesio
radiazioni ottiche da esplosioni



La maggior parte di queste applicazioni richiede che le radiazioni ottiche artificiali siano emesse in ambienti

aperti e spaziosi. Ciò significa che la prassi abituale di circoscrivere le radiazioni ottiche come misura di controllo primaria sarà difficilmente appropriata. Un ruolo di rilievo viene attribuito alla formazione impartita al personale militare, affinché obbedisca alle istruzioni e agli ordini.

Nello svolgere la valutazione dei rischi, come previsto dall'articolo 4 della direttiva, particolare attenzione deve essere prestata ai lavoratori attivi in ambito militare e in altri settori. Non sempre è possibile garantire che i livelli potenziali di esposizione rimangano al di sotto dei valori limite di esposizione. Pertanto, un approccio adottato in questo settore è quello della valutazione probabilistica dei rischi (PRA). Questo tipo di valutazione può essere usato per quantificare la probabilità, come previsto dall'articolo 4. Nell'ambito della PRA è possibile adottare vari valori. Un evento con una probabilità di 10^{-8} viene però considerato accettabile anche nel caso di un evento che, se si verificasse, potrebbe avere conseguenze catastrofiche.

Un evento con una probabilità inferiore a 10^{-8} non è considerato probabile.

L'utilizzo della PRA è complesso e richiede una competenza specialistica. Essa comporta però dei benefici per l'ambito militare, nel senso che può permettere l'utilizzo delle radiazioni ottiche artificiali in situazioni che potrebbero non essere ritenute accettabili sulla base di una valutazione meno rigorosa.

D.6. Riscaldatori radianti sospesi a gas

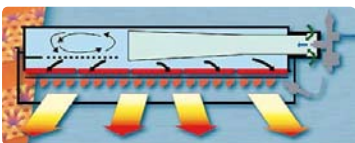
Valutazioni per gentile concessione dell'associazione europea ELVHIS.



Le persone possono essere esposte alle radiazioni ottiche prodotte dai riscaldatori radianti sospesi a gas che trovano impiego in un'ampia gamma di ambienti per il riscaldamento di:

- edifici industriali
- edifici pubblici
- edifici logistici
- stazioni dei vigili del fuoco
- padiglioni espositivi
- strutture sportive coperte
- terrazze in ristoranti e bar ecc.

Secondo le specifiche dei fabbricanti, questi riscaldatori devono essere installati a un'altezza minima sopra i lavoratori in modo da non trovarsi nella linea di vista diretta.



Riscaldatore radiante sospeso a gas (tipo luminoso)

L'escursione termica superficiale dei riscaldatori radianti luminosi a gas è compresa tra 700 °C e 1 000 °C e corrisponde a una lunghezza d'onda λ_{\max} tra 2 275 nm e 2 980 nm, utilizzando la legge di Wien:

$$\lambda_{\max} = \frac{hc}{4,965 \cdot kT} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T} [\text{m} \cdot \text{°K}]$$

Come raccomandato dall'AICVF, si ottiene così un'emissione di

$$E_{\text{IR}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] = 0,71 \times \alpha_k \times f_p \times \eta_r \times P_u / d^2$$

dove:

α_k = fattore di assorbimento umano

f_p = fattore di direzione

η_r = fattore di efficienza radiante

P_u = capacità del riscaldatore

d = distanza tra il corpo umano e il riscaldatore

Valori massimi (scenario del caso peggiore per il fabbricante SBM):

$$\alpha_k = 0,97$$

$$f_p = 0,10$$

$$\eta_r = 0,65$$

$$P_u = 27\,000 \text{ W}$$

Il caso peggiore per la distanza d tra il corpo umano e il riscaldatore, per la capacità del riscaldatore P e l'angolo massimo di inclinazione I di 35°, è stato calcolato come segue:

$$d = h_i - 1, \text{ dove } h_i = \left[\left(\sqrt{\frac{P_u}{540}} - 0,5 \right) \times \cos I \right] + 2$$

ed è pari a $d = 6,4 \text{ m}$

L'esposizione peggiore in questo caso corrisponde a

$$E_{\text{IR max}} = 29,1 \approx 30 \text{ W m}^{-2}$$

Il valore limite di esposizione nel campo di lunghezze d'onda 780-3 000 nm per le durate di esposizione $t > 1\,000 \text{ s}$ è:

$$E_{\text{IR}} = 100 \text{ W m}^{-2}$$

I riscaldatori radianti luminosi a gas non dovrebbero presentare un rischio di sovraesposizione alle radiazioni ottiche e possono essere considerati sorgenti trascurabili: il caso peggiore di esposizione prevedibile a questi riscaldatori è nettamente inferiore ai valori limite di esposizione applicabili.

Ulteriori informazioni

AICVF: Association des ingénieurs en climatique, ventilation et froid, France

ELVHIS: Associazione europea principale dei costruttori di pannelli radianti luminosi a gas

Raccomandazione 01-2006; «CHAUFFAGE: déperditions de base» sulla base della norma EN 12831, marzo 2004:

Impianti di riscaldamento negli edifici; metodi di calcolo del carico termico di progetto

SBM International, 3 Cottages de la Norge, 21490 Clenay, France

D.7. Laser per la lavorazione dei materiali

I laser sono usati in un'ampia gamma di applicazioni, generalmente denominate lavorazione dei materiali. L'esempio qui riportato considera un laser utilizzato per tagliare il metallo, ma i principi sono gli stessi per la saldatura, la foratura e la marcatura laser.

Si suppone che la potenza radiante o l'energia a impulso del laser sia tale da far rientrare il laser in un sistema di classe 4. Ne consegue che qualsiasi esposizione accidentale — degli occhi o della cute — al fascio laser causerà probabilmente gravi lesioni.



Molte migliaia di questi laser trovano abitualmente impiego in tutta Europa. La presente valutazione considera soltanto il fascio laser. Altri pericoli possono comportare un rischio maggiore di lesioni o addirittura di morte.

D.7.1. Individuare i pericoli e i soggetti a rischio

Vi sono varie fasi del ciclo vitale di un laser per la lavorazione dei materiali in cui i lavoratori possono essere esposti alle radiazioni laser:

messa in funzione
normale funzionamento
manutenzione
assistenza

È possibile che le operazioni in alcune fasi del ciclo vitale siano svolte da lavoratori appartenenti alle organizzazioni di altri datori di lavoro, per esempio alla ditta del fornitore

o alla società incaricata dell'assistenza. Sarà però necessario determinare i rischi derivanti da queste operazioni per i lavoratori sul posto.

Vista la natura dei fasci laser utilizzati, il fascio diretto tenderà sempre a superare il valore limite di esposizione a distanza ravvicinata. Potrebbe però rendersi necessaria una valutazione del fascio diffuso.

Se il pezzo da lavorare è molto grande, per esempio nell'industria cantieristica, la distanza di rischio oculare nominale può essere inferiore alle dimensioni del pezzo.

D.7.2. Valutare e attribuire un ordine di priorità ai rischi

La valutazione più semplice consiste nell'ipotizzare che il fascio laser superi sempre il valore limite di esposizione e che l'accesso al fascio debba quindi essere ristretto. Altri pericoli associati al processo possono indicare anche la necessità di contenere quest'ultimo. Alcuni pericoli possono poi comportare un rischio maggiore del fascio laser per i lavoratori.

È possibile che si renda necessaria una valutazione dell'irradianza o dell'esposizione radiante del fascio laser al fine di determinare qualsiasi misura di protezione. Il caso peggiore consiste nell'ipotizzare che un fascio laser collimato sia incidente nella posizione d'interesse.

D.7.3. Decidere le azioni preventive

Le decisioni sulle azioni preventive devono tenere conto del grado di protezione richiesto e dei requisiti dei lavoratori ai fini dello svolgimento della loro specifica attività lavorativa. Le misure di protezione che ostacolano l'attività lavorativa sono destinate a non avere successo.

Occorre inoltre rilevare che non necessariamente bisognerà costruire un involucro attorno all'intero sistema di lavorazione dei materiali, bensì potrebbe essere sufficiente realizzarne uno attorno al volume del processo.

L'obiettivo deve essere quello di poter svolgere tutte le attività lavorative, ivi compresi gli interventi di manutenzione e assistenza, senza l'utilizzo di dispositivi di protezione individuale. Qualora si renda necessario osservare il processo, è possibile predisporre finestre di

ispezione adeguatamente filtrate o utilizzare ausili per il monitoraggio remoto, come per esempio telecamere.

Nel decidere in merito alle misure di protezione, potrebbe essere necessario valutare le radiazioni ottiche generate nell'ambito del processo. Queste potrebbero trovarsi in una parte diversa dello spettro ottico rispetto al fascio laser incidente e saranno probabilmente non coerenti.

D.8. Industrie di lavorazione a caldo

Si ringrazia per l'assistenza fornita dal signor M. Brose di Fachbereich Elektrotechnik, Referat Optische Strahlung, Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik, Germania, in rapporto a queste valutazioni.

D.8.1. Industria siderurgica



Saarstahl AG, Völklingen, Germania

Saarstahl AG è specializzata nella produzione di vergelle, barre d'acciaio e prodotti semifiniti con vari gradi di qualità. Le strutture a Völklingen comprendono impianti siderurgici, laminatoi e sistemi di fucinatura di lingotti fino a 200 tonnellate.

La sicurezza dalle radiazioni ottiche è un elemento fondamentale della gestione della sicurezza della società.



Benché l'emissione di livelli fortemente pericolosi di radiazioni ottiche (perlopiù infrarosse) sia intrinseca alla produzione e alla lavorazione dell'acciaio, le misure di controllo attuate riducono al minimo l'accesso umano alle radiazioni ottiche pericolose, garantendo condizioni

di lavoro sicure. Tali misure comprendono:

- comando e monitoraggio a distanza del processo di produzione al fine di ridurre al minimo l'esposizione umana a livelli pericolosi di radiazioni ottiche;
- procedure operative che limitano l'attività in condizioni di calore elevato a 15 minuti, con l'obbligo di cambiare mansione;
- è in corso di pianificazione il monitoraggio a distanza della temperatura corporea del lavoratore per evitare il surriscaldamento;
- approfondita formazione professionale e sulla sicurezza del personale;
- dispositivi di protezione individuale su tutto il corpo quando il processo di produzione richiede l'accesso umano;
- contributo della sorveglianza medica alla valutazione dei rischi;
- coinvolgimento dei rappresentanti dei lavoratori nella gestione della salute e della sicurezza.

D.8.2. Vetriere

Livelli pericolosi di radiazioni ottiche, soprattutto nelle regioni spettrali ultraviolette e infrarosse, sono emessi nell'ambito della lavorazione e della formatura del vetro. La manipolazione manuale richiede l'accesso umano a distanza ravvicinata alla sorgente di emissioni pericolose, per esempio il bruciatore.



Poiché i livelli di emissioni accessibili ai lavoratori supereranno probabilmente i limiti di esposizione, bisogna svolgere una valutazione dei rischi allo scopo di garantire un controllo adeguato dei pericoli da radiazioni ottiche. In questo caso, i limiti di esposizione potrebbero essere superati per più di un rischio da radiazioni ottiche e occorre applicare le condizioni più restrittive.

La valutazione dei rischi deve considerare:

- le emissioni prodotte dall'attrezzatura, ivi compreso qualsiasi ulteriore bruciatore, in corrispondenza della posizione del lavoratore, per esempio mani e volto;

- la durata prevedibile dell'esposizione durante il turno di lavoro: i limiti UV sono cumulativi per 8 ore;
- l'attenuazione data da schermi e dispositivi di protezione individuale.

I limiti di esposizione UV sono cumulativi. Se vi è il rischio che vengano superati, l'accesso umano deve essere ristretto abbassando il livello di emissioni (schermi, protezioni per gli occhi, protezioni per le mani) o tramite la durata dell'esposizione (tempo massimo ammesso).

Se le protezioni per gli occhi sono fornite insieme all'attrezzatura, occorre valutarne nuovamente l'idoneità se si utilizzano bruciatori aggiuntivi o si introducono nuove procedure operative.

Se l'attrezzatura emette radiazioni ottiche nella regione di rischio da UV attinici (180-400 nm), dove i limiti di esposizione si riferiscono tanto alla cute quanto agli occhi, occorre valutare anche l'esposizione delle mani. Se i guanti protettivi sono scomodi o possono causare preoccupazioni per la sicurezza di natura secondaria, l'esposizione deve essere limitata nel tempo.

D.8.3. Informazioni supplementari

BGFE • Informationen für die Glasbearbeitung mit Brennern — SD 53

D.9. Fotografia con flash

Le sorgenti di radiazioni ottiche artificiali costituiscono parte integrante della fotografia professionale. Esse vengono usate per illuminare ambienti e punti specifici, come sfondo o come esposizione flash.

In questo caso si possono considerare due categorie di esposizioni professionali:

- il fotografo e
- la persona che viene fotografata (il modello).



In uno studio fotografico professionale si possono trovare:

- Sorgente d'illuminazione diffusa
- Proiettore flash
- Flash da fotocamera professionale
- Flash da fotocamera non professionale

Tabella D.9.1 — Scenario peggiore di esposizione per l'esposizione intra-fascio diretta simultanea

	Sorgente d'illuminazione diffusa	Proiettore flash	Flash da fotocamera professionale	Flash da fotocamera non professionale
Fotografo	√	√	—	—
Modello	√	√	√	√

L'irradianza spettrale e le caratteristiche temporali (durata del flash) per ogni sorgente alle varie distanze sono state utilizzate per valutare il livello di esposizione peggiore e confrontarlo con i valori limite di esposizione applicabili.

Per i limiti UV e di luce blu, i casi peggiori di esposizione sono cumulativi per un periodo di esposizione di 8 ore e possono sommarsi per sorgenti multiple: l'unità di misura è data dal numero di scatti fotografici (flash o illuminazione) necessari per superare il limite di esposizione applicabile.

Il rischio termico per la retina non cambia con il tempo per durate di esposizione superiori a 10 secondi ed è limitato dal campo di vista di 100 mrad: per la valutazione di questo rischio viene considerato soltanto un unico scatto da un'unica sorgente.

I livelli di rischio dei limiti UV, UVA e IR per tutte le sorgenti testate erano irrilevanti.

Tabella D.9.2 — Caso peggiore dei livelli di rischio da sorgenti fotografiche con flash

	Sorgente d'illuminazione diffusa	Proiettore flash	Flash da fotocamera professionale	Flash da fotocamera non professionale
Numero di scatti per superare il valore limite di esposizione alla luce blu	> 10 ⁷	> 10 ⁶	> 20 000	> 13 000
% del valore limite di esposizione termica della retina in un unico scatto	< 0,03 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %

La fotografia non dovrebbe presentare un rischio concreto di sovraesposizione alle radiazioni ottiche per un fotografo o una persona fotografata: il numero di flash necessari per superare il valore di esposizione alla luce blu è superiore ad alcune migliaia per il caso peggiore di esposizione intra-fascio simultanea da sorgenti multiple.

Appendice E — Requisiti di altre direttive europee

Una direttiva europea è il risultato di una decisione collettiva reciprocamente vincolante adottata dagli Stati membri, i quali agiscono attraverso i ministri (in seno al Consiglio dell'Unione europea) e i membri (in seno al Parlamento) dei loro governi nazionali. Entrambi gli organismi devono approvare il testo della direttiva in termini identici. Una direttiva fissa gli obiettivi concordati che devono essere perseguiti dagli Stati membri, ma lascia un margine di flessibilità nella scelta dei mezzi per raggiungerli. Le modalità di recepimento di una direttiva dipendono dalla struttura giuridica di ogni Stato membro e possono variare. In pratica, l'Unione trasmette le direttive a tutti gli Stati membri e specifica una data entro la quale questi ultimi devono recepirle.

Nel 1989 è stata pubblicata la direttiva 89/391/CEE «concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro». Questa direttiva riguardava la gestione della salute e della sicurezza sul lavoro e imponeva obblighi sotto forma di principi applicabili a tale gestione. Visto l'ampio campo di applicazione della direttiva, non è possibile sintetizzarla in poche righe: si può solo leggerla nella sua interezza o quanto meno leggere i regolamenti con cui viene recepita nelle leggi dello Stato membro in cui opera il particolare datore di lavoro. In generale, la direttiva stabiliva l'obbligo di svolgere le valutazioni dei rischi in linea con una serie di principi generali.

La direttiva 89/391/CEE viene spesso definita la «direttiva quadro». Ciò è dovuto al fatto che uno dei suoi articoli si prefiggeva di creare una serie di singole direttive per l'approfondimento della gestione della salute e della sicurezza in rapporto ad aree o a rischi specifici, direttive queste che devono essere attuate in maniera coerente con i principi della direttiva quadro.

La direttiva 2006/25/CE, «direttiva sulle radiazioni ottiche artificiali», è una delle direttive promulgate nel quadro della direttiva 89/391/CEE. Altre direttive pertinenti sono la direttiva 89/654/CEE relativa alle prescrizioni minime

di sicurezza e di salute per i luoghi di lavoro (la «direttiva sui luoghi di lavoro») e la direttiva 89/655/CEE relativa ai requisiti minimi di sicurezza e di salute per l'uso delle attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori durante il lavoro (la «direttiva sull'uso delle attrezzature di lavoro»).

La direttiva sull'uso delle attrezzature di lavoro è stata modificata dalla direttiva 95/63/CE («relativa ai requisiti minimi di sicurezza e di salute per l'uso delle attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori durante il lavoro»).

Al fine di adempiere ai loro obblighi giuridici in rapporto alle radiazioni ottiche artificiali, i datori di lavoro devono soddisfare almeno i requisiti delle quattro direttive sopra menzionate. Tuttavia, le leggi locali di qualsiasi Stato membro possono imporre ulteriori obblighi al di là di quelli enunciati nelle direttive.

Di conseguenza, quando un datore di lavoro cerca di uniformarsi ai requisiti della direttiva sulle radiazioni ottiche artificiali, è bene che ricordi anche l'esistenza di altri obblighi riguardanti la gestione delle radiazioni ottiche ai fini della salute e della sicurezza:

Direttiva quadro	Direttiva sui luoghi di lavoro	Direttiva sull'uso delle attrezzature di lavoro (modificata)
<p>Ove possibile, evitare i rischi.</p> <p>Valutare i rischi che non possono essere evitati.</p> <p>Combattere i rischi all'origine.</p> <p>Adattare le prassi lavorative all'individuo.</p> <p>Adattare le prassi lavorative ai progressi della tecnica.</p> <p>Sostituire ciò che è pericoloso con alternative non pericolose o meno pericolose.</p> <p>Sviluppare una strategia di prevenzione coerente e completa riguardante la tecnologia, l'organizzazione, le condizioni di lavoro e le relazioni sociali.</p> <p>Dare la priorità alle misure di protezione collettive rispetto a quelle individuali.</p> <p>Istruire adeguatamente i lavoratori.</p>	<p>Eeguire la manutenzione tecnica degli impianti ed eliminare i difetti quanto più rapidamente possibile.</p> <p>Provvedere alla regolare manutenzione e al controllo degli impianti di sicurezza.</p> <p>Informare i lavoratori (o i loro rappresentanti) in merito alle misure da adottare per la sicurezza e la salute sul luogo di lavoro.</p> <p>Illuminare adeguatamente il luogo di lavoro, interno o esterno, per assicurare la sicurezza e la salute dei lavoratori. Se la luce naturale è insufficiente, usare un'illuminazione artificiale.</p>	<p>Limitare l'uso delle attrezzature che comportano rischi specifici per la salute ai soggetti incaricati del loro utilizzo.</p> <p>Far eseguire gli interventi di riparazione, modifica e assistenza soltanto ai soggetti designati.</p> <p>Istruire adeguatamente i lavoratori sull'uso delle attrezzature.</p> <p>Rendere chiaramente visibili i controlli critici di sicurezza.</p> <p>Situare i controlli al di fuori delle zone di pericolo.</p> <p>L'operatore deve essere in grado di accertarsi che non vi sia nessuno nella zona di pericolo, oppure deve essere trasmesso un segnale di avviso quando l'attrezzatura sta per diventare pericolosa.</p> <p>Un errore in un sistema di controllo non deve generare una situazione pericolosa.</p> <p>L'attrezzatura deve avviarsi soltanto per effetto di un'azione volontaria su un comando.</p> <p>L'attrezzatura deve riavviarsi soltanto per effetto di un'azione volontaria su un comando.</p> <p>L'attrezzatura deve disporre di un comando per il suo arresto completo e sicuro.</p> <p>Illuminare adeguatamente le aree per il lavoro sull'attrezzatura.</p> <p>I segnali devono essere univoci, chiaramente percepibili e facilmente comprensibili.</p> <p>Gli interventi di manutenzione devono poter essere svolti in sicurezza.</p> <p>L'attrezzatura deve recare tutti gli avvisi o i contrassegni necessari per garantire la sicurezza dei lavoratori.</p> <p>Se l'uso sicuro dipende dalle condizioni d'installazione, ispezionare l'attrezzatura dopo il montaggio e prima della messa in funzione.</p> <p>Ispezionare regolarmente le attrezzature esposte a condizioni che causano deterioramento e registrare i risultati.</p>

Ci sono altre cinque direttive che rivestono importanza per la sicurezza durante il lavoro con le radiazioni ottiche artificiali. Queste riguardano tutte la fornitura di attrezzature che possono produrre radiazioni ottiche o possono essere destinate ad attenuarne gli effetti. Di conseguenza, tali direttive interessano più i fabbricanti e i fornitori di attrezzature che i datori di lavoro.

I datori di lavoro devono però essere consapevoli dell'esistenza di queste direttive e del fatto che qualsiasi impianto o attrezzatura di produzione, o dispositivo di protezione presente sul mercato europeo, devono esservi conformi. Due di queste direttive prevedono anche che il fornitore dia all'utente informazioni dettagliate sulla natura delle radiazioni, sui mezzi di protezione dell'utente, sui mezzi per evitare l'uso improprio, nonché sui mezzi per eliminare qualsiasi rischio intrinseco all'installazione.

Queste direttive per i fornitori sono:

- direttiva 2006/42/CE relativa alle macchine (la «direttiva macchine»);
- direttiva 2006/95/CE concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative al materiale elettrico destinato ad essere adottato entro taluni limiti di tensione (la «direttiva bassa tensione»);
- direttiva 89/686/CEE concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale (la «direttiva DPI»);
- direttiva 93/42/CEE concernente i dispositivi medici (la «direttiva DM»);
- direttiva 98/79/CE relativa ai dispositivi medico-diagnostici in vitro (la «direttiva in vitro»).

Alcune delle disposizioni pertinenti di queste direttive sono sintetizzate di seguito:

Direttiva macchine	Direttiva bassa tensione	Direttiva DPI	Direttive DM e in vitro
<p>La macchina deve essere fornita di un'illuminazione incorporata che consenta un uso sicuro.</p> <p>Le emissioni indesiderabili devono essere eliminate o essere ridotte a livelli che non producono effetti negativi sulle persone.</p> <p>Le emissioni funzionali durante la regolazione, il funzionamento e la pulizia devono essere ridotte a livelli che non producono effetti negativi sulle persone.</p> <p>In caso di laser incorporati nella macchina, non devono esservi emissioni accidentali.</p> <p>I laser devono essere installati in modo che qualsiasi emissione da diffusione o riflessione, o qualsiasi radiazione secondaria, non possa nuocere alla salute.</p> <p>I dispositivi ottici usati per osservare o regolare i fasci laser devono essere tali da non creare alcun rischio per la salute.</p> <p>Se vi sono caratteristiche di progettazione introdotte per uniformarsi a quanto precede, occorre indicare le relative norme.</p>	<p>La direttiva bassa tensione si applica a qualsiasi attrezzatura di lavoro destinata a funzionare a 50-1 000 V CA o 75-1 500 V CC. Quale condizione essenziale, queste attrezzature non devono produrre radiazioni che possano causare danni.</p>	<p>I DPI devono proteggere l'utente senza compromettere la salute e la sicurezza di altre persone.</p> <p>La maggior parte delle radiazioni potenzialmente nocive devono essere assorbite o riflesse senza alterare in modo eccessivo la visione dell'utente.</p> <p>I DPI devono essere selezionati di modo che, in nessuna circostanza, gli occhi dell'utente siano esposti al di sopra del valore massimo ammissibile di esposizione.</p> <p>L'ottica dei DPI non deve deteriorarsi per effetto dell'esposizione alle radiazioni dalle quali deve proteggere in condizioni prevedibili di utilizzo.</p>	<p>I dispositivi devono essere progettati per ridurre l'esposizione di pazienti, utilizzatori e altre persone.</p> <p>L'utilizzatore deve poter controllare il livello di emissioni.</p> <p>I dispositivi devono essere dotati di segnalatori visivi/sonori dell'emissione.</p> <p>Le istruzioni per l'utilizzazione devono contenere precise informazioni per quanto concerne le caratteristiche delle radiazioni, i mezzi di protezione utilizzatore, i mezzi per evitare le manipolazioni scorrette e i mezzi per eliminare i rischi connessi con l'installazione.</p>

Appendice F — Regolamenti nazionali degli Stati membri dell'UE che recepiscono la direttiva 2006/25/CE (al 10 dicembre 2010) e orientamenti

Paese	Legislazione vigente	Orientamenti correnti
Austria	<p>Oö. Landes- und Gemeinde-Dienstrechtsänderungsgesetz 2007 [Landesgesetzblatt (LGBl.) 25/07/2007, 56/2007]</p> <p>Verordnung der Landesregierung über den Schutz der Landes- und Gemeindebediensteten vor der Gefährdung durch künstliche optische Strahlung [Landesgesetzblatt (LGBl.) 18/02/2010, 4/2010]</p> <p>Landesgesetz, mit dem das Oö. Gemeinde-Dienstrechts- und Gehaltsgesetz 2002, das Oö. Gemeindebedienstetengesetz 2001; das Oö. Statutargemeinden-Beamtenengesetz 2002, das Oö. Gemeindebediensteten-Schutzgesetz 1999, das Oö. Gemeinde-Gehaltsgesetz, das Oö. Landesbeamtenengesetz 1993 und das Oö. Landes-Vertragsbedienstetengesetz geändert werden (Oö. Gemeinde- und Landes-Dienstrechtsänderungsgesetz 2008) [Landesgesetzblatt (LGBl.) 29/08/2008, 73/2008].</p> <p>Verordnung der Wiener Landesregierung, mit der die Verordnung der Wiener Landesregierung über den Schutz der in Dienststellen der Gemeinde Wien beschäftigten Bediensteten vor der Einwirkung durch optische Strahlung erlassen und die Verordnung der Wiener Landesregierung über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz in Dienststellen der Gemeinde Wien geändert wird [Landesgesetzblatt (LGBl.) 51/2010, 24/09/2010]</p> <p>Verordnung der Oö. Landesregierung, mit der die Verordnung über den Schutz der Dienstnehmerinnen und Dienstnehmer in der Land- und Forstwirtschaft vor der Einwirkung durch künstliche optische Strahlung (Oö. VOPST-LF) erlassen wird und mit der die Verordnung über die Gesundheitsüberwachung in der Land- und Forstwirtschaft und die Verordnung über Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche in land- und forstwirtschaftlichen Betrieben geändert werden [Landesgesetzblatt (LGBl.) 65/2010, 30/09/2010]</p> <p>Gesetz, mit dem die Dienstordnung 1994 (28. Novelle zur Dienstordnung 1994), die Besoldungsordnung 1994 (36. Novelle zur Besoldungsordnung 1994), die Vertragsbedienstetenordnung 1995 (32. Novelle zur Vertragsbedienstetenordnung 1995), die Pensionsordnung 1995 (20. Novelle zur Pensionsordnung 1995), das Ruhe- und Versorgungsgesetz 1995 (9. Novelle zum Ruhe- und Versorgungsgesetz 1995) (17. Novelle zum Unfallfürsorgegesetz 1967), das Unfallfürsorgegesetz 1967 (17. Novelle zum Unfallfürsorgegesetz 1967), das Wiener Bedienstetenschutzgesetz 1998 (5. Novelle zum Wiener Bedienstetenschutzgesetz 1998), das Wiener Personalvertretungsgesetz (16. Novelle zum Wiener Personalvertretungsgesetz), das Wiener Bezügegesetz 1995 (10. Novelle zum Wiener Bezügegesetz 1995), das Wiener Verwaltungenat-Dienstrechtsgesetz 1995 (11. Novelle zum Wiener Verwaltungenat-Dienstrechtsgesetz 1995) und das Gesetz über den Unabhängigen Verwaltungssenat Wien (8. Novelle zum Gesetz über den Unabhängigen Verwaltungssenat Wien) geändert werden und das Wiener Eltern-Karenzgeldzuschussgesetz aufgehoben wird [Landesgesetzblatt (LGBl.) 42/2010, 17/09/2010]</p> <p>Verordnung der Salzburger Landesregierung vom 1. Juli 2010 über Schutzvorschriften vor Gefährdung durch künstliche optische Strahlung (S.koS-V) [Landesgesetzblatt (LGBl.) 55/2010, 06/08/2010]</p> <p>Verordnung des Bundesministers für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz, mit der die Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmer/innen vor der Einwirkung durch optische Strahlung (Verordnung optische Strahlung – VOPST) erlassen wird und mit der die Verordnung über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz und die Verordnung über Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche geändert werden [Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (BGBl.), II Nr. 221/2010, 08/07/2010]</p>	<p>Sicherheitsinformation der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt: Sicherheit Kompakt: M 014 UV-Strahlenbelastung am Arbeitsplatz</p> <p>M 080 Grundlagen der Lasersicherheit</p>
Belgio	<p>FEDERALE OVERHEIDSDIENST WERKGELEGENHEID, ARBEID EN SOCIAAL OVERLEG - 22 APRIL 2010. - Koninklijk besluit betreffende de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van de werknemers tegen de risico's van kunstmatige optische straling op het werk [Moniteur Belge, 06/05/2010, 25349-25386].</p>	

Paese	Legislazione vigente	Orientamenti correnti
Bulgaria	<p>Наредба № 5 от 11 юни 2010 г. за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рискове, свързани с експозиция на изкуствени оптични лъчения [Държавен вестник, 49, 29/06/2010, 00035-00048]</p> <p>Кодекс на труда [Държавен вестник, 15, 23/02/2010]</p> <p>Закон за здравословни и безопасни условия на труд [Държавен вестник, 12, 12/02/2010]</p> <p>Наредба № 7 от 23.09.1999 г. за минималните изисквания за здравословни и безопасни условия на труд на работните места и при използване на работното оборудване [Държавен вестник, 40, 18/04/2008]</p>	
Cipro	<p>Οι Περί Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (Τεχνική Οπτική Ακτινοβολία) Κανονισμοί του 2010 [Cyprus Gazette, 4433, 11/06/2010, 01473-01493]</p> <p>Закон č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů [Sbirka zákonu CR, 18/07/2002].</p> <p>Закон č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu [Sbirka zákonu CR, 30/03/1966].</p> <p>Закон č. 111/2007 Sb., kterým se mění zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů a některé další zákony [Sbirka zákonu CR, 15/05/2007].</p> <p>Закон č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci) [Sbirka zákonu CR, 22/06/2006].</p> <p>Nařízení vlády č. 106/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením [Sbirka zákonu CR, 19/04/2010].</p> <p>Закон č. 14/1997 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů, a zákon České národní rady č. 36/1975 Sb., o pokutách za porušování právních předpisů o vyvážení a ochraně zdravotních životních podmínek, ve znění zákona České národní rady č. 137/1982 Sb. [Sbirka zákonu CR, 24/02/1997].</p> <p>Закон České národní rady č. 548/1991 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění zákona České národní rady č. 210/1990 Sb. a zákona České národní rady č. 425/1990 Sb. [Sbirka zákonu CR, 30/12/1991].</p> <p>Nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením [Sbirka zákonu CR, 09/01/2008].</p> <p>Закон č. 392/2005 Sb., kterým se mění zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony [Sbirka zákonu CR, 27/09/2005].</p> <p>Закон č. 274/2003 Sb., kterým se mění některé zákony na úseku ochrany veřejného zdraví [Sbirka zákonu CR, 27/08/2003].</p> <p>Закон č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů [Sbirka zákonu CR, 11/08/2000].</p> <p>Закон č. 262/2006 Sb., zákonik práce [Sbirka zákonu CR, 07/06/2006].</p> <p>Закон č. 48/1997 Sb., o veřejném zdravotním pojištění a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů [Sbirka zákonu CR, 07/03/1997].</p> <p>Закон č. 362/2007, kterým se mění zákon č. 262/2006 Sb., zákonik práce, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony [Sbirka zákonu CR, 28/12/2007].</p>	<p>Orientamento per lavorare con i laser n. 61</p> <p>UV Zareni poster (avviso contro i pericoli delle radiazioni UV)</p> <p>Linee guida ICNIRP</p>
Danimarca	<p>Bekendtgørelse om beskyttelse mod udsættelse for kunstigt optisk stråling i forbindelse med arbejdet [Lovtidende A, 29/05/2010].</p> <p>Bekendtgørelse om beskyttelse mod risici ved udsættelse for kunstigt optisk stråling på offshoreanlæg m.v. [Lovtidende A, 21/04/2010].</p>	<p>La legge danese sull'ambiente di lavoro intende garantire un «ambiente di lavoro sano e sicuro». Nella sua amministrazione, le raccomandazioni dell'ICNIRP sulle radiazioni ottiche sono utilizzate come linee guida insieme alle norme europee in materia (per esempio, le norme EN 60825 e EN 207/208).</p>
Estonia	<p>Töötervishoiu ja tööohutuse seaduse muutmise seadus [Elektroniline Riigi Teataja, RTI, 16.01.2007, 3, 11].</p> <p>Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded tehnikust optilisest kiirgusest mõjutatud töökeskkonnas, tehniku optilise kiirguse piirnormid ja kiirguse mõõtmise kord1 [Elektroniline Riigi Teataja, RTI, 22.04.2010, 16, 84].</p>	

Paese	Legislazione vigente	Orientamenti correnti
Finlandia	Valtionuoston asetus työntekijöiden suojelemiseksi optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuvilta vaaroilta / Statsrådets förordning om skydd av arbetstagare mot risker som uppstår vid exponering för optisk strålning [Suomen Saadoskokoelma (SK), 05/03/2010, 00703-00720, 146/2010]	
Francia	Décret no 2010-750 du 2 juillet 2010 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels [Journal Officiel de la République Française (JORF), 04/07/2010]	
Germania	Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG zum Schutz der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung und zur Änderung von Arbeitsschutzverordnungen vom 19. Juli 2010 [Bundesgesetzblatt Teil 1 (BGBl.), 38, 26/07/2010, 00960-00967]	<p>Information BGI 5006: «Valori limite di esposizione per le radiazioni ottiche artificiali» Linea guida sulle radiazioni non ionizzanti: «Radiazioni ultraviolette da sorgenti artificiali» Linea guida sulle radiazioni non ionizzanti: «Radiazioni ultraviolette da sorgenti artificiali» Linea guida sulle radiazioni non ionizzanti: «Radiazioni visibili e infrarosse» I metodi di valutazione dei rischi per le radiazioni ottiche generate da sorgenti artificiali sono descritti nei seguenti documenti: Regolamento sulla prevenzione degli incidenti BGV B2: «Radiazioni laser» DIN EN 60825-1: 2008: «Sicurezza degli apparecchi laser — Parte 1: Classificazione delle apparecchiature, requisiti e guida per l'utilizzatore» DIN EN 14255-1: 2005: «Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti — Parte 1: Radiazioni ultraviolette emesse da sorgenti artificiali nel posto di lavoro» CEI 62471: 2006: «Sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampada» DIN EN 12198-1:2000 «Sicurezza del macchinario — Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario — Parte 1: Principi generali» Linea guida sulle radiazioni non ionizzanti: «Radiazioni ultraviolette da sorgenti artificiali» BGR 107: Norme di sicurezza per gli essiccatori delle macchine di stampa e per la lavorazione della carta I metodi di riduzione dei rischi per le radiazioni ottiche generate da sorgenti artificiali sono descritti nei seguenti documenti: Regolamento sulla prevenzione degli incidenti BGV B2: «Radiazioni laser» Information BGI 5006: «Valori limite di esposizione per le radiazioni ottiche artificiali» Information BGI 5007: Dispositivi laser per spettacoli e proiezioni DIN EN 12198-3:2002 «Sicurezza del macchinario — Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario — Parte 3: Riduzione della radiazione per attenuazione o schermatura» Linea guida sulle radiazioni non ionizzanti: «Radiazioni laser» Linea guida sulle radiazioni non ionizzanti: «Radiazioni ultraviolette da sorgenti artificiali» I metodi di riduzione dei rischi a livello settoriale sono descritti anche nei seguenti documenti: Regolamento sulla prevenzione degli incidenti BGI D1: «Saldatura, taglio e metodi correlati» «Asciugatura UV», Associazione professionale di stampa e trasformazione della carta Merkblatt über Betrachtungsplätze für die fluoreszierende Prüfung mit dem Magnetpulver- und Eindringverfahren — Ausrüstung und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten mit UV-Strahlung Information BGI 5092 Auswahl von Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen Information BGI 5031 Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikations-Systemen (LWKS) Opuscoli e volantini: Opuscolo dell'Istituto federale per la salute e la sicurezza sul lavoro: «Damit nichts ins Auge geht... — Schutz vor Laserstrahlung» Volantino dell'Istituto federale per la salute e la sicurezza sul lavoro: «Dazzle: Blind for a Moment. Protection Against Optical Radiation» Volantino dell'Istituto federale per la salute e la sicurezza sul lavoro: «Hand-held Lasers to Work Materials»</p>
Grecia	Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (τεχνητή οπτική ακτινοβολία), σε συμμόρφωση με την οδηγία 2006/25/ΕΚ [Εφημερίς της Κυβερνησεως (ΦΕΚ) (Τεύχος Α), 145, 01/09/2010, 03075-03094]	

Paese	Legislazione vigente	Orientamenti correnti
Ungheria	<p>1991. évi XI. törvény az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálatról [Magyar Közlöny, 00753-00759].</p> <p>2/1998. (I. 16.) MüM rendelet a munkahelyen alkalmazandó biztonsági és egészségvédelmi jelzésekről [Magyar Közlöny, 16/01/1998, 174-192, 2].</p> <p>A. Kormány 218/1999. (XII. 28.) Korm. rendelete az egyes szabálysértésekről [Magyar Közlöny, 28/12/1999, 08942-08968, 1999/125].</p> <p>Az egészségügyi miniszter 22/2010. (V. 7.) EüM rendelete a munkavállalókat érő mesterséges optikai sugárzás expozícióra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről [Magyar Közlöny, 14597-14614].</p> <p>1997. évi XLVII. Törvény az egészségügyi és a hozzájuk kapcsolódó személyes adatok kezeléséről és védelméről [Magyar Közlöny, 05/06/1997, 03518-03528, 1997/49].</p> <p>2009. évi CLIV. Törvény az egyes egészségügyi tárgyú törvények módosításáról [Magyar Közlöny, 47035-47090].</p> <p>1993. évi XCIII. tv. a munkavédelemről [Magyar Közlöny, 03/11/1993, 9942-9953, 160].</p> <p>33/1998. (VI. 24.) NM rendelet a munkaköri, szakmai, illetve személyi higiénés alkalmasság orvosi vizsgálatáról és véleményezéséről [Magyar Közlöny, 24/06/1998, 4489-4516, 54].</p>	<p>Le seguenti norme europee trovano applicazione anche in Ungheria:</p> <p>CEI 60825-1, -2, -4, 12</p> <p>CEI 60335-2-27</p> <p>CEI 60601-2-22</p> <p>EN 12198-1</p> <p>EN 14255-1, -2, -4</p>
Irlanda	<p>SAFETY, HEALTH AND WELFARE AT WORK (GENERAL APPLICATION) (AMENDMENT) REGULATIONS 2010</p> <p>[Iris Oifigiúil, 04/05/2010, 00628-00629, 176 of 2010].</p>	<p>Linee guida ICNIRP</p>
Italia	<p>Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro [Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, 30/04/2008, S.O. N. 108/L - GU N. 101].</p>	
Lettonia	<p>Ministru kabineta 2009.gada 30.jūnija noteikumi Nr.731 «Darba aizsardzības prasības nodarbināto aizsardzībai pret mākslīgu optiskā starojuma radīto risku darba vidē» [Latvijas Vēstnesis, 07/07/2009, 105].</p>	<p>Norma lettone: Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti — Parte 2: Radiazioni visibili ed infrarosse emesse da sorgenti artificiali nei posti di lavoro</p>
Lituania	<p>LIETUVOS RESPUBLIKOS ADMINISTRACINIŲ TEISĖS PAŽEIDIMŲ KODEKSO 5. 41, 51(3), 51(12), 55, 58, 70, 76, 77, 77(1), 81, 82, 84(1), 87, 89(1), 91, 99(8), 183, 188(4), 188(9), 189(1), 214(3), 221, 224, 225, 232(1), 237, 242, 244, 246(2), 259(1), 262, 263, 268, 320 STRAIPSNIO PAKEITIMO BEI PAPILDYMO IR KODEKSO PAPILDYMO 42(4), 51(18), 51(19), 51(20), 51(21), 51(22), 56(2), 58(1), 78(1), 89(2), 99(9), 99(10), 148, 173(20), 173(21) STRAIPSNIAIS ĮSTATYMAS Nr. X-691 [Nouvelles de l'Etat, 30/06/2006, 73].</p> <p>Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007 m. spalio 5 d. įsakymas Nr. A1-277/V-785 «Dėl 2007 m. birželio 20 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 2007/30/EB, iš dalies keičiančios Tarybos direktyvą 89/391/EEB, jos atskiras direktyvas ir Tarybos direktyvas 83/477/EEB, 91/383/EEB, 92/29/EEB bei 94/33/EB, siekiant supaprastinti ir racionalizuoti praktinio įgyvendinimo ataskaitas, įgyvendinimo» 2007 m. spalio 5 d. Nr. A1-277/V-785 [Nouvelles de l'Etat, 11/10/2007, 105].</p> <p>Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007 m. gruodžio 14 d. įsakymas Nr. A1-366/V-1025 «Dėl darbuotojų apsaugos nuo dirbtinės optinės spinduliuotės ke-llamos rizikos nuostatų patvirtinimo» [Nouvelles de l'Etat, 22/12/2007, 136].</p> <p>Lietuvos Respublikos administracinių teisės pažeidimų kodekso pakeitimo ir papildymo įstatymas Nr. VIII-1543 [Nouvelles de l'Etat, 15/03/2000, 22].</p>	
Lussemburgo	<p>Règlement grand-ducal du 26 juillet 2010 relatif aux prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des salariés aux risques dus aux agents physiques (rayonnements optiques artificiels et rayonnement solaire) 2. portant modification du règlement grand-ducal modifié du 17 juin 1997 concernant la périodicité des examens médicaux en matière de médecine du travail [Mémorial Luxembourg A, 131, 12/08/2010, 02164-02182]</p>	

Paese	Legislazione vigente	Orientamenti correnti
Malta	L.N. 250 of 2010 OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY AUTHORITY ACT (Cap. 424) Work Place (Minimum Health and Safety Requirements for the Protection of Workers from Risks resulting from Exposure to Artificial Optical Radiation) Regulations, 2010 [The Malta government gazette, 30/04/2010, 02403-02450, 18586].	
Paesi Bassi	Besluit van 1 februari 2010 tot wijziging van het Arbeidsomstandighedenbesluit, houdende regels met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van kunstmatige optische straling [Staatsblad (Bulletin des Lois et des Décrets royaux), 09/03/2010, 00001-00021, Stb. 2010, 103].	Optische straling in arbeidsituaties
Polonia	Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 maja 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne [Dziennik Ustaw, 2010/100/643, 09/06/2010] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [Dziennik Ustaw, 2010/141/950, 06/08/2010]	Vi sono alcune pubblicazioni disponibili riguardanti il metodo di valutazione dei rischi sul lavoro e le linee guida in materia di radiazioni ottiche, vale a dire: «Occupational risk assessment. Part 1: Methodological basis», ed. M.W.Zawieska, CIOP-PIB, Warszawa 2004 (3-rd edition) «Occupational risk assessment. Part 2. STEP-computer aided support», ed. M.W.Zawieska, CIOP, Warszawa 2000 «Occupational risk. Methodological basis of evaluation» ed. M.W.Zawieska, CIOP-PIB Warszawa, 2007.
Portogallo	Assembleia da República – Estabelece as prescrições mínimas para protecção dos trabalhadores contra os riscos para a saúde e a segurança devidos à exposição, durante o trabalho, a radiações ópticas de fontes artificiais, transpondo a Directiva n.º 2006/25/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril [Diário da República, 168, 30/08/2010, 03770-03782] Assembleia da República – Rectifica a Lei n.º 25/2010, de 30 de Agosto, que estabelece as prescrições mínimas para protecção dos trabalhadores contra os riscos para a saúde e a segurança devidos à exposição, durante o trabalho, a radiações ópticas de fontes artificiais, transpondo a Directiva n.º 2006/25/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, publicada no Diário da República, 1.ª série, n.º 168, de 30 de Agosto de 2010 [Diário da República I, 209, 27/10/2010, 04849-04859]	
Romania	Hotărârea Guvernului privind cerințele minime de securitate și sănătate în muncă referitoare la expunerea lucrătorilor la riscuri generate de radiațiile optice artificiale [Monitorul Oficial al României, 427, 25/06/2010, 00002-00015]	
Slovacchia	Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov [Zbierka zákonov SR, 31/07/2007, 154]. Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 410/2007 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou umelému optickému žiareniu [Zbierka zákonov SR, 01/09/2007, 178].	
Slovenia	Uredba o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem [Uradni list RS, 34/2010, 30/04/2010, 04892-04909]	

Paese	Legislazione vigente	Orientamenti correnti
Spagna	<p>Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales [Boletín Oficial del Estado (B.O.E), 24/04/2010, 36103-36120, 99/2010].</p> <p>Corrección de errores del Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales [Boletín Oficial del Estado (B.O.E), 06/05/2010, 40171-40171, 110/2010].</p>	<p>Norme</p> <p>UNE-CR 13464: 1999 «Guía para la selección, utilización y mantenimiento de los protectores oculares y faciales de uso profesional».</p> <p>UNE EN 166: 2002 «Protección individual del ojo. Requisitos»</p> <p>UNE EN 169: 2003 «Protección individual de los ojos. Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado»</p> <p>UNE EN 170: 2003 «Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado».</p> <p>UNE EN 207 «Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser (gafas de protección láser)». (Esta norma tiene ampliaciones y modificaciones).</p> <p>UNE EN 208 «Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas láser (gafas de ajuste láser)». Esta norma tiene ampliaciones y modificaciones).</p> <p>UNE-EN 60825 «Seguridad de los productos láser» esta norma tiene varias partes y numerosas correcciones</p> <p>UNE-EN 14255 Medición y evaluación de la exposición de las personas a la radiación óptica incoherente. (Esta norma tiene varias partes)</p> <p>Posters</p> <p>La Directiva 2006/25/CE sobre exposición laboral a radiaciones ópticas artificiales.</p> <p>Methodology to assess occupational exposure to optical radiations</p> <p>Spectral limit: an Application to Assess the Occupational Exposure to UV & Visible Radiation</p> <p>Altri documenti dell'INSHT</p> <p>NTP 755: «Radiaciones ópticas: Metodología de evaluación de la exposición laboral».</p> <p>NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE EN 60825-1 /A2: 2002).</p> <p>NTP 261: Láseres: riesgos en su utilización.</p> <p>FDN-17: Selección de pantallas faciales y gafas de protección.</p> <p>FDN-23: Comercialización de las Pantallas de Protección para Soldadores.</p> <p>Guías orientativas para la selección y utilización de EPI — Protectores oculares y faciales.</p> <p>CD.R. Prevention of Labour Risks. Advanced training course for the performance of functions of Superior Level. Version 2.</p> <p>Algunas cuestiones sobre seguridad Láser. (Some topics about laser safety).</p> <p>Evaluación de las Condiciones de Trabajo en la pequeña y mediana empresa.</p> <p>Riesgos por radiaciones ópticas procedentes de fuentes luminosas.</p> <p>La exposición laboral a radiaciones ópticas</p>
Svezia	<p>Arbetsmiljöverkets föreskrifter om artificiell optisk strålning (AFS 2009:7). [Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS), 10/11/2009, 2009:7].</p>	
Regno Unito	<p>The Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations 2010 [Her Majesty's Stationery Office (HMSO), 06/04/2010, GB SI 2010 No. 1140]</p> <p>The Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations (Northern Ireland) 2010 [Her Majesty's Stationery Office (HMSO), SR of NI 2010 No. 180]</p> <p>Factories (Protection of Workers from Physical Agents) (Artificial Optical Radiation) Regulations 2010 [Gibraltar Gazette, 3801, 29/07/2010]</p>	<p>MHRA DB2008(03) Guidance on the safe use of lasers, intense light source systems and LEDs in medical, surgical, dental and aesthetic practices.</p> <p>HSG95 The radiation safety of lasers used for display purposes.</p>

Appendice G — Norme europee e internazionali

Diverse norme europee si occupano di prodotti che emettono radiazioni ottiche, caratterizzandone le emissioni e introducendo misure di protezione. Vi sono inoltre norme internazionali ISO, CEI e CIE che non sono ancora state pubblicate sotto forma di norme europee. Un terzo gruppo è rappresentato dai documenti orientativi che sono stati pubblicati a livello internazionale, ma che potrebbero non essere stati adottati da tutti gli Stati membri.

L'inclusione di un documento in questo allegato non significa necessariamente che un datore di lavoro debba procurarsi e leggere tale documento. Tuttavia, alcuni documenti possono costituire un valido aiuto per i datori di lavoro nella loro valutazione e gestione dei rischi.

G.1. Norme europee

EN 165:2005 Protezione personale degli occhi — Vocabolario

EN 166:2002 Protezione personale degli occhi — Specifiche

EN 167:2002 Protezione personale degli occhi — Metodi di prova ottici

EN 168:2002 Protezione personale degli occhi — Metodi di prova non ottici

EN 169:2002 Protezione personale degli occhi — Filtri per la saldatura e tecniche connesse — Requisiti di trasmissione ed usi raccomandati

EN 170:2002 Protezione personale degli occhi — Filtri ultravioletti — Requisiti di trasmissione ed usi raccomandati

EN 171:2002 Protezione personale degli occhi — Filtri infrarossi — Requisiti di trasmissione ed usi raccomandati

EN 175:1997 Protezione personale — Equipaggiamenti di protezione degli occhi e del viso durante la saldatura e i procedimenti connessi

EN 207:1998 Filtri e protettori dell'occhio contro radiazioni laser

EN 208:1998 Protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser e sistemi laser

EN 349:1993 Sicurezza del macchinario, spazi minimi per evitare lo schiacciamento di parti del corpo

EN 379:2003 Protezione personale degli occhi — Filtri automatici per saldatura

EN 953:1997 Sicurezza del macchinario, ripari, requisiti generali per la progettazione e la costruzione di ripari fissi e mobili

EN 1088:1995 Dispositivi di interblocco associati ai ripari

EN 1598:1997 Salute e sicurezza in saldatura e tecniche connesse — Tende, strisce e schermi trasparenti per procedimenti di saldatura ad arco

EN ISO 11145:2001 Ottica e strumenti ottici. Laser e sistemi laser. Vocabolario e simboli

EN ISO 11146-1:2005 Laser e sistemi laser. Metodi di prova per la larghezza del fascio, gli angoli di divergenza e i fattori di propagazione del fascio. Fasci stigmatici e astigmatici semplici

EN ISO 11146-2:2005 Laser e sistemi laser. Metodi di prova per la larghezza del fascio, gli angoli di divergenza e i fattori di propagazione del fascio. Fasci astigmatici generali

- EN ISO 11149:1997 Ottica e strumenti ottici. Laser e sistemi laser. Connettori per fibre ottiche per applicazioni laser esclusi quelli per telecomunicazioni
- EN ISO 11151-1:2000 Laser e sistemi laser. Componenti ottici di riferimento. Componenti per i campi UV, visibili e vicino all'infrarosso
- EN ISO 11151-2:2000 Laser e sistemi laser. Componenti ottici di riferimento. Componenti per il campo spettrale infrarosso
- EN ISO 11252:2004 Laser e sistemi laser.
- Dispositivi laser. Requisiti minimi per la documentazione
- EN ISO 11254-3:2006 Laser e sistemi laser. Determinazione della soglia di danneggiamento provocato da laser indotto sulle superfici ottiche. Verifica della capacità a sostenere la potenza (energia) del laser
- EN ISO 11551:2003 Ottica e strumenti ottici. Laser e sistemi laser. Metodo di prova del fattore di assorbimento dei componenti ottici per laser
- EN ISO 11553-1:2005 Sicurezza del macchinario. Macchine laser. Requisiti generali di sicurezza
- EN ISO 11553-2:2007 Sicurezza del macchinario. Macchine laser. Requisiti di sicurezza per macchine laser portatili
- EN ISO 11554:2006 Ottica e fotonica. Laser e sistemi laser. Metodi di prova della potenza del fascio, dell'energia e delle caratteristiche temporali
- EN ISO 11670:2003 Laser e sistemi laser. Metodi di prova dei parametri dei fasci laser. Stabilità posizionale del fascio
- EN ISO 11810-1:2005 Laser e sistemi laser. Metodo di prova e classificazione per la resistenza laser dei teli chirurgici e/o delle coperture di protezione dei pazienti. Accensione primaria e penetrazione
- EN ISO 11810-2:2007 Laser e sistemi laser. Metodo di prova e classificazione per la resistenza laser dei teli chirurgici e/o delle coperture di protezione dei pazienti. Accensione secondaria
- EN ISO 11990:2003 Ottica e strumenti ottici. Laser e sistemi laser. Determinazione della resistenza al laser di tubi tracheali
- EN ISO 12005:2003 Laser e sistemi laser. Metodi di prova per i parametri del fascio laser. Polarizzazione
- EN ISO 12100-1:2003 Sicurezza del macchinario — Concetti fondamentali, principi generali di progettazione — Parte 1: Terminologia di base, metodologia
- EN ISO 12100-2:2003 Sicurezza del macchinario — Concetti fondamentali, principi generali di progettazione — Parte 2: Principi tecnici
- EN 12254:1998 Schermi per posti di lavoro in presenza di laser. Requisiti di sicurezza e prove
- EN ISO 13694:2001 Ottica e strumenti ottici. Laser e sistemi laser. Metodi di prova della distribuzione della potenza (energia) del fascio laser
- EN ISO 13695:2004 Ottica e fotonica. Laser e sistemi laser. Metodi di prova per le caratteristiche spettrali dei laser
- EN ISO 13697:2006 Ottica e fotonica. Laser e sistemi laser. Metodi di prova del fattore di riflettanza speculare e del fattore di trasmissione dei componenti ottici laser
- EN 13857:2008 Sicurezza del macchinario, distanze di sicurezza per impedire il raggiungimento di zone pericolose con gli arti superiori e inferiori
- EN ISO 14121-1:2007 Sicurezza del macchinario — Valutazione del rischio. Parte 1: Principi
- EN 14255-1:2005 Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti — Parte 1: Radiazioni ultraviolette emesse da sorgenti artificiali nel posto di lavoro
- EN 14255-2:2005 Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti — Parte 2: Radiazioni visibili ed infrarosse emesse da sorgenti artificiali nei posti di lavoro
- EN 14255-4:2006 Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti — Parte 4:

Terminologia e grandezze utilizzate per le misurazioni delle esposizioni a radiazioni UV, visibili e IR

EN ISO 14408:2005 Tubi tracheali progettati per la chirurgia laser. Requisiti per la marcatura e le informazioni di accompagnamento

EN ISO 15367-1:2003 Laser e sistemi laser. Metodi di prova per la determinazione della forma del fronte d'onda di un fascio laser. Terminologia e aspetti fondamentali

EN ISO 15367-2:2005 Laser e sistemi laser. Metodi di prova per la determinazione della forma del fronte d'onda di un fascio laser. Sensori Shack-Hartmann

EN ISO 17526:2003 Ottica e strumenti ottici. Laser e sistemi laser. Durata di vita dei laser

EN ISO 22827-1:2005 Prove di accettazione per le macchine di saldatura a fascio laser Nd:YAG. Macchine con trasporto del fascio in fibra ottica. Insieme dei componenti laser

EN ISO 22827-2:2005 Prove di accettazione per le macchine di saldatura a fascio laser Nd:YAG. Macchine con trasporto del fascio in fibra ottica. Meccanismo di posizionamento

EN 60601-2-22:1996 Apparecchi elettromedicali Parte 2. Norme particolari per la sicurezza. Sezione 2.22. Specifica per apparecchi laser terapeutici e diagnostici

EN 60825-1:2007 Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 1: Classificazione delle apparecchiature e requisiti

EN 60825-2:2004 Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 2: Sicurezza dei sistemi di telecomunicazione a fibre ottiche

EN 60825-4:2006 Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 4: Barriere per laser

EN 60825-12:2004 Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 12: Sicurezza dei sistemi ottici di comunicazione nello spazio libero utilizzati per la trasmissione di informazioni

EN 61040:1993 Rivelatori, strumenti e apparati per la misura della potenza e dell'energia della radiazione laser

G.2. Orientamento europeo

CLC/TR 50488:2005 Guida ai livelli di competenza richiesti nella sicurezza del laser

G.3. Documenti ISO, CEI e CIE

ISO/TR 11146-3: 2004 Lasers and laser-related equipment. Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios. Intrinsic and geometrical laser beam classification, propagation and details of test methods

ISO TR 11991: 1995 Guidance on airway management during laser surgery of upper airway

ISO/TR 22588: 2005 Optics and photonics. Laser and laser-related equipment. Measurement and evaluation of absorption-induced effects in laser optical components

IEC/TR 60825-3: 2008 Safety of Laser Products. Part 3: Guidance for laser displays and shows

IEC TR 60825-5: 2003 Safety of Laser Products. Part 5: Manufacturer's checklist for IEC 60825-1

IEC/TR 60825-8: 2006 Safety of Laser Products. Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans

IEC/TR 60825-13: 2006 Safety of Laser Products. Part 13: Measurements for Classification of Laser Products

IEC TR 60825-14: 2004 Safety of Laser Products. Part 14: A user's guide

IEC 62471: 2006 Photobiological safety of lamps and lamp systems

CIE S 004-2001: Colours of Light Signals

ISO 16508/CIE S006.1/E-1999: Joint ISO/CIE Standard: Road Traffic Lights — Photometric Properties of 200 mm Roundel Signals

ISO 17166/CIE S007/E-1999: Joint ISO/CIE Standard: Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose

ISO 8995-1: 2002(E)/CIE S 008/E: 2001: Joint ISO/CIE Standard: Lighting of Work Places — Part 1: Indoor [incl. Technical Corrigendum ISO 8995:2002/Cor. 1:2005(E)]

CIE S 009/D: 2002: Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen

ISO 23539: 2005(E)/CIE S 010/E: 2004: Joint ISO/CIE Standard: Photometry — The CIE System of Physical Photometry

ISO 23603: 2005(E)/CIE S 012/E: 2004: Joint ISO/CIE Standard: Standard Method of Assessing the Spectral Quality of Daylight Simulators for Visual Appraisal and Measurement of Colour

CIE S 015: 2005: Lighting of Outdoor Work Places

ISO 8995-3: 2006(E)/CIE S 016/E: 2005: Joint ISO/CIE Standard: Lighting of work places — Part 3: Lighting Requirements for Safety and Security of Outdoor Work Places

ISO 28077: 2006(E)/CIE S 019/E: 2006: Joint ISO/CIE Standard: Photocarcinogenesis Action Spectrum (Non-Melanoma Skin Cancers)

ISO 30061: 2007(E)/CIE S 020/E: 2007: Emergency Lighting

Appendice H — Fotosensibilità

H.1. Che cos'è la fotosensibilità?

Le reazioni chimiche innescate dalle radiazioni visibili o UV sono processi naturali ed essenziali per la sopravvivenza degli organismi viventi. Esse sono altresì dette reazioni fotochimiche: l'energia deve essere dapprima assorbita da una molecola o da una cellula vivente, affinché questa raggiunga uno stato di eccitazione e produca una reazione.

In circostanze normali l'effetto finale sarà positivo e non vi saranno danni per l'organismo, nel caso specifico a carico della cute.

Tuttavia, l'assorbimento, l'ingestione o l'inalazione di sostanze specifiche possono indurre gravi effetti di amplificazione e procurare un vero e proprio danno, simile a un'ustione solare acuta moltiplicata per alcuni ordini di grandezza. Tali sostanze sono comunemente denominate «fotosensibilizzatori».

Talvolta gli effetti negativi (come ustioni solari, vesciche e prurito) possono manifestarsi quasi immediatamente.

In alcuni casi, le conseguenze a lungo termine dell'esposizione ripetuta durante il contatto con agenti fotosensibilizzanti possono aumentare il rischio di sviluppare malattie croniche (per esempio, invecchiamento precoce della cute o tumore della cute).

La maggior parte dei fotosensibilizzatori manifesta un maggiore assorbimento nel campo degli UVA e solo in minor misura nel campo delle radiazioni visibili o UVB. I fotosensibilizzatori sono rinvenibili ovunque nell'ambiente,

nella vita di tutti i giorni: farmaci specifici come i cardio-regolatori o i medicinali contro l'ipertensione, alcune sostanze contenute nei vegetali, le sostanze per la conservazione del legno come il carbolineum, le piante da giardino, profumi e cosmetici;

nell'ambiente di lavoro: sostanze coloranti, pesticidi, inchiostri per stampare, additivi alimentari per gli animali;

in ambiente medico: fototerapia, sostanze antibatteriche, tranquillanti, diuretici, trattamenti anti-infezione.

Questi elenchi sono a titolo meramente esemplificativo e non esaustivo. Inoltre, i fotosensibilizzatori utilizzati nella vita di tutti i giorni o di origine medica possono ovviamente influire sulla sensibilità all'esposizione professionale.

Gli effetti negativi dipendono dal tipo e dalla quantità assorbita/ingerita/inalata della sostanza fotosensibilizzante, dall'intensità e dalla durata dell'esposizione, nonché dal patrimonio genetico (per esempio fototipo) di ogni individuo.

H.2. Aspetti associati al lavoro... oppure no

È quindi chiaro che gli effetti negativi dovuti all'esposizione alle radiazioni UV o visibili in presenza di agenti fotosensibilizzanti possono colpire chiunque e insorgere nell'ambito di attività lavorative o non lavorative.

Inoltre, il maggior fattore d'influenza sono le radiazioni naturali prodotte dal sole.

Poiché gli effetti negativi dovuti all'esposizione alle radiazioni naturali non sono contemplati dalla direttiva, le notizie sulle radiazioni naturali sono fornite a mero titolo informativo.

H.3. Che cosa devono fare i datori di lavoro?

La direttiva prevede che i datori di lavoro svolgano una valutazione dei rischi, tenendo conto dei rischi e dei pericoli dovuti all'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali.

Rientra tra le responsabilità dei datori di lavoro l'obbligo di informare il personale in merito a qualsiasi rischio potenziale. La sensibilizzazione sui potenziali rischi e pericoli dovuti agli agenti fotosensibilizzanti è fondamentale.

H.4. Cosa fare se il proprio lavoro richiede l'esposizione a sorgenti di radiazioni ottiche artificiali in combinazione con sostanze fotosensibilizzanti?

Quando svolge una valutazione dei rischi, il datore di lavoro non può essere a conoscenza di tutte le situazioni specifiche, per esempio non può sapere se un lavoratore sta seguendo un trattamento medico con farmaci «fotosensibilizzanti», se utilizza prodotti «fotosensibilizzanti» durante il restauro della propria abitazione o se utilizza sostanze chimiche «fotosensibilizzanti» quando pratica il proprio hobby (vernici, inchiostri, colla) ecc.

Quando si inizia un trattamento medico con farmaci specifici ma «fotosensibilizzanti», il dottore avviserà in genere sui potenziali effetti negativi di un'esposizione alla luce solare, arrivando talvolta a vietarla espressamente. In

una simile situazione è anche consigliabile evitare l'esposizione eccessiva sul posto di lavoro alla luce artificiale (e naturale) o alle sorgenti UV. Leggere sempre l'etichetta! Si raccomanda vivamente di informare il proprio datore di lavoro di persona o di utilizzare i canali o le procedure esistenti nel proprio paese.

Qualora si riscontrino effetti negativi sulla cute, recarsi immediatamente da un medico. Informare il dottore se si sospetta che il problema sia di origine professionale. In caso di sospetta causa professionale, si raccomanda ancora vivamente di informare il proprio datore di lavoro di persona o di utilizzare i canali o le procedure esistenti nel proprio paese. Solo così sarà possibile adattare in maniera appropriata le condizioni sul posto di lavoro.

Appendice I — Risorse

I.1. Internet

Elenchi a mero titolo esemplificativo e non esaustivo; non vi è nessuna approvazione o raccomandazione sottintesa in rapporto al contenuto di siti esterni.

I.2. Consulenza/regolamentazione

Unione europea

Paese	Organizzazione	Sito web
Austria	AUVA	www.auva.at
Belgio	Institut pour la prevention, la protection e le bien-être au travail	www.prevent.be/net/net01.nsf
Cipro	Ημερίδα με θέμα: Ασφαλής Πρόσδεση Φορτίων	www.cyscha.org.cy
Repubblica ceca	Istituto nazionale di sanità pubblica	www.czu.cz
	Centrum bezpečnosti práce a požární ochrany	www.civop.cz
Danimarca	Autorità danese per l'ambiente di lavoro	www.at.dk
Estonia	Tööinspektsioon	www.ti.ee
Finlandia	Työterveyslaitos	www.occuphealth.fi
Francia	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement e du travail	www.afsset.fr
Germania	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	www.baua.de
	Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik	www.bgetf.de
Grecia	Istituto ellenico per la salute e la sicurezza sul lavoro	www.elinyae.gr
Ungheria	Fondazione pubblica per la ricerca sulla sicurezza sul lavoro	www.mkk.org.hu
Irlanda	Health and Safety Authority	www.HSA.ie
Italia	Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro	www.ispesl.it
Lettonia	Istituto per l'igiene ambientale e del lavoro	home.parks.lv/ioeh
Lussemburgo	Inspection du travail e des mines	www.itm.lu/itm
Malta	Occupational Health and Safety Authority	www.ohsa.org.mt
Paesi Bassi	TNO Work and Employment	www.arbeid.tno.nl
Polonia	Istituto centrale per la tutela del lavoro	http://www.ciop.pl
Portogallo	Autoridade para as Condições do Trabalho	www.act.gov.pt
Romania	Istituto di sanità pubblica	www.pub-health-iasi.ro
Slovacchia	Autorità per la sanità pubblica della Repubblica slovacca	www.uvzsr.sk
Slovenia	Ministero del lavoro, della famiglia e degli affari sociali	www.mddsz.gov.si
Spagna	Istituto nazionale di sicurezza e igiene sul lavoro	www.insht.es/portal/site/Insht
	Associazione per la prevenzione degli incidenti	www.apa.es
Svezia	Agenzia svedese per la protezione dalle radiazioni	www.ssi.se
Regno Unito	Health Protection Agency	www.hpa.org.uk
	Health and Safety Executive	www.hse.gov.uk

Ambito internazionale

Organizzazione	Sito web
Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti	www.icnirp.de
Commissione internazionale per l'illuminazione	www.cie.co.at
Organizzazione mondiale della sanità	www.who.int
Conferenza americana degli igienisti industriali governativi	www.acgih.org
Confederazione europea dei sindacati	www.etuc.org hesa.etui-rehs.org
Alleanza europea per la salute pubblica	www.epha.org/r/64
Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro	osha.europa.eu/
Commissione internazionale per la salute occupazionale	www.icohweb.org

Resto del mondo

Paese	Organizzazione	Sito web
USA	US Food and Drug Administration Center for Devices and Radiological Health	www.fda.gov/cdrh/
USA	US Food and Drug Administration Medical Accident Database	www.accessdata.fda.gov
USA	United States Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine, Laser/Optical Radiation Program	chppm-www.apgea.army.mil/laser/laser.html
Australia	Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency	www.arpansa.gov.au

I.3. Norme

Organizzazione	Sito web
Commissione elettrotecnica internazionale	www.iec.ch
Comitato europeo di normalizzazione elettrotecnica	www.cenelec.eu
Comitato europeo di normalizzazione	www.cen.eu
Organizzazione internazionale per la standardizzazione	www.iso.org
American National Standards Institute	www.ansi.org
US Laser Safety Standards	www.z136.org

I.4. Associazioni/directory sul web

Organizzazione	Sito web
European Optical Society	www.myeos.org
SPIE	www.spie.org
Optical Society of America	www.osa.org
Laser Institute of America	www.laserinstitute.org
Association of Laser Users	www.ailu.org.uk
Institute of Physics	www.iop.org
Institute of Physics and Engineering in Medicine	www.ipem.org.uk
British Medical Laser Association	www.bmla.co.uk
Associazione europea principale dei costruttori di pannelli radianti luminosi a gas	www.elvhis.com

I.5. Riviste

www.optics.org

Opto & Laser Europe

www.health-physics.com

Rivista Health Physics

www.oxfordjournals.org/our_journals/rpd/about.html

Ricerca di estratti da pubblicazioni in materia di laser su
Radiation Protection Dosimetry

lfw.pennnet.com/home.cfm

Rivista mensile statunitense di ottica Laser Focus World

www.photonics.com

Photonics Spectra, Europhotonics e BioPhotonics

scitation.aip.org/jla/

Journal of Laser Applications

www.springerlink.com/content/1435-604X/

Laser nella rivista Medical Science

fibers.org/fibresystems/schedule/fse.cfm

Rivista Fibre Systems Europe

www.laserist.org/Laserist/

La rivista Laserist dell'International Laser Display
Association

www.ledsmagazine.com

Rivista elettronica che tratta l'applicazione dei LED

www.ils-digital.com

Rivista Industrial Laser Solutions

www.rp-photonics.com/encyclopedia.html

Enciclopedia online che tratta tutta una serie di argo-
menti legati all'ottica e ai laser

I.6. CD, DVD e altre risorse

Risorsa	Fornitore	Commenti
Limits CD	Austrian Research Centers	Un sistema di formazione interattiva (inglese e tedesco) sulla sicurezza del laser nell'industria e nella ricerca. Il CD include un video di 30 minuti che sintetizza i 9 capitoli del CD. I capitoli possono essere visionati anche indipendentemente dal video. Include una sezione con test (a scelta multipla) e un glossario.
LIA — Mastering Light — Laser Safety DVD	LIA	Discute applicazioni, tipi di laser, rischi del laser, misure di controllo, segnali ed etichette, conservazione delle protezioni per gli occhi ecc. Include i dettagli sulla vecchia classificazione dei laser.
Laser Safety in Higher Education su DVD	Università di Southampton	Discute l'interazione tra le radiazioni laser e l'organismo, le misure di sicurezza, i filtri neutri ecc. Include i dettagli sulla vecchia classificazione dei laser.
LIA — CLSOs' Best Practices in Laser Safety su CD	LIA	Libro + CD. Il CD contiene le presentazioni in PowerPoint dei capitoli 5.2.1.1 e 5.2.1.3. Il libro è destinato all'uso come strumento nello sviluppo di un programma per la sicurezza del laser.
Prevention of Labour Risks su CD	INSHT	Corso di formazione avanzata per lo svolgimento di funzioni di livello superiore. Versione 2.
Guide to Laser Safety	Laservision	Opuscolo (inglese e tedesco). Questo opuscolo si concentra in particolare sui filtri e sulle protezioni per gli occhi a prova di laser.
Laser-Augenschutz Filter-Select	BGETF	Banca dati interattiva Access sulle protezioni a prova di laser per gli occhi.

Appendice J — Glossario

Distanza di rischio

distanza minima dalla sorgente alla quale l'irradianza/radianza scende al di sotto del valore limite di esposizione (ELV) appropriato

Distanza di rischio cutaneo

distanza alla quale l'irradianza supera il limite di esposizione cutanea applicabile per 8 ore di esposizione
Unità: m

Distanza di rischio oculare (OHD)

distanza alla quale l'irradianza del fascio o l'esposizione radiante è pari ai valori limite di esposizione oculare appropriati

Esposizione radiante

quoziente dell'energia radiante dQ incidente su un elemento della superficie contenente il punto per la durata indicata, per l'area dA di tale elemento

$$H = \frac{dQ}{dA}$$

Analogamente, l'integrale dell'irradianza E in corrispondenza di un dato punto per una data durata Δt

$$H = \int_{\Delta t} E \cdot dt$$

Unità SI: $J m^{-2}$

Funzione di ponderazione del rischio da luce blu

funzione di ponderazione spettrale che riflette gli effetti fotochimici delle radiazioni ultraviolette e visibili sulla retina

Simbolo: $B(\lambda)$

Unità SI: adimensionale

Funzione di ponderazione del rischio da ultravioletti

funzione di ponderazione spettrale finalizzata alla protezione della salute, che riflette gli effetti acuti combinati delle radiazioni ultraviolette sugli occhi e sulla cute

Funzione di ponderazione del rischio termico per la retina

funzione di ponderazione spettrale che riflette gli effetti termici delle radiazioni visibili e infrarosse sulla retina

Simbolo: $R(\lambda)$

Unità SI: adimensionale

Illuminanza (E_v) (in corrispondenza di un punto di una superficie)

Quoziente del flusso luminoso $d\Phi_v$ incidente su un elemento della superficie contenente il punto, per l'area dA di tale elemento

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dA}$$

Unità: lux (lx)

Irradianza (in corrispondenza di un punto della superficie)

quoziente del flusso radiante $d\Phi$ incidente su un elemento di una superficie contenente il punto, per l'area dA di tale elemento, vale a dire

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

Unità SI: $W m^{-2}$

Limite di esposizione (ELV)

livello massimo di esposizione degli occhi o della cute che non causerà presumibilmente effetti biologici negativi

Luminanza

quantità definita dalla formula

$$L_v = \frac{d\Phi_v}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

dove:

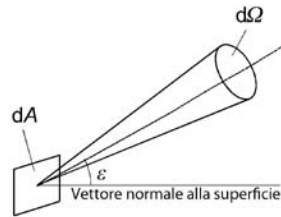
$d\Phi_v$ è il flusso luminoso trasmesso da un fascio elementare che passa attraverso un dato punto e si propaga nell'angolo solido $d\Omega$ contenente la direzione in questione;

dA è l'area di una sezione di tale fascio contenente il punto in questione;

ε è l'angolo tra la normale a tale sezione e la direzione del fascio

Simbolo: L_v

Unità: $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$



Schema della definizione di radianza.

Radianza

(in una data direzione in corrispondenza di un dato punto di una superficie reale o immaginaria)

quantità definita dalla formula

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

dove:

$d\Phi$ è la potenza radiante (flusso) trasmessa da un fascio elementare che passa attraverso un dato punto e si propaga nell'angolo solido $d\Omega$ contenente la direzione in questione;

dA è l'area di una sezione di tale fascio contenente il punto in questione;

θ è l'angolo tra la normale a tale sezione e la direzione del fascio

Simbolo: L

Unità SI: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

Radiazioni infrarosse (IR)

radiazioni ottiche le cui lunghezze d'onda sono più lunghe di quelle delle radiazioni visibili

Per le radiazioni infrarosse, il campo compreso tra 780 nm e 10^6 nm viene suddiviso comunemente in:

IRA (da 780 nm a 1 400 nm)

IRB (da 1 400 nm a 3 000 nm)

IRC (da 3 000 nm a 10^6 nm)

Radiazioni non coerenti

qualsiasi radiazione ottica diversa dalle radiazioni laser

Radiazioni ottiche

radiazioni elettromagnetiche a lunghezze d'onda tra la regione di transizione ai raggi X (lunghezza d'onda circa 1 nm) e la regione di transizione alle onde radio (lunghezza d'onda circa 10^6 nm)

Radiazioni ultraviolette (UV)

radiazioni ottiche le cui lunghezze d'onda sono più corte di quelle delle radiazioni visibili

Per le radiazioni ultraviolette, il campo compreso tra 100 nm e 400 nm viene suddiviso comunemente in:

UVA, da 315 nm a 400 nm

UVB, da 280 nm a 315 nm

UVC, da 100 nm a 280 nm

Le radiazioni ultraviolette nel campo di lunghezze d'onda al di sotto di 180 nm (UV lontano) sono fortemente assorbite dall'ossigeno presente nell'aria

Radiazioni visibili

qualsiasi radiazione ottica in grado di causare direttamente una sensazione visiva

Nota: non vi sono limiti precisi per il campo spettrale delle radiazioni visibili, in quanto queste dipendono dalla quantità di potenza radiante che raggiunge la retina e dalla sensibilità dell'osservatore. Il limite inferiore si colloca generalmente tra 360 nm e 400 nm, mentre il limite superiore oscilla tra 760 nm e 830 nm.

Regione di rischio per la retina

regione spettrale da 380 nm a 1 400 nm (radiazioni visibili più IR-A) entro la quale i mezzi oculari normali trasmettono le radiazioni ottiche alla retina

Rischio da luce blu

rischio di lesione retinica indotta fotochimicamente a seguito dell'esposizione a radiazioni ottiche nel campo di lunghezze d'onda da 300 nm a 700 nm

Rischio da ultravioletti

rischio di effetti negativi cronici e acuti sulla cute e sugli occhi a causa dell'esposizione alle radiazioni ottiche nel campo di lunghezze d'onda da 180 nm a 400 nm

Rischio termico per la retina

rischio di lesione oculare dovuta all'esposizione alle radiazioni ottiche nel campo di lunghezze d'onda 380-1 400 nm

Risposta di avversione, volontaria o involontaria

chiusura della palpebra, movimento dell'occhio, costrizione pupillare o movimento della testa per evitare l'esposizione allo stimolo di una radiazione ottica

Appendice K — Bibliografia

K.1. Storia dei laser

How the Laser Happened — Adventures of a Scientist, Charles H Townes. Oxford University Press, 1999.

The Laser Odyssey, Theodore Maiman, Laser Press, 2000.

The History of the Laser, M Bertolotti, Institute of Physics Publishing, 2005.

Beam: The Race to Make the Laser, Jeff Hecht, Oxford University Press, 2005.

Laser: The Inventor, the Nobel Laureate, and the Thirty-Year Patent War, Nick Taylor, iUniverse.com, 2007.

K.2. Laser medici

Medical Lasers and their Safe Use, D Sliney e S Trokel, Springer-Verlag, New York, 1993.

Laser-Tissue Interactions — Fundamentals and Applications, Markolf H. Niemz, Springer, 2004.

K.3. Sicurezza in presenza di laser e di radiazioni ottiche

safety with Lasers and Other Optical Sources, D Sliney e M Wolbarsht, Plenum, New York, 1980.

Practical Laser Safety, D C Winburn, Marcel Dekker Inc. New York, 1985.

The Use of Lasers in the Workplace: A Practical Guide, International Labour Office, Geneva, 1993.

Laser Safety, Roy Henderson e Karl Schulmeister, Institute of Physics Publishing, 2003.

Laser Safety Management, Ken Barat, CRC Press/Taylor & Francis, 2006.

Schutz vor optischer Strahlung, Ernst Sutter, VDE Verlag GmbH, 2002.

K.4. Tecnologia laser e teoria

introduction to Laser Technology, Breck Hitz, J J Ewing & Jeff Hecht, IEEE Press, 2001.

Handbook of Laser Technology and Applications

- Volume 1: Principles
- Volume 2: Laser Design and Laser Systems
- Volume 3: Applications

Colin Webb e Julian Jones, Editors, Institute of Physics Publishing, 2004.

Principles of Lasers and Optics, William S C Chang, Cambridge University Press, 2005.

Field Guide to Lasers, Rüdiger Paschotta, SPIE Press, 2008.

K.5. Linee guida e dichiarazioni

Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation), Health Physics 87 (2): pagg. 171-186; 2004.

Revision of the Guidelines on Limits of Exposure to Laser radiation of wavelengths between 400nm and 1.4µm, Health Physics 79 (4): pagg. 431-440; 2000.

Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3µm), Health Physics 73 (3): pagg. 539-554; 1997.

Guidelines on UV Radiation Exposure Limits, Health Physics 71 (6): pag. 978; 1996.

Guidelines on Limits of Exposure to Laser Radiation of Wavelengths between 180 nm and 1 mm, Health Physics 71 (5): pagg. 804-819; 1996.

Proposed Change to the IRPA 1985 Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation. Health Physics 56 (6): pagg. 971-972; 1989.

Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths between 180 nm and 400nm (Incoherent Optical Radiation), Health Physics 49 (2): pagg. 331-340; 1985.

ICNIRP Statement on Far Infrared Radiation Exposure, Health Physics 91(6): pagg. 630-645; 2006.

Adjustment of guidelines for exposure of the eye to optical radiation from ocular instruments: statement from a task group of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Sliney D, Aron-Rosa D, DeLori F, Fankhouser F, Landry R, Mainster M, Marshall J, Rasso B, Stuck B, Trokel S, West T e Wolfe M. Applied Optics 44 (11): pagg. 2162-2176; 2005.

Health Issues of Ultraviolet Tanning Appliances used for Cosmetic Purposes, Health Physics 84 (1): pagg. 119-127; 2004.

Light-Emitting Diodes (LEDs) and Laser Diodes:

- Implications for Hazard Assessment, *Health Physics* 78 (6): pagg. 744-752; 2000.
- Laser Pointers. *Health Physics* 77 (2): pagg. 218-220; 1999.
- Health Issues of Ultraviolet «A» Sunbeds Used for Cosmetic Purposes, *Health Physics* 61 (2): pagg. 285-288; 1991.
- Fluorescent Lighting and Malignant Melanoma, *Health Physics* 58 (1): pagg. 111-112; 1990.
- UV exposure guidance: a balanced approach between health risks and health benefits of UV and Vitamin D. Proceedings of an International Workshop, *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, Vol 92, Number 1; September 2006. ISSN 0079-6107.
- Ultraviolet Radiation Exposure, Measurement and Protection. Proceedings of an International Workshop, NRPB, Chilton, UK, 18-20 October, 1999, AF McKinlay, MH Repacholi (eds.) Nuclear Technology Publishing, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 91, pagg. 1-3, 1999. ISBN 1870965655.
- Measurements of Optical Radiation Hazards, A reference book based on presentations given by health and safety experts on optical radiation hazards, Gaithersburg, Maryland, USA, September 1-3, 1998, Munich: ICNIRP/CIE-Publications, 1999. ISBN 978-3-9804789-5-3.
- Protecting Workers from UV Radiation, Munich: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, International Labour Organization, World Health Organization; 2007. ISBN 978-3-934994-07-2.
- Documents of the NRPB: Vol. 13, No. 1, 2002, Health Effects from Ultraviolet Radiation: Report of an Advisory Group on Non-Ionising Radiation, Health Protection Agency. ISBN 0-85951-475-7.
- Documents of the NRPB: Vol. 13, No. 3, 2002, Advice on Protection Against Ultraviolet Radiation, Health Protection Agency, ISBN 0-85951-498-6.

Appendice L — Direttiva 2006/25/CE

L 114/38

IT

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

27.4.2006

DIRETTIVA 2006/25/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

del 5 aprile 2006

sulle 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'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE)

IL PARLAMENTO EUROPEO E IL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA,

visto il trattato che istituisce la Comunità europea, in particolare l'articolo 137, paragrafo 2,

vista la proposta della Commissione ⁽¹⁾, presentata previa consultazione del comitato consultivo per la sicurezza e la salute sul luogo di lavoro,

visto il parere del Comitato economico e sociale europeo ⁽²⁾,

previa consultazione del Comitato delle regioni,

deliberando secondo la procedura di cui all'articolo 251 del trattato ⁽³⁾, visto il progetto comune approvato il 31 gennaio 2006 dal comitato di conciliazione,

considerando quanto segue:

(1) In base al trattato, il Consiglio può adottare, mediante direttive, prescrizioni minime per promuovere il miglioramento, in particolare, dell'ambiente di lavoro, al fine di garantire un più elevato livello di protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori. È necessario che tali direttive evitino di imporre vincoli amministrativi, finanziari e giuridici tali da ostacolare la creazione e lo sviluppo di piccole e medie imprese (PMI).

(2) La comunicazione della Commissione sul suo programma d'azione per l'attuazione della Carta comunitaria dei diritti sociali fondamentali dei lavoratori prevede l'introduzione di prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici. Nel settembre 1990, il Parlamento europeo ha adottato una risoluzione su questo programma d'azione ⁽⁴⁾ che invita in particolare la Commissione a elaborare una direttiva specifica nel campo dei rischi legati al rumore, alle vibrazioni e a qualsiasi altro agente fisico sul luogo di lavoro.

(3) Come primo passo il Parlamento europeo e il Consiglio hanno adottato la direttiva 2002/44/CE, del 25 giugno 2002, sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni) (sedicesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) ⁽⁵⁾. Successivamente, il 6 febbraio 2003, il Parlamento europeo e il Consiglio hanno adottato la direttiva 2003/10/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore) (diciassettesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) ⁽⁶⁾. Quindi, il 29 aprile 2004, il Parlamento europeo e il Consiglio hanno adottato la direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (diciottesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) ⁽⁷⁾.

(4) Si ritiene ora necessario introdurre misure di protezione dei lavoratori contro i rischi associati alle radiazioni ottiche, a causa dei loro effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori, in particolare i danni agli occhi e alla cute. Tali misure mirano non solo ad assicurare la salute e la sicurezza di ciascun lavoratore considerato individualmente, ma anche a creare per tutti i lavoratori della Comunità una piattaforma minima di protezione che eviti possibili distorsioni di concorrenza.

(5) Uno degli scopi della presente direttiva è la tempestiva scoperta di effetti nocivi sulla salute risultanti dall'esposizione a radiazioni ottiche.

⁽¹⁾ GU C 77 del 18.3.1993, pag. 12 e GU C 230 del 19.8.1994, pag. 3.

⁽²⁾ GU C 249 del 13.9.1993, pag. 28.

⁽³⁾ Parere del Parlamento europeo del 20 aprile 1994 (GU C 128 del 9.5.1994, pag. 146), confermato il 16 settembre 1999 (GU C 54 del 25.2.2000, pag. 75), posizione comune del Consiglio del 18 aprile 2005 (GU C 172 E del 12.7.2005, pag. 26) e posizione del Parlamento europeo del 16 novembre 2005 (non ancora pubblicata nella Gazzetta ufficiale). Risoluzione legislativa del Parlamento europeo del 14 febbraio 2006 (non ancora pubblicata nella Gazzetta ufficiale) e decisione del Consiglio del 23 febbraio 2006.

⁽⁴⁾ GU C 260 del 15.10.1990, pag. 167.

⁽⁵⁾ GU L 177 del 6.7.2002, pag. 13.

⁽⁶⁾ GU L 42 del 15.2.2003, pag. 38.

⁽⁷⁾ GU L 159 del 30.4.2004, pag. 1; rettifica nella GU L 184 del 24.5.2004, pag. 1.

- (6) La presente direttiva stabilisce requisiti minimi e lascia quindi agli Stati membri la facoltà di mantenere o di adottare disposizioni più severe per la protezione dei lavoratori, in particolare fissando valori limite di esposizione inferiori. L'attuazione della presente direttiva non deve servire per giustificare un regresso rispetto alla situazione esistente in ciascuno Stato membro.
- (7) È opportuno che un sistema di protezione contro i rischi di radiazioni ottiche si limiti a definire, senza entrare in eccessivo dettaglio, gli obiettivi da raggiungere, i principi da rispettare e le grandezze fondamentali da utilizzare al fine di permettere agli Stati membri di applicare le prescrizioni minime in modo equivalente.
- (8) La riduzione dell'esposizione alle radiazioni ottiche può essere realizzata in maniera più efficace attraverso l'applicazione di misure preventive fin dalla progettazione delle posizioni di lavoro, nonché attraverso la scelta delle attrezzature, dei procedimenti e dei metodi di lavoro, allo scopo di ridurre in via prioritaria i rischi alla fonte. Disposizioni relative alle attrezzature e ai metodi di lavoro contribuiscono quindi alla protezione dei lavoratori che ne fanno uso. Conformemente ai principi generali di prevenzione di cui all'articolo 6, paragrafo 2, della direttiva 89/391/CEE del Consiglio, del 12 giugno 1989, concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro⁽¹⁾, le misure di protezione collettiva sono prioritarie rispetto alle misure di protezione individuale.
- (9) I datori di lavoro dovrebbero adeguarsi ai progressi tecnici e alle conoscenze scientifiche per quanto riguarda i rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ottiche, in vista del miglioramento della protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori.
- (10) Poiché la presente direttiva è una direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE, quest'ultima si applica pertanto all'esposizione dei lavoratori alle radiazioni ottiche, fatte salve disposizioni più rigorose e/o specifiche contenute nella presente direttiva.
- (11) La presente direttiva costituisce un elemento concreto nel quadro della realizzazione della dimensione sociale del mercato interno.
- (12) Un approccio che contemporaneamente promuova il principio di una migliore normativa e assicuri un elevato livello di protezione può essere assicurato laddove i prodotti realizzati dai fabbricanti delle sorgenti di radiazioni ottiche e delle relative attrezzature di lavoro siano conformi a norme armonizzate volte a proteggere la salute e la sicurezza degli utilizzatori dai rischi inerenti a tali prodotti; di conseguenza, non è necessario che i datori di lavoro ripetano le misure o i calcoli già effettuati dal fabbricante per determinare la conformità ai requisiti essenziali di sicurezza di dette attrezzature, secondo quanto specificato nelle direttive comunitarie applicabili, a condizione che la manutenzione di tali attrezzature sia stata corretta e regolare.
- (13) Le misure necessarie per l'attuazione della presente direttiva sono adottate secondo la decisione 1999/468/CE del Consiglio, del 28 giugno 1999, recante modalità per l'esercizio delle competenze di esecuzione conferite alla Commissione⁽²⁾.
- (14) L'aderenza ai valori limite di esposizione dovrebbe fornire un elevato livello di protezione rispetto agli effetti sulla salute che possono derivare dall'esposizione alle radiazioni ottiche.
- (15) La Commissione dovrebbe redigere una guida pratica al fine di aiutare i datori di lavoro, in particolare i responsabili delle PMI, a comprendere meglio le norme tecniche della presente direttiva. La Commissione dovrebbe sforzarsi di completare tale guida quanto prima per facilitare l'adozione, da parte degli Stati membri, delle misure necessarie per attuare la presente direttiva.
- (16) Conformemente al paragrafo 34 dell'accordo interistituzionale «Legiferare meglio»⁽³⁾, gli Stati membri sono incoraggiati a redigere e rendere pubblici, nell'interesse proprio e della Comunità, prospetti indicanti, per quanto possibile, la concordanza tra la presente direttiva e i provvedimenti di recepimento,

HANNO ADOTTATO LA PRESENTE DIRETTIVA:

SEZIONE I

DISPOSIZIONI GENERALI

Articolo 1

Oggetto e campo di applicazione

1. La presente direttiva, che è la diciannovesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE, stabilisce prescrizioni minime di protezione dei lavoratori contro i rischi per la loro salute e la loro sicurezza che derivano, o possono derivare, dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali durante il lavoro.
2. La presente direttiva riguarda i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi sugli occhi e sulla cute derivanti dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali.

⁽¹⁾ GU L 183 del 29.6.1989, pag. 1. Direttiva modificata dal regolamento (CE) n. 1882/2003 del Parlamento europeo e del Consiglio (GU L 284 del 31.10.2003, pag. 1).

⁽²⁾ GU L 184 del 17.7.1999, pag. 23.

⁽³⁾ GU C 321 del 31.12.2003, pag. 1.

3. La direttiva 89/391/CEE si applica integralmente all'insieme del settore definito nel paragrafo 1, fatte salve disposizioni più rigorose e/o più specifiche contenute nella presente direttiva.

Articolo 2

Definizioni

Ai fini della presente direttiva si intende per:

a) «radiazioni ottiche»: tutte le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezze d'onda comprese tra 100 nm e 1 mm. Lo spettro delle radiazioni ottiche si suddivide in radiazioni ultraviolette, radiazioni visibili e radiazioni infrarosse:

i) «radiazioni ultraviolette»: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 100 e 400 nm. La banda degli ultravioletti è suddivisa in UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) e UVC (100-280 nm);

ii) «radiazioni visibili»: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 380 e 780 nm;

iii) «radiazioni infrarosse»: radiazioni ottiche a lunghezza d'onda compresa tra 780 nm e 1 mm. La regione degli infrarossi è suddivisa in IRA (780-1 400 nm), IRB (1 400-3 000 nm) e IRC (3 000 nm - 1 mm);

b) «laser» (amplificazione di luce mediante emissione stimolata di radiazione): qualsiasi dispositivo al quale si possa far produrre o amplificare le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezze d'onda delle radiazioni ottiche, soprattutto mediante il processo di emissione stimolata controllata;

c) «radiazione laser»: radiazione ottica da un laser;

d) «radiazione non coerente»: qualsiasi radiazione ottica diversa dalla radiazione laser;

e) «valori limite di esposizione»: limiti di esposizione alle radiazioni ottiche che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche siano protetti contro tutti gli effetti nocivi sulla salute conosciuti;

f) «irradianza» (E) o «densità di potenza»: la potenza radiante incidente per unità di area su una superficie espressa in watt su metro quadrato ($W m^{-2}$);

g) «esposizione radiante» (H): integrale nel tempo dell'irradianza espresso in joule su metro quadrato ($J m^{-2}$);

h) «radianza» (L): il flusso radiante o la potenza per unità d'angolo solido per unità di superficie espressa in watt su metro quadrato su steradiano ($W m^{-2} sr^{-1}$);

i) «livello»: la combinazione di irradianza, esposizione radiante e radianza alle quali è esposto un lavoratore.

Articolo 3

Valori limite di esposizione

1. I valori limite di esposizione per le radiazioni incoerenti diverse dalle radiazioni emesse da sorgenti naturali di radiazioni ottiche sono riportati nell'allegato I.

2. I valori limite di esposizione per le radiazioni laser sono riportati nell'allegato II.

SEZIONE II

OBBLIGHI DEI DATORI DI LAVORO

Articolo 4

Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi

1. Nell'assolvere gli obblighi di cui all'articolo 6, paragrafo 3, e all'articolo 9, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE, il datore di lavoro, in caso di lavoratori esposti a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche, valuta e, se necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori, in modo da identificare e mettere in pratica le misure richieste per ridurre l'esposizione ai limiti applicabili. La metodologia seguita nella valutazione, nella misurazione e/o nel calcolo rispetta le norme della Commissione elettronica internazionale (CEI), per quanto riguarda le radiazioni laser, e le raccomandazioni della Commissione internazionale per l'illuminazione (CIE) e del Comitato europeo di normazione (CEN) per quanto riguarda le radiazioni incoerenti. Nelle situazioni di esposizione che esulano dalle suddette norme e raccomandazioni, e fino a quando non saranno disponibili norme e raccomandazioni adeguate dell'Unione europea, la valutazione, la misurazione e/o il calcolo sono effettuati in base alle linee guida nazionali o internazionali scientificamente fondate. In tutti i casi di esposizione, la valutazione può tenere conto dei dati indicati dai fabbricanti delle attrezzature, se contemplate da pertinenti direttive comunitarie.

2. La valutazione, la misurazione e/o il calcolo di cui al paragrafo 1 sono programmati ed effettuati da servizi o persone competenti a intervalli idonei, tenendo conto in particolare delle disposizioni relative alle competenze richieste (persone o servizi) e alla consultazione e alla partecipazione dei lavoratori di cui agli articoli 7 e 11 della direttiva 89/391/CEE. I dati ottenuti dalle valutazioni, così come i dati ottenuti dalla misurazione e/o dal calcolo del livello di esposizione di cui al paragrafo 1, sono conservati in forma idonea a consentirne la successiva consultazione.

3. A norma dell'articolo 6, paragrafo 3, della direttiva 89/391/CEE, il datore di lavoro, in occasione della valutazione dei rischi, presta particolare attenzione ai seguenti elementi:

- a) il livello, la gamma di lunghezze d'onda e la durata dell'esposizione a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche;
- b) i valori limite di esposizione di cui all'articolo 3 della presente direttiva;
- c) qualsiasi effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori appartenenti a gruppi a rischio particolarmente esposti;
- d) qualsiasi eventuale effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori risultante dalle interazioni sul posto di lavoro tra le radiazioni ottiche e le sostanze chimiche fotosensibilizzanti;
- e) qualsiasi effetto indiretto come l'accecamento temporaneo, le esplosioni o il fuoco;
- f) l'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali;
- g) per quanto possibile, informazioni adeguate raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria, comprese le informazioni pubblicate;
- h) sorgenti multiple di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali;
- i) una classificazione dei laser stabilita conformemente alla pertinente norma IEC e, in relazione a tutte le sorgenti artificiali che possono arrecare danni simili a quelli di un laser della classe 3B o 4, tutte le classificazioni analoghe;
- j) le informazioni fornite dai fabbricanti delle sorgenti di radiazioni ottiche e delle relative attrezzature di lavoro in conformità delle pertinenti direttive comunitarie.

4. Il datore di lavoro è in possesso di una valutazione dei rischi a norma dell'articolo 9, paragrafo 1, lettera a), della direttiva 89/391/CEE e precisa quali misure devono essere adottate a norma degli articoli 5 e 6 della presente direttiva. La valutazione dei rischi è riportata su un supporto appropriato, conformemente alle legislazioni e alle prassi nazionali; essa può includere una giustificazione del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi connessi con le radiazioni ottiche non rendono necessaria un'ulteriore dettagliata valutazione dei rischi. La valutazione dei rischi è regolarmente aggiornata, in particolare se vi sono stati notevoli mutamenti che potrebbero averla resa superata, oppure quando i risultati della sorveglianza sanitaria la rendono necessaria.

Articolo 5

Disposizioni miranti ad eliminare o a ridurre i rischi

1. Tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, i rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo.

La riduzione dei rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali si basa sui principi generali di prevenzione della direttiva 89/391/CEE.

2. Se la valutazione dei rischi effettuata a norma dell'articolo 4, paragrafo 1, nel caso di lavoratori esposti a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche, mette in evidenza che i valori limite d'esposizione possono essere superati, il datore di lavoro definisce e attua un programma d'azione che comprenda misure tecniche e/o organizzative destinate ad evitare l'esposizione che superi i valori limite tenendo conto segnatamente:

- a) di altri metodi di lavoro che riducono i rischi derivanti dalle radiazioni ottiche;
- b) della scelta di attrezzature che emettano meno radiazioni ottiche, tenuto conto del lavoro da svolgere;
- c) delle misure tecniche per ridurre l'emissione delle radiazioni ottiche, incluso, se necessario, l'uso di dispositivi di sicurezza, schermatura o analoghi meccanismi di protezione della salute;
- d) degli opportuni programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- e) della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- f) della limitazione della durata e del livello dell'esposizione;
- g) della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale;
- h) delle istruzioni del fabbricante delle attrezzature, se sono incluse in una pertinente direttiva comunitaria.

3. In base alla valutazione dei rischi effettuata a norma dell'articolo 4, i luoghi di lavoro in cui i lavoratori potrebbero essere esposti a livelli di radiazioni ottiche provenienti da sorgenti artificiali che superino i valori limite di esposizione sono indicati con un'apposita segnaletica a norma della direttiva 92/58/CEE del Consiglio, del 24 giugno 1992, recante le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro (nona direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) ⁽¹⁾. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile e vi sia il rischio di un superamento dei valori limite di esposizione.

4. I lavoratori non sono esposti a valori che superano i valori limite di esposizione. Allorché, nonostante i provvedimenti presi dal datore di lavoro in applicazione della presente direttiva per quanto riguarda le radiazioni ottiche provenienti da sorgenti artificiali, i valori limite di esposizione sono superati, il datore di lavoro adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione. Egli individua le cause del superamento dei valori limite di esposizione e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento.

5. A norma dell'articolo 15 della direttiva 89/391/CEE, il datore di lavoro adatta le misure di cui al presente articolo alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi a rischio particolarmente esposti.

Articolo 6

Informazione e formazione dei lavoratori

Fatti salvi gli articoli 10 e 12 della direttiva 89/391/CEE, il datore di lavoro garantisce che i lavoratori esposti ai rischi derivanti dalle radiazioni ottiche artificiali sul luogo di lavoro e/o i loro rappresentanti ricevano le informazioni e la formazione necessarie in relazione al risultato della valutazione dei rischi di cui all'articolo 4 della presente direttiva, con particolare riguardo:

- a) alle misure adottate in applicazione della presente direttiva;
- b) ai valori limite di esposizione e ai potenziali rischi associati;
- c) ai risultati della valutazione, misurazione e/o calcolo dei livelli di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali effettuati a norma dell'articolo 4 della presente direttiva, corredati di una spiegazione del loro significato e dei potenziali rischi;
- d) alle modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute;

⁽¹⁾ GU L 245 del 26.8.1992, pag. 23.

- e) alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria;
- f) alle procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione;
- g) all'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuale.

Articolo 7

Consultazione e partecipazione dei lavoratori

La consultazione e la partecipazione dei lavoratori e/o dei loro rappresentanti hanno luogo a norma dell'articolo 11 della direttiva 89/391/CEE sulle materie oggetto della presente direttiva.

SEZIONE III

DISPOSIZIONI VARIE

Articolo 8

Sorveglianza sanitaria

1. Gli Stati membri adottano le misure necessarie per garantire l'adeguata sorveglianza sanitaria dei lavoratori a norma dell'articolo 14 della direttiva 89/391/CEE, con l'obiettivo di prevenire e di scoprire tempestivamente effetti negativi sulla salute, nonché prevenire rischi a lungo termine per la salute e rischi di malattie croniche derivanti dall'esposizione a radiazioni ottiche.

2. Gli Stati membri assicurano che la sorveglianza sanitaria sia effettuata da un medico, da uno specialista di medicina del lavoro o da un'autorità medica competente per la sorveglianza sanitaria in conformità alla legislazione e alle prassi nazionali.

3. Gli Stati membri prendono le misure atte a garantire che, per ciascun lavoratore sottoposto a sorveglianza sanitaria a norma del paragrafo 1, sia tenuta e aggiornata una documentazione sanitaria individuale. La documentazione sanitaria contiene una sintesi dei risultati della sorveglianza sanitaria effettuata. Essa è conservata in una forma idonea, che ne consenta la successiva consultazione, nel rispetto della riservatezza necessaria. Su richiesta, è fornita alle autorità competenti copia della documentazione appropriata, tenendo conto della riservatezza necessaria. Il datore di lavoro adotta le misure idonee a garantire che il medico, lo specialista di medicina del lavoro o l'autorità medica responsabile per la sorveglianza sanitaria, determinati dagli Stati membri come appropriato, abbiano accesso ai risultati della valutazione dei rischi di cui all'articolo 4, qualora tali risultati possano essere pertinenti per la sorveglianza sanitaria. Il singolo lavoratore ha accesso, su richiesta, alla documentazione sanitaria che lo riguarda.

4. In ogni caso, qualora sia scoperta un'esposizione superiore ai valori limite, al lavoratore interessato è messa a disposizione una visita medica conformemente alla legislazione ed alla prassi nazionali. Tale visita medica è effettuata anche quando la sorveglianza sanitaria riveli che un lavoratore soffre di una malattia o effetto nocivo sulla salute identificabili, che un medico o uno specialista di medicina del lavoro attribuisce all'esposizione a radiazioni ottiche artificiali sul luogo di lavoro. In entrambi i casi, quando i valori limite sono superati o sono identificati effetti nocivi sulla salute (comprese malattie):

- a) il medico o altra persona debitamente qualificata comunica al lavoratore i risultati che lo riguardano. Il lavoratore riceve in particolare le informazioni e i pareri relativi al controllo sanitario cui dovrebbe sottoporsi dopo la fine dell'esposizione;
- b) il datore di lavoro è informato di tutti i dati significativi emersi dalla sorveglianza sanitaria tenendo conto del segreto medico;
- c) il datore di lavoro:
 - sottopone a revisione la valutazione dei rischi effettuata a norma dell'articolo 4,
 - sottopone a revisione le misure predisposte per eliminare o ridurre i rischi a norma dell'articolo 5,
 - tiene conto del parere dello specialista di medicina del lavoro o di altra persona adeguatamente qualificata, ovvero dell'autorità competente, nell'attuazione delle misure necessarie per eliminare o ridurre il rischio a norma dell'articolo 5, e
 - organizza una sorveglianza sanitaria continua e prende misure affinché sia riesaminato lo stato di salute di tutti gli altri lavoratori che hanno subito un'esposizione simile. In tali casi, il medico competente o lo specialista di medicina del lavoro, ovvero l'autorità competente, può proporre che i soggetti esposti siano sottoposti a esame medico.

Articolo 9

Sanzioni

Gli Stati membri prevedono l'applicazione di sanzioni adeguate in caso di violazione della normativa nazionale adottata ai termini della presente direttiva. Le sanzioni devono essere effettive, proporzionate e dissuasive.

Articolo 10

Modifiche tecniche

1. Le modifiche dei valori limite di esposizione, di cui agli allegati, sono adottate dal Parlamento europeo e dal Consiglio

secondo la procedura di cui all'articolo 137, paragrafo 2, del trattato.

2. Le modifiche degli allegati di carattere strettamente tecnico e conformi:

- a) all'adozione di direttive in materia di armonizzazione tecnica e standardizzazione riguardanti la progettazione, la costruzione, la fabbricazione o la realizzazione di attrezzature e/o luoghi di lavoro;
- b) al progresso tecnico, all'evoluzione delle norme o specifiche europee o internazionali armonizzate più pertinenti e alle nuove conoscenze relative all'esposizione dei lavoratori alle radiazioni ottiche

sono adottate secondo la procedura di cui all'articolo 11, paragrafo 2.

Articolo 11

Comitato

1. La Commissione è assistita dal comitato di cui all'articolo 17 della direttiva 89/391/CEE.

2. Nei casi in cui è fatto riferimento al presente paragrafo, si applicano gli articoli 5 e 7 della decisione 1999/468/CE, tenendo conto delle disposizioni dell'articolo 8 della stessa.

Il periodo di cui all'articolo 5, paragrafo 6, della decisione 1999/468/CE è fissato a tre mesi.

3. Il comitato adotta il proprio regolamento interno.

SEZIONE IV

DISPOSIZIONI FINALI

Articolo 12

Relazione

Ogni cinque anni gli Stati membri presentano alla Commissione una relazione sull'applicazione pratica della presente direttiva, indicando le considerazioni espresse dalle parti sociali.

Ogni cinque anni la Commissione informa il Parlamento europeo, il Consiglio, il Comitato economico e sociale europeo e il Comitato consultivo per la sicurezza e la salute sul luogo di lavoro del contenuto di tali relazioni, della valutazione degli sviluppi nel settore in questione, nonché di qualsiasi azione che può essere giustificata dalle nuove conoscenze scientifiche.

Articolo 13

Guida pratica

Per facilitare l'attuazione della presente direttiva, la Commissione redige una guida pratica per le disposizioni di cui agli articoli 4 e 5 e agli allegati I e II.

Articolo 14

Recepimento

1. Gli Stati membri mettono in vigore le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva anteriormente al/all' 27 aprile 2010. Essi ne informano immediatamente la Commissione.

Quando gli Stati membri adottano tali disposizioni, queste contengono un riferimento alla presente direttiva o sono corredate di un siffatto riferimento all'atto della pubblicazione ufficiale. Le modalità di tale riferimento sono decise dagli Stati membri.

2. Gli Stati membri comunicano alla Commissione il testo delle disposizioni di diritto interno già adottate o che essi adottano nel settore disciplinato dalla presente direttiva.

Articolo 15

Entrata in vigore

La presente direttiva entra in vigore il giorno della pubblicazione nella *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*.

Articolo 16

Destinatari

Gli Stati membri sono destinatari della presente direttiva.

Fatto a Strasburgo, addì 5 aprile 2006.

Per il Parlamento europeo

Il presidente

J. BORRELL FONTELLES

Per il Consiglio

Il presidente

H. WINKLER

ALLEGATO I

Radiazioni ottiche non coerenti

I valori limite di esposizione alle radiazioni ottiche, pertinenti dal punto di vista biofisico, possono essere determinati con le formule seguenti. Le formule da usare dipendono dal tipo della radiazione emessa dalla sorgente e i risultati devono essere comparati con i corrispondenti valori limite di esposizione indicati nella tabella 1.1. Per una determinata sorgente di radiazioni ottiche possono essere pertinenti più valori di esposizione e corrispondenti limiti di esposizione.

Le lettere da a) a o) si riferiscono alle corrispondenti righe della tabella 1.1.

a)
$$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 (H_{eff} è pertinente solo nell'intervallo da 180 a 400 nm)

b)
$$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 (H_{UVA} è pertinente solo nell'intervallo da 315 a 400 nm)

c), d)
$$L_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (L_B è pertinente solo nell'intervallo da 300 a 700 nm)

e), f)
$$E_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (E_B è pertinente solo nell'intervallo da 300 a 700 nm)

g)-l)
$$L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (Cfr. tabella 1.1 per i valori appropriati di λ_1 e λ_2)

m), n)
$$E_{\text{IR}} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (E_{IR} è pertinente solo nell'intervallo da 780 a 3 000 nm)

o)
$$H_{\text{skin}} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 (H_{skin} è pertinente solo nell'intervallo da 380 a 3 000 nm)

Ai fini della direttiva, le formule di cui sopra possono essere sostituite dalle seguenti espressioni e dall'utilizzo dei valori discreti che figurano nelle tabelle successive:

a)
$$E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
 e $H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$

b)
$$E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$
 e $H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$

c), d)
$$L_B = \sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

e), f)
$$E_B = \sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

g)-l)
$$L_R = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
 (Cfr. tabella 1.1 per i valori appropriati di λ_1 e λ_2)

m), n)
$$E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$

$$o) \quad E_{\text{skin}} = \sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{e} \quad H_{\text{skin}} = E_{\text{skin}} \cdot \Delta t$$

Note:

$E_{\lambda}(\lambda, t)$, E_{λ} *irradianza spettrale o densità di potenza spettrale*: la potenza radiante incidente per unità di area su una superficie, espressa in watt su metro quadrato per nanometro [$\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$]; i valori di $E_{\lambda}(\lambda, t)$ ed E_{λ} sono il risultato di misurazioni o possono essere forniti dal fabbricante delle attrezzature;

E_{eff} *irradianza efficace (gamma UV)*: irradianza calcolata nell'intervallo di lunghezza d'onda UV da 180 a 400 nm, ponderata spettralmente con $S(\lambda)$, espressa in watt su metro quadrato [W m^{-2}];

H *esposizione radiante*: integrale nel tempo dell'irradianza, espressa in joule su metro quadrato [J m^{-2}];

H_{eff} *esposizione radiante efficace*: esposizione radiante ponderata spettralmente con $S(\lambda)$, espressa in joule su metro quadrato [J m^{-2}];

E_{UVA} *irradianza totale (UVA)*: irradianza calcolata nell'intervallo di lunghezza d'onda UVA da 315 a 400 nm, espressa in watt su metro quadrato [W m^{-2}];

H_{UVA} *esposizione radiante*: integrale o somma nel tempo e nella lunghezza d'onda dell'irradianza nell'intervallo di lunghezza d'onda UVA da 315 a 400 nm, espressa in joule su metro quadrato [J m^{-2}];

$S(\lambda)$ *fattore di peso spettrale*: tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda degli effetti sulla salute delle radiazioni UV sull'occhio e sulla cute (tabella 1.2) [adimensionale];

t , Δt *tempo, durata dell'esposizione*, espressi in secondi [s];

λ *lunghezza d'onda*, espressa in nanometri [nm];

$\Delta\lambda$ *larghezza di banda*, espressa in nanometri [nm], degli intervalli di calcolo o di misurazione

$L_{\lambda}(\lambda)$, L_{λ} *radianza spettrale della sorgente*, espressa in watt su metro quadrato per steradiano per nanometro [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$];

$R(\lambda)$ *fattore di peso spettrale*: tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda delle lesioni termiche provocate sull'occhio dalle radiazioni visibili e IRA (tabella 1.3) [adimensionale];

L_{R} *radianza efficace (lesione termica)*: radianza calcolata ponderata spettralmente con $R(\lambda)$, espressa in watt su metro quadrato per steradiano [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$];

$B(\lambda)$ *ponderazione spettrale*: tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda della lesione fotochimica provocata all'occhio dalla radiazione di luce blu (Tabella 1.3) [adimensionale];

L_{B} *radianza efficace (luce blu)*: radianza calcolata ponderata spettralmente con $B(\lambda)$, espressa in watt su metro quadrato per steradiano [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$];

E_{B} *irradianza efficace (luce blu)*: irradianza calcolata ponderata spettralmente con $B(\lambda)$ espressa in watt su metro quadrato [W m^{-2}];

E_{IR} *irradianza totale (lesione termica)*: irradianza calcolata nell'intervallo di lunghezze d'onda dell'infrarosso da 780 nm a 3 000 nm, espressa in watt su metro quadrato [W m^{-2}];

E_{skin} *irradianza totale (visibile, IRA e IRB)*: irradianza calcolata nell'intervallo di lunghezze d'onda visibile e dell'infrarosso da 380 nm a 3 000 nm, espressa in watt su metro quadrato [W m^{-2}];

H_{skin} *esposizione radiante*: integrale o somma nel tempo e nella lunghezza d'onda dell'irradianza nell'intervallo di lunghezze d'onda visibile e dell'infrarosso da 380 nm a 3 000 nm, espressa in joule su metro quadrato [J m^{-2}];

α *angolo sotteso*: angolo sotteso da una sorgente apparente, visto in un punto nello spazio, espresso in milliradiani (mrad). La sorgente apparente è l'oggetto reale o virtuale che forma l'immagine retinica più piccola possibile.

Tabella 1.1
Valori limiti di esposizione per radiazioni ottiche non coerenti

Indice	Lunghezza d'onda nm	Valori limite di esposizione	Unità	Commenti	Parte del corpo	Rischio
a.	180-400 (UVA, UVB e UVC)	$H_{\text{eff}} = 30$ Valore giornaliero 8 ore	[J m ⁻²]		occhio: cornea congiuntiva cristallino cute	fotocheratite congiuntivite catarattogenesi eritema elastosi tumore della cute
b.	315-400 (UVA)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ Valore giornaliero 8 ore	[J m ⁻²]		occhio: cristallino	catarattogenesi
c.	300-700 (Luce blu) Cfr. nota 1	$I_B = \frac{10^6}{t}$ per $t \leq 10\,000$ s	I_B : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [secondi]	per $\alpha \geq 11$ mrad		
d.	300-700 (Luce blu) Cfr. nota 1	$I_B = 100$ per $t > 10\,000$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]			
e.	300-700 (Luce blu) Cfr. nota 1	$E_B = \frac{100}{t}$ per $t \leq 10\,000$ s	E_B : [W m ⁻²] t: [secondi]	per $\alpha < 11$ mrad Cfr. nota 2	occhio: retina	fotoretinite
f.	300-700 (Luce blu) Cfr. nota 1	$E_B = 0,01$ per $t > 10\,000$ s	[W m ⁻²]			

Indice	Lunghezza d'onda nm	Valori limite di esposizione	Unità	Commenti	Parte del corpo	Rischio
g.	380-1 400 (Visibile e IRA)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_a}$ per $t > 10$ s	$[W m^{-2} sr^{-1}]$	$C_a = 1,7$ per $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_a = \alpha$ per $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_a = 100$ per $\alpha > 100$ mrad $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1 400$	occhio; retina	ustione retina
h.	380-1 400 (Visibile e IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a t^{0,25}}$ per $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	$L_R: [W m^{-2} sr^{-1}]$ t: [secondi]			
i.	380-1 400 (Visibile e IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ per $t < 10 \mu s$	$[W m^{-2} sr^{-1}]$			
j.	780-1 400 (IRA)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_a}$ per $t > 10$ s	$[W m^{-2} sr^{-1}]$	$C_a = 11$ per $\alpha \leq 11$ mrad $C_a = \alpha$ per $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_a = 100$ per $\alpha > 100$ mrad (campo di vista per la misurazione: 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 = 1 400$	occhio; retina	ustione retina
k.	780-1 400 (IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a t^{0,25}}$ per $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	$L_R: [W m^{-2} sr^{-1}]$ t: [secondi]			
l.	780-1 400 (IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ per $t < 10 \mu s$	$[W m^{-2} sr^{-1}]$			
m.	780-3 000 (IRA e IRB)	$E_{IR} = 18 000 t^{-0,75}$ per $t \leq 1 000$ s	E: $[W m^2]$ t: [secondi]			
n.	780-3 000 (IR-Ae IRB)	$E_{IR} = 100$ per $t > 1 000$ s	$[W m^2]$		occhio; cornea cristallino	ustione cornea catarattogenesi

Indice	Lunghezza d'onda nm	Valori limite di esposizione	Unità	Commenti	Parte del corpo	Rischio
	380-3 000 (Visibile, IRA e IRB)	$H_{skin} = 20\,000\ t^{0,25}$ per $t < 10\ s$	H: [J m ⁻²] t: [secondi]		cute	ustione

nota 1: L'intervallo di lunghezze d'onda 300-700 nm copre in parte gli UVB, tutti gli UVA e la maggior parte delle radiazioni visibili; tuttavia il rischio associato è normalmente denominato rischio da «luce blu». In senso stretto la luce blu riguarda soltanto approssimativamente l'intervallo 400-490 nm.

nota 2: Per la fissazione costante di sorgenti piccolissime che sottendono angoli $< 11\ mrad$, L_p può essere convertito in E_p . Ciò si applica di solito solo agli strumenti oftalmici o all'occhio stabilizzato sotto anestesia. Il «tempo di fissazione» massimo è dato da $t_{max} = 100/E_p$ dove E_p è espressa in $W\ m^{-2}$. Considerati i movimenti dell'occhio durante compiti visivi normali, questo valore non supera i 100s.

Tabella 1.2

S (λ) [adimensionale], da 180 nm a 400 nm

λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)
180	0,0120	228	0,1737	276	0,9434	324	0,000520	372	0,000086
181	0,0126	229	0,1819	277	0,9272	325	0,000500	373	0,000083
182	0,0132	230	0,1900	278	0,9112	326	0,000479	374	0,000080
183	0,0138	231	0,1995	279	0,8954	327	0,000459	375	0,000077
184	0,0144	232	0,2089	280	0,8800	328	0,000440	376	0,000074
185	0,0151	233	0,2188	281	0,8568	329	0,000425	377	0,000072
186	0,0158	234	0,2292	282	0,8342	330	0,000410	378	0,000069
187	0,0166	235	0,2400	283	0,8122	331	0,000396	379	0,000066
188	0,0173	236	0,2510	284	0,7908	332	0,000383	380	0,000064
189	0,0181	237	0,2624	285	0,7700	333	0,000370	381	0,000062
190	0,0190	238	0,2744	286	0,7420	334	0,000355	382	0,000059
191	0,0199	239	0,2869	287	0,7151	335	0,000340	383	0,000057
192	0,0208	240	0,3000	288	0,6891	336	0,000327	384	0,000055
193	0,0218	241	0,3111	289	0,6641	337	0,000315	385	0,000053
194	0,0228	242	0,3227	290	0,6400	338	0,000303	386	0,000051
195	0,0239	243	0,3347	291	0,6186	339	0,000291	387	0,000049
196	0,0250	244	0,3471	292	0,5980	340	0,000280	388	0,000047
197	0,0262	245	0,3600	293	0,5780	341	0,000271	389	0,000046
198	0,0274	246	0,3730	294	0,5587	342	0,000263	390	0,000044
199	0,0287	247	0,3865	295	0,5400	343	0,000255	391	0,000042
200	0,0300	248	0,4005	296	0,4984	344	0,000248	392	0,000041
201	0,0334	249	0,4150	297	0,4600	345	0,000240	393	0,000039
202	0,0371	250	0,4300	298	0,3989	346	0,000231	394	0,000037
203	0,0412	251	0,4465	299	0,3459	347	0,000223	395	0,000036
204	0,0459	252	0,4637	300	0,3000	348	0,000215	396	0,000035
205	0,0510	253	0,4815	301	0,2210	349	0,000207	397	0,000033
206	0,0551	254	0,5000	302	0,1629	350	0,000200	398	0,000032
207	0,0595	255	0,5200	303	0,1200	351	0,000191	399	0,000031
208	0,0643	256	0,5437	304	0,0849	352	0,000183	400	0,000030
209	0,0694	257	0,5685	305	0,0600	353	0,000175		
210	0,0750	258	0,5945	306	0,0454	354	0,000167		
211	0,0786	259	0,6216	307	0,0344	355	0,000160		
212	0,0824	260	0,6500	308	0,0260	356	0,000153		
213	0,0864	261	0,6792	309	0,0197	357	0,000147		
214	0,0906	262	0,7098	310	0,0150	358	0,000141		
215	0,0950	263	0,7417	311	0,0111	359	0,000136		
216	0,0995	264	0,7751	312	0,0081	360	0,000130		
217	0,1043	265	0,8100	313	0,0060	361	0,000126		
218	0,1093	266	0,8449	314	0,0042	362	0,000122		
219	0,1145	267	0,8812	315	0,0030	363	0,000118		
220	0,1200	268	0,9192	316	0,0024	364	0,000114		
221	0,1257	269	0,9587	317	0,0020	365	0,000110		
222	0,1316	270	1,0000	318	0,0016	366	0,000106		
223	0,1378	271	0,9919	319	0,0012	367	0,000103		
224	0,1444	272	0,9838	320	0,0010	368	0,000099		
225	0,1500	273	0,9758	321	0,000819	369	0,000096		
226	0,1583	274	0,9679	322	0,000670	370	0,000093		
227	0,1658	275	0,9600	323	0,000540	371	0,000090		

Tabella 1.3

B (λ), R (λ) [adimensionale], da 380 nm a 1 400 nm

λ in nm	B (λ)	R (λ)
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	—
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5
400	0,1	1
405	0,2	2
410	0,4	4
415	0,8	8
420	0,9	9
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1	10
440	1	10
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9
460	0,8	8
465	0,7	7
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,32	3,2
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500	0,1	1
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02(450-\lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1\ 050$	—	$10^{0,002(700-\lambda)}$
$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 150$	—	0,2
$1\ 150 < \lambda \leq 1\ 200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02(1\ 150-\lambda)}$
$1\ 200 < \lambda \leq 1\ 400$	—	0,02

ALLEGATO II

Radiazioni laser

I valori di esposizione alle radiazioni ottiche, pertinenti dal punto di vista biofisico, possono essere determinati con le formule seguenti. La formula da usare dipende dalla lunghezza d'onda e dalla durata delle radiazioni emesse dalla sorgente e i risultati devono essere comparati con i corrispondenti valori limite di esposizione di cui alle tabelle da 2.2 a 2.4. Per una determinata sorgente di radiazione laser possono essere pertinenti più valori di esposizione e corrispondenti limiti di esposizione.

I coefficienti usati come fattori di calcolo nelle tabelle da 2.2 a 2.4 sono riportati nella tabella 2.5 e i fattori di correzione per l'esposizione ripetuta nella tabella 2.6.

$$E = \frac{dP}{dA} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$$

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt \text{ [J m}^{-2}\text{]}$$

Note:

dP *potenza, espressa in watt [W];*

dA *superficie, espressa in metri quadrati [m²];*

E(t), E *irradianza o densità di potenza: la potenza radiante incidente per unità di area su una superficie generalmente espressa in watt su metro quadrato [W m⁻²]. I valori E(t) ed E sono il risultato di misurazioni o possono essere indicati dal fabbricante delle attrezzature;*

H *esposizione radiante: integrale nel tempo dell'irradianza, espressa in joule su metro quadrato [J m⁻²];*

t *tempo, durata dell'esposizione, espressa in secondi [s];*

λ *lunghezza d'onda, espressa in nanometri [nm];*

γ *angolo del cono che limita il campo di vista per la misurazione, espresso in milliradiani [mrad];*

γ_m *campo di vista per la misurazione, espresso in milliradiani [mrad];*

α *angolo sotteso da una sorgente, espresso in milliradiani [mrad];*

apertura limite: superficie circolare su cui si basa la media dell'irradianza e dell'esposizione radiante;

G *radianza integrata: integrale della radianza su un determinato tempo di esposizione, espresso come energia radiante per unità di area di una superficie radiante per unità dell'angolo solido di emissione, espressa in joule su metro quadrato per steradiano [J m⁻² sr⁻¹].*

Tabella 2.1

Rischi delle radiazioni

Lunghezza d'onda [nm] λ	Campo di radiazione	Organo interessato	Rischio	Tabella dei valori limite di esposizione
da 180 a 400	UV	occhio	danno fotochimico e danno termico	2.2, 2.3
da 180 a 400	UV	cute	eritema	2.4
da 400 a 700	visibile	occhio	danno alla retina	2.2
da 400 a 600	visibile	occhio	danno fotochimico	2.3
da 400 a 700	visibile	cute	danno termico	2.4
da 700 a 1 400	IRA	occhio	danno termico	2.2, 2.3
da 700 a 1 400	IRA	cute	danno termico	2.4
da 1 400 a 2 600	IRB	occhio	danno termico	2.2
da 2 600 a 10 ⁶	IRC	occhio	danno termico	2.2
da 1 400 a 10 ⁶	IRB, IRC	occhio	danno termico	2.3
da 1 400 a 10 ⁶	IRB, IRC	cute	danno termico	2.4

Tabella 2.2
Valori limite di esposizione dell'occhio a radiazioni laser — Durata di esposizione breve < 10 s

Lunghezza d'onda ^a [nm]	Apertura	Durata [s]		
		$10^{13} - 10^{11}$	$10^{11} - 10^9$	$10^7 - 1,8 \cdot 10^5$
UVC	180 - 280	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^7 - 1,8 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^5$
	280 - 302	$H = 30$ [J m ⁻²]		$5 \cdot 10^5 - 10^7$
	303	$H = 40$ [J m ⁻²]		
	304	$H = 60$ [J m ⁻²]		
	305	$H = 100$ [J m ⁻²]		
	306	$H = 160$ [J m ⁻²]		
UVB	307	$E = 3 \cdot 10^{10} \cdot [W m^{-2}]$ Cfr. nota ^c		
	308			
	309			
	310			
	311			
	312			
	313			
	314			
UVA	315 - 400			
Visibile e IRA	400 - 700	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_E$ [J m ⁻²]	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_E$ [J m ⁻²]	$H = 5 \cdot 10^7 C_E$ [J m ⁻²]
	700 - 1 050	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_A C_E$ [J m ⁻²]	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_A C_E$ [J m ⁻²]	$H = 5 \cdot 10^7 C_A C_E$ [J m ⁻²]
	1 050 - 1 400	$H = 1,5 \cdot 10^3 C_C C_E$ [J m ⁻²]	$H = 2,7 \cdot 10^5 t^{0,75} C_C C_E$ [J m ⁻²]	$H = 5 \cdot 10^2 C_C C_E$ [J m ⁻²]
IRB e IRC	1 400 - 1 500	$E = 10^{12}$ [W m ⁻²]	Cfr. nota ^c	$H = 10^3$ [J m ⁻²]
	1 500 - 1 800	$E = 10^{13}$ [W m ⁻²]	Cfr. nota ^c	$H = 10^3$ [J m ⁻²]
	1 800 - 2 600	$E = 10^{13}$ [W m ⁻²]	Cfr. nota ^c	$H = 10^3$ [J m ⁻²]
IRC	2 600 - 10 ⁶	$E = 10^{11}$ [W m ⁻²]	Cfr. nota ^c	$H = 10^4$ [J m ⁻²]
				$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m ⁻²]

a Se la lunghezza d'onda del laser è coperta da due limiti, si applica il più restrittivo.
 b Se $1,400 \leq \lambda < 10^6$ nm: apertura diametro = 1 mm per $t \leq 0,3$ s e $1,5 \cdot 10^{0,375}$ mm per $0,3 < t < 10$ s; se $10^5 \leq \lambda < 10^6$ nm: apertura diametro = 11 mm.
 c Per mancanza di dati a queste lunghezze di impulso, l'ICNIRP raccomanda di usare i limiti di irradianza per 1 ns.
 d La tabella riporta i valori di impulsi laser. In caso di impulsi multipli, le durate degli impulsi che rientrano in un intervallo T_{min} (elencate nella tabella 2.6) devono essere sommate e il valore di tempo risultante deve essere usato per t nella formula:
 $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$

Tabella 2.3

Valori limite di esposizione dell'occhio a radiazioni laser — Durata di esposizione lunga ≥ 10 s

Lunghezza d'onda ^a [nm]		Apertura	Durata [s]	
UVB	180 - 280	3,5 mm	$10^2 - 10^4$	$10^4 \cdot 3 \cdot 10^4$
	280 - 302			
	303			
	304			
	305			
	306			
	307			
	308			
	309			
	310			
UVA	311	3,5 mm	$10^2 - 10^4$	$10^4 \cdot 3 \cdot 10^4$
	312			
	313			
	314			
	315 - 400			
Visibile 400 - 700	Danno fotochimico ^b Danno alla retina	7 mm	$E = 1 C_6 [W m^{-2}] \cdot (\gamma = 1,1 t^{0,5} mrad)^d$	$E = 1 C_6 [W m^{-2}]$ ($\gamma = 110 mrad$) ^d
	Danno termico ^b Danno alla retina			
IRA	400 - 700	7 mm	se $\alpha < 1,5 mrad$ allora $E = 10 [W m^{-2}]$ se $\alpha > 1,5 mrad$ e $t \leq T_2$ allora $H = 18 C_6 t^{0,25} [J m^{-2}]$ se $\alpha > 1,5 mrad$ e $t > T_2$ allora $E = 18 C_6 T_2^{-0,25} [W m^{-2}]$	se $\alpha < 1,5 mrad$ allora $E = 10 C_6 C_c [W m^{-2}]$ se $\alpha > 1,5 mrad$ e $t \leq T_2$ allora $H = 18 C_6 C_c C_{c,0,25} [J m^{-2}]$ se $\alpha > 1,5 mrad$ e $t > T_2$ allora $E = 18 C_6 C_c T_2^{-0,25} [W m^{-2}]$ (non superare 1 000 W m ⁻²)
	700 - 1 400			
IRB e IRC	1 400 - 10 ⁶	cfr. ^c	$E = 1 000 [W m^{-2}]$	

a Se la lunghezza d'onda o un'altra caratteristica del laser è coperto da due limiti, si applica il più restrittivo.
b Per sorgenti piccole che sottendono un angolo di 1,5 mrad o inferiore, i doppi valori limiti nel visibile da 400 nm a 600 nm si riducono ai limiti per rischi termici per $10 s \leq t < T_1$ e ai limiti per rischi fotochimici per periodi superiori. Per T_1 e T_2 cfr. tabella 2.5. Il limite di rischio fotochimico per la retina può anche essere espresso come radianza integrata nel tempo $G = 10^6 C_6 [J m^{-2} sr^{-1}]$ per $t > 10 s$ fino a $t = 10 000 s$ e $L = 100 C_6 [W m^{-2} sr^{-1}]$ per $t > 10 000 s$. Per la misurazione di G e L, γ_{in} deve essere usato come campo di vista medio. Il confine ufficiale tra visibile e infrarosso è 780 nm come stabilito dalla CIE. La colonna con le denominazioni della lunghezza d'onda ha il solo scopo di fornire un inquadramento migliore all'utente. (Il simbolo G è usato dal CEN; il simbolo L_p dall'IEC e dal CENELEC).
c Per lunghezze d'onda 1 400 - 10⁶ nm: apertura diametro = 3,5 mm; per lunghezze d'onda 10⁵ - 10⁶ nm: apertura diametro = 11 mm.
d Per la misurazione del valore di esposizione γ è così definita: se α (angolo sotteso da una sorgente) $> \gamma$ (angolo del cono di limitazione, indicato tra parentesi nella colonna corrispondente) allora il campo di vista di misurazione di γ_{in} dovrebbe essere il valore dato di γ (se si utilizza un valore superiore del campo di vista il rischio risulta sovrastimato). Se $\alpha < \gamma$ il valore del campo di vista di misurazione γ_{in} deve essere sufficientemente grande da includere completamente la sorgente, altrimenti non è limitato e può essere superiore a γ .

Tabella 2.5

Fattori di correzione applicati e altri parametri di calcolo

Parametri elencati da ICNIRP	Regione spettrale valida (nm)	Valore o descrizione
C_A	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	700 — 1 050	$C_A = 10^{0,002(\lambda - 700)}$
	1 050 — 1 400	$C_A = 5,0$
C_B	400 — 450	$C_B = 1,0$
	450 — 700	$C_B = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
C_C	700 — 1 150	$C_C = 1,0$
	1 150 — 1 200	$C_C = 10^{0,018(\lambda - 1 150)}$
	1 200 — 1 400	$C_C = 8,0$
T_1	$\lambda < 450$	$T_1 = 10 \text{ s}$
	450 — 500	$T_1 = 10 \cdot [10^{0,02(\lambda - 450)}] \text{ s}$
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100 \text{ s}$
Parametri elencati da ICNIRP	Valido per effetto biologico	Valore o descrizione
α_{\min}	tutti gli effetti termici	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parametri elencati da ICNIRP	Intervallo angolare valido (mrad)	Valore o descrizione
C_E	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha/\alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2/(\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad con } \alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$
T_2	$\alpha < 1,5$	$T_2 = 10 \text{ s}$
	$1,5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$

Parametri elencati da ICNIRP	Intervallo temporale valido per l'esposizione (s)	Valore o descrizione
Y	$t \leq 100$	$\gamma = 11$ [mrad]
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0.5}$ [mrad]
	$t > 10^4$	$\gamma = 110$ [mrad]

Tabella 2.6

Correzione per esposizioni ripetute

Per tutte le esposizioni ripetute, derivanti da sistemi laser a impulsi ripetitivi o a scansione, dovrebbero essere applicate le tre norme generali seguenti:

1. L'esposizione derivante da un singolo impulso di un treno di impulsi non supera il valore limite di esposizione per un singolo impulso della durata di quell'impulso.
2. L'esposizione derivante da qualsiasi gruppo di impulsi (o sottogruppi di un treno di impulsi) che si verseica in un tempo t non supera il valore limite di esposizione per il tempo t .
3. L'esposizione derivante da un singolo impulso in un gruppo di impulsi non supera il valore limite di esposizione del singolo impulso moltiplicato per un fattore di correzione termica cumulativa $C_p = N^{-0.25}$, dove N è il numero di impulsi. Questa norma si applica soltanto a limiti di esposizione per la protezione da lesione termica, laddove tutti gli impulsi che si verseicano in meno di T_{\min} sono trattati come singoli impulsi.

Parametri	Regione spettrale valida (nm)	Valore o descrizione
T_{\min}	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{\min} = 10^{-9}$ s (= 1 ns)
	$400 < \lambda \leq 1\ 050$	$T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6}$ s (= 18 μ s)
	$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$	$T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6}$ s (= 50 μ s)
	$1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$	$T_{\min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$1\ 500 < \lambda \leq 1\ 800$	$T_{\min} = 10$ s
	$1\ 800 < \lambda \leq 2\ 600$	$T_{\min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$2\ 600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{\min} = 10^{-7}$ s (= 100 ns)

DICHIARAZIONE DEL CONSIGLIO

Dichiarazione del Consiglio relativa all'uso del termine «penalties» nella versione inglese di strumenti giuridici della Comunità europea

Il Consiglio ritiene che, quando nella versione inglese di strumenti giuridici della Comunità europea viene utilizzato il termine «penalties», esso è impiegato in senso neutro e non si riferisce specificamente a sanzioni penali, ma potrebbe comprendere anche sanzioni amministrative e pecuniarie, nonché altri tipi di sanzioni. Quando, in forza di un atto comunitario, gli Stati membri sono tenuti ad introdurre «penalties», spetta a loro scegliere il tipo di sanzioni appropriato, conformemente alla giurisprudenza della Corte di giustizia delle Comunità europee.

Nella banca dati terminologica della Comunità sono fornite le seguenti traduzioni del termine «penalties» in alcune altre lingue:

in ceco, «*sankce*», in spagnolo, «*sanciones*», in danese, «*sanktioner*», in tedesco, «*Sanktionen*», in estone, «*sanktsioonid*», in francese, «*sanctions*», in greco, «*κυρώσεις*», in ungherese, «*jogkövetkezmények*», in italiano, «*sanzioni*», in lettone, «*sankcijas*», in lituano, «*sankcijos*», in maltese, «*penali*», in olandese, «*sancties*», in polacco, «*sankcje*», in portoghese, «*sanções*», in sloveno, «*kazni*», in slovacco, «*sankcie*», in finlandese, «*seuraamukset*» e in svedese, «*sanktioner*».

Se in versioni inglesi rivedute di strumenti giuridici il termine «sanctions», precedentemente utilizzato, è stato sostituito dal termine «penalties», ciò non costituisce una differenza di fondo.

Commissione europea

Guida non vincolante alla buona prassi nell'attuazione della direttiva 2006/25/CE «Radiazioni ottiche artificiali»

Lussemburgo: Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea

2011 — 145 pagg. — 21 × 29,7 cm

ISBN 978-92-79-19811-3

doi:10.2767/30840

La maggior parte delle postazioni di lavoro possiede fonti di radiazioni ottiche artificiali e la direttiva 2006/25/CE stabilisce i requisiti minimi di salute e sicurezza relativi all'esposizione dei dipendenti a tali fonti. La guida di buone prassi a carattere non vincolante per l'attuazione della direttiva 2006/25/CE della Commissione europea individua le applicazioni che comportano un rischio minimo e fornisce una guida per le altre. Essa presenta, inoltre, una metodologia di valutazione e delinea i provvedimenti per ridurre i pericoli e monitorare gli effetti nocivi sulla salute.

Questa pubblicazione è disponibile in formato cartaceo in inglese, francese e tedesco e in formato elettronico in tutte le altre lingue ufficiali dell'UE. È disponibile anche un CD che contiene le versioni in 22 lingue (numero di catalogo: KE-32-11-704-1X-Z, ISBN 978-92-79-19829-8).

COME OTTENERE LE PUBBLICAZIONI DELL'UNIONE EUROPEA

Pubblicazioni gratuite:

- tramite EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>);
- presso le rappresentanze o le delegazioni dell'Unione europea. Per ottenere indicazioni e prendere contatto collegarsi a <http://ec.europa.eu> o inviare un fax al numero +352 29 29-42758.

Pubblicazioni a pagamento:

- tramite EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>).

Abbonamenti a pagamento (ad esempio serie annuali della *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*, raccolte della giurisprudenza della Corte di giustizia):

- tramite gli uffici vendita dell'Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea (http://publications.europa.eu/others/agents/index_it.htm).

Siete interessati alle pubblicazioni della direzione generale
per l'Occupazione, gli affari sociali e l'inclusione?

Potete scaricarle o abbonarvi gratuitamente sul sito:
<http://ec.europa.eu/social/publications>

Potete inoltre abbonarvi gratuitamente alla Social Europe e-newsletter
della Commissione europea sul sito:
<http://ec.europa.eu/social/e-newsletter>

<http://ec.europa.eu/social>



www.facebook.com/socialeurope



■ Ufficio delle pubblicazioni

ISBN 978-92-79-19811-3



9 789279 198113