



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Un esempio di valutazione del rischio di esposizione a ROA incoerenti

Rossella Serra

Servizio di Prevenzione e Protezione

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

1

Il percorso di valutazione

1 Fase preliminare

- Individuazione tramite censimento di tutte le sorgenti presenti

2



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

2

Scheda rilievo radiazioni ottiche non coerenti
Dipartimento _____

Laboratorio _____	Responsabile dell'attività _____
Tipo di attività e di sorgente _____	
<i>Caratteristiche della sorgente</i>	
Se noto indicare: Categoria (UNI EN 12198:2009) ____ Gruppo di appartenenza (CEI EN 62471:2009) ____	
Altrimenti indicare: Potenza (W) _____ Lunghezza o lunghezze d'onda _____	
<i>Descrizione dell'attività</i>	
Numero giorni di attività all'anno _____	
n. operazioni giornaliere _____	Durata dell'esposizione singola _____
Possibilità di eliminazione ☐ SI ☐ NO, perché? _____	
Possibilità di sostituzione con processi o attrezzature meno pericolose ☐ SI ☐ NO, perché? _____	
Contatto con la ROA ⁽¹⁾ : ☐ pelle (mani, viso, collo) Distanza minima (cm) _____	
☐ occhi Distanza minima (cm) _____	
<i>Misure tecniche</i>	
isolamento della sorgente ⁽²⁾ ☐ tutto il locale ☐ l'apparecchiatura ☐ ripari con interblocchi ☐ NO	
presenza di schermi sull'apparecchiatura ☐ SI ☐ NO	
E' necessario operare in assenza di schermi fissi? ☐ SI ☐ NO	

3



3

<i>Misure organizzative</i>	
Sono state redatte procedure operative specifiche ⁽³⁾ ☐ SI ☐ NO	
Sono state redatte procedure di emergenza (es. rotture, malfunzionamenti) ☐ SI ☐ NO	
Formazione specifica dei soggetti prima dell'inizio degli esperimenti ☐ NO ☐ parziale ☐ completa	
<i>DPI in uso</i> ☐ guanti ☐ occhiali ☐ camici (corpo e braccia) ☐ schermo facciale	
Personale autorizzato all'utilizzo _____	

Data e firma del Responsabile _____

4



4

La giustificazione

L'art. 181 c.3 prevede che la valutazione dei rischi possa includere una giustificazione del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata.

Il termine giustificazione si riferisce quindi a tutte quelle situazioni espositive per le quali non è necessario effettuare un approfondimento della valutazione poiché le sorgenti di radiazioni ottiche, nelle corrette condizioni di utilizzo, non danno luogo ad esposizioni tali da presentare rischi per la salute e la sicurezza.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

5

5

UNI EN 12198:2009 – Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario

Categoria	Restrizioni e misure di protezione	Informazione e addestramento
0	Nessuna restrizione	Nessuna informazione necessaria
1	Restrizioni: possono essere necessarie la limitazione dell'accesso e misure di protezione	Informazioni sui pericoli, rischi ed effetti secondari
2	Restrizioni speciali e misure di protezione sono essenziali	Informazioni sui pericoli, rischi ed effetti secondari, l'addestramento può essere necessario



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

6

6

CEI EN 62471:2009- classificazione delle lampade e dei sistemi di lampade

Gruppo	Stima del rischio
Esente	Nessun rischio fotobiologico
Gruppo 1	Nessun rischio fotobiologico nelle normali condizioni di impiego
Gruppo 2	Non presenta rischio in condizioni di riflesso naturale di avversione alla luce o effetti termici
Gruppo 3	Pericoloso anche per esposizioni momentanee

7



7

Criteri di giustificazione

Il termine “giustificazione” riportato all’art. 181 comma 3 del DLgs 81/08, indica nel caso specifico delle ROA, la possibilità di escludere una determinata fonte o sorgente di emissione da una valutazione approfondita

Sono giustificabili:

Gruppo esente - Lampade e dei sistemi di lampade (CEI EN 62471:2009)

Categoria 0 - Macchine UNI EN 12198:2009

8



8

Criteri di giustificazione

Sorgenti considerate sicure (NBG-HPA)

Computer, palmari e dispositivi simili con schermo
Lavagne luminose e fotocopiatrici
Flash fotografici
Trappole UVA per insetti
Lampade fluorescenti a soffitto con diffusori sulle lampade
Soffitti e sistemi di illuminazione con lampade fluorescenti compatte
Soffitto con faretti alogeni al tungsteno
Soffitti e lampade per illuminazione al tungsteno
Indicatori LED
Cartelli di segnalazione luminosa
Illuminazione stradale e indicatori dei veicoli
Riscaldatori a pannelli radianti a combustione di gas

9



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

9

Criteri di giustificazione

Sorgenti considerate sicure solo in alcune circostanze (NBG-HPA)

Sorgenti	Circostanze per l'utilizzo sicuro
Lampade fluorescenti a soffitto senza diffusori sulle lampade	Sicure a normali livelli di illuminamento (<600 lux)
Illuminazione di sicurezza a ioduri metallici o a Hg ad alta pressione	Sicura se il vetro ricoprente è intatto e se non in linea con lo sguardo
Lampade a luce nera UVA a bassa pressione	Sicure se non in linea con lo sguardo
Videoproiettori da tavolo	Sicuri se non si guarda il fascio
Fari dei veicoli	Sicuri ad eccezione di prolungata osservazione del fascio
Dispositivi classificati "Esente" (EN 62471)	Sicuri se non in linea con lo sguardo. Potrebbe essere pericoloso se si rimuovono le protezioni

10



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

10

Criteri di giustificazione

Si è deciso inoltre di rendere giustificabili anche quelle sorgenti che hanno una **potenza al di sotto dei 100 W**; tale decisione si ritiene coerente in analogia a quanto proposto da vari autori (A. Tommaselli, E. Frattaroli etc), che riprendono metodologie di calcolo proposte da ICNIRP in "*Guidelines on limits of Exposure to broad-band incoherent optical radiation*".

Salvo particolari condizioni d'irraggiamento (in particolare, distanze molto limitate dell'organo recettore occhio) è possibile considerare come giustificabili sorgenti di $P \leq 100 \text{ W}$, poiché da valutazioni numeriche, è possibile stimare in $< 8 \text{ W/m}^2$ la corrispondenza Irradianza a 1 m, con un suo decremento che soddisfa la legge del quadrato della distanza per distanze maggiori.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

11

11

Il percorso di valutazione

1 Fase preliminare

- Individuazione tramite censimento di tutte le sorgenti presenti

2 Fase analitica

- Analisi del luogo di lavoro tramite sopralluogo
- Valutazione della tipologia di sorgente e della potenzialità di arrecare danno
- Analisi della postazione, della dimensione della sorgente e della distribuzione spaziale del flusso radiante
- Stima della rilevanza della fonte con definizione della tipologia di esposizione
- Analisi dati del fabbricante o misurazione diretta a seconda dei casi

Giustificabili?

3 Esecuzione delle misure

- Spettroradiometro CCD per Radiazioni Ottiche- SpectroLight 1.1



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

12

12

Valutazione dell'esposizione senza eseguire le misure

Qualora il fabbricante fornisca il valore dell'irradianza o della radianza si potrà effettuare il confronto con i valori limite riportati in Allegato XXXVII parte 1 del D.Lgs. 81/08. Se invece è fornita solo la categoria (come è sufficiente per il rispetto della norma), nel caso di apparati di categoria 1 si potrà utilizzare il valore più elevato di radianza o irradianza dell'intervallo reperibile nella norma tecnica. Per quelle di categoria 2 se non vengono forniti i valori irradianza o radianza massimi si dovranno eseguire delle misure strumentali.

Nel caso di esposizione a lampade o sistemi di lampade la valutazione può essere eseguita a partire dalla classificazione del fabbricante secondo la norma CEI EN 62471:2009, confrontando i tempi di esposizione con i tempi massimi indicati nella norma oppure i valori di emissione della classe con i valori limite dell'Allegato XXXVII. Solo per apparecchiature di categoria 3 per accertarsi del rispetto dei valori limite si dovranno eseguire delle misure strumentali.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

13

13

Le misure

Irradianza (E)

è il flusso radiante espresso in W per unità di area irradiata (W/m^2) e definisce il rateo (**quantità**) con cui l'energia arriva nell'unità di superficie, in un dato luogo.

Radianza (L)

il flusso radiante espresso per unità di area che si propaga nell'unità di angolo solido espresso in Watt per unità di area irradiata per steradiani (W/m^2sr)

Si utilizza per descrivere la **concentrazione** di un fascio radiante.

Ai fini della valutazione si considerano i valori di Irradianza efficace (E_B) e di Radianza efficace (L_B)

La scelta della grandezza da quantificare dipende dalla tipologia della sorgente in analisi, in particolare se si tratta di sorgenti puntiformi o sorgenti estese



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

14

14

Le misure



Per compiere le misure è stato utilizzato un Foto-radiometro/Dosimetro per Radiazioni Ottiche (ROA) HD2402 Delta OHM.

Lo Strumento permette di eseguire misure in accordo con la direttiva europea 2006/25/CE e al decreto legislativo 81/08 e s.m.i..

È composto da una serie di sensori per coprire le differenti porzioni spettrali. I vari sensori operano nei seguenti campi spettrali:

- Sensore fotometrico per la misura dell'illuminamento (luxmetro) nel campo spettrale **380÷780 nm**.
- Sensore radiometrico per la banda UV (**220÷400 nm**) con fattore di peso spettrale $S(\lambda)$.
- Sensore radiometrico per la banda UVA (**315÷400 nm**).
- Sensore radiometrico per la banda **400÷700 nm** (blu) con fattore di peso spettrale $B(\lambda)$.
- Sensore radiometrico per la banda IR (**700÷1300 nm**) con fattore di peso spettrale $R(\lambda)$.
- Sensore a termopila per la misura dell'irradiazione nell'infrarosso, campo spettrale **400÷2800 nm**.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

15

15

Le misure

A differenti intervalli spettrali corrispondono limiti differenti.

La grandezza misurata con lo strumento è sempre l'irradiazione, mentre per il calcolo di alcuni valori limite di esposizione (VLE) è necessario conoscere la radianza; le due grandezze sono legate, e se i parametri geometrici sono noti, è possibile calcolare entrambe le grandezze (supponendo che la radianza sia costante).

Le geometrie previste sono 5:

1. Dati Geometrici *Non Disponibili*: è previsto il caso in cui non sia possibile fornire nessuna indicazione sulla geometria della sorgente. In questo caso le informazioni fornite dal software saranno meno complete.
2. Alpha [deg]: si fornisce la dimensione angolare della sorgente in gradi.
3. Angolo Solido Omega [sr]: si fornisce l'angolo solido sotto cui è vista la sorgente dallo strumento di misura (l'unità di misura è lo steradiano).
4. Lato d1 [m] - Lato d2 [m] – Distanza R [m]: supponendo che la sorgente abbia forma rettangolare con lati di lunghezza d1 e d2 a distanza R dallo strumento di misura (dove le tre grandezze sono espresse in metri), il software provvede al calcolo dell'angolo (alpha) e dell'angolo solido (omega) sotteso dalla sorgente allo strumento di misura.
5. Diametro d [m] – Distanza R [m]: supponendo che la sorgente abbia forma circolare con diametro d e sia a distanza R dallo strumento di misura (entrambe le misure espresse in metri), il software provvede al calcolo dell'angolo (alpha) e dell'angolo solido (omega) sotteso dalla sorgente allo strumento di misura.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

16

16

Le misure

Dopo l'acquisizione delle misure, il software restituisce dati e valori in assonanza con lo spettro rilevato, in funzione quindi delle varie lunghezze d'onda e della geometria della sorgente analizzata.

Parametri Geometrici Sorgente		Lazmetro	
Alpha [deg]	1.000E+0	Illuminamento [Lux]	1.279E+3
Alpha [rad]	17.43E-3	Luminanza L [cd/m²]	3.346E+6
Omega [sr]	239.2E-6	Luminanza L @ 100 mrad [cd/m²]	127.9E+3
Calcolo rigoroso Alpha Omega		Luminanza L @ 11 mrad [cd/m²]	10.57E+6
Indice di Rischio: a. 380 - 400 (nm)			
Irradiazione [W/m²]	2.357E+6	Massima Esposizione Permissa (MPE)	> 24 ore
Dose [J/m²]	80.00E+6	Tempo Limite [hh:mm:ss]	
2000/01/01 00:06:35 (hh:mm:ss)	00:00:28		
Valutazione	Indice a: OK		
Indice di Rischio: b. 315 - 400 (nm)			
Irradiazione [W/m²]	28.57E+3	Massima Esposizione Permissa (MPE)	> 24 ore
Dose [J/m²]	800.0E+3	Tempo Limite [hh:mm:ss]	
2000/01/01 00:06:35 (hh:mm:ss)	00:00:28		
Valutazione	Indice b: OK		
Indice di Rischio: c.d. 300 - 700 (nm)			
Irradiazione [W/m²]	1.824E+0	Massima Esposizione Permissa (MPE)	131
Radianza LB [W/(m²·sr)]	7.631E+3	Tempo Limite [sec] LB	
Radianza LB @ 100 mrad [W/(m²·sr)]	232.3E+0	Tempo Limite [sec] LB @ 100 mrad	-
Radianza LB @ 11 mrad [W/(m²·sr)]	19.21E+3	Tempo Limite [sec] LB @ 11 mrad	-
Radianza LB @ 1.7 mrad [W/(m²·sr)]	804.2E+3	Tempo Limite [sec] LB @ 1.7 mrad	-
Valutazione	Indice c: Attenzione	Indice d: Pericolo	
Indice di Rischio: g.h.i. 380 - 1400 (nm)			
Irradiazione [W/m²]	21.14E+0	Massima Esposizione Permissa (MPE)	> 10 sec
Radianza LR [W/(m²·sr)]	88.38E+3	Tempo Limite [sec] LR	
Radianza LR @ 100 mrad [W/(m²·sr)]	2.693E+3	Tempo Limite [sec] LR @ 100 mrad	-
Radianza LR @ 1.7 mrad [W/(m²·sr)]	9.314E+6	Tempo Limite [sec] LR @ 1.7 mrad	-
Valutazione	Indice g: OK	Indice h: OK	Indice i: OK
Indice di Rischio: j.k.l. 700 - 1400 (nm)			
Irradiazione [W/m²]	3.612E+0	Massima Esposizione Permissa (MPE)	> 10 sec
Radianza LR [W/(m²·sr)]	15.10E+3	Tempo Limite [sec] LR	
Radianza LR @ 100 mrad [W/(m²·sr)]	460.0E+0	Tempo Limite [sec] LR @ 100 mrad	-
Radianza LR @ 11 mrad [W/(m²·sr)]	38.01E+3	Tempo Limite [sec] LR @ 11 mrad	-
Valutazione	Indice j: OK	Indice k: OK	Indice l: OK
Indice di Rischio: m.n.o. 380 - 3800 (nm)			
Irradiazione [W/m²]	0.000E+0	Massima Esposizione Permissa (MPE)	> 24 ore
Dose [J/m²]	0.000E+0	a	
2000/01/01 00:06:35 (hh:mm:ss)	00:00:28	m.n.	> 1000 sec
Valutazione	Indice m: OK	Indice n: OK	Indice o: OK



17

17

Il percorso di valutazione

4 Fase di rielaborazione

- Confronto delle misure con i valori limite a disposizione



18

18

Elaborazione dati

VALORE DI IRRADIANZA EFFICACE E_B - LUCE BLU
CORRETTA CON LA CURVA B_λ

VALORE DI IRRADIANZA EFFICACE E_B

VALORE E_B	$W m^{-2}$	FONDO E_B
1,00E-05		0,0426
Valori Limite di E_B per intervalli di esposizione inferiori a 10.000 secs		
Valore Limite E_B	$W m^{-2}$	TEMPO DI ESPOSIZIONE
5,56E-01		Ore Min Sec
		0 3 0

Se $\alpha > 11$ mrad deve essere misurato il valore di L_B

19



19

Elaborazione dati

VALORE DI IRRADIANZA EFFICACE E_B - LUCE BLU
CORRETTA CON LA CURVA B_λ

VALORE DI IRRADIANZA EFFICACE E_B

VALORE E_B	$W m^{-2}$	FONDO E_B
1,65E-02		0,0252
Valori Limite di E_B per intervalli di esposizione inferiori a 10.000 secs		
Valore Limite E_B	$W m^{-2}$	TEMPO DI ESPOSIZIONE
1,63E-02		Ore Min Sec
		1 42 0

Se $\alpha > 11$ mrad deve essere misurato il valore di L_B

20



20

Il percorso di valutazione

4 Fase di rielaborazione

- Confronto delle misure con i valori limite a disposizione

5 Fase di definizione delle misure di prevenzione e protezione

- Individuazione delle misure di prevenzione e protezione

6 Fase di miglioramento e monitoraggio

- Monitorare l'andamento degli interventi e delle condizioni di utilizzo nel tempo

21



21

Tipologie di lavoratori ipersuscettibili

Alcune tipologie di soggetti, meritano particolare attenzione in funzione delle loro caratteristiche o condizioni particolari, come ad esempio:

- donne in gravidanza
- albinici e individui di fototipo I per esposizione a UV
- portatori di malattie del collagene per esposizioni a UV
- soggetti in trattamento cronico o ciclico con farmaci foto sensibilizzanti (tabella ICNIRP 2004)
- soggetti affetti da alterazioni dell'iride e della pupilla
- soggetti portatori di drusen (corpi colloidali) per esposizione a luce blu
- lavoratori con lesioni cutanee maligne o pre-maligne per esposizione a UV
- lavoratori con patologie foto indotte o foto aggravate per esposizioni a UV e IR
- lavoratori affetti da xeroderma pigmentosus per esposizione a UV
- soggetti epilettici per esposizione a luce visibile intermittente (15-25 flash al secondo)
- lavoratori che hanno subito un impianto di cristallino artificiale (in particolare per esposizioni a radiazioni tra 300 e 550 nm)

Al fine di poter individuare tali particolari condizioni è indispensabile il contributo del Medico Competente alla valutazione.

22



22

Condizioni che possono aumentare la sensibilità individuale

Tatuaggi nelle zone cutanee esposte (per la presenza di solfuro di cadmio)

Trattamento cronico o ciclico con i seguenti farmaci:

- antibiotici: tetraciline, sulfonamidi, acido nalidixico, chinoloni
- sulfamidici
- antipsicotici clorpromazina e fenotiazine
- antidepressivi: protriptilina
- diuretici: diuretici tiazidici, furosemide
- antiaritmici: amiodarone, chinidina, propranololo
- ipoglicemizzanti: sulfonilurea
- antinfiammatori non steroidei: ibuprofene, naprossene, etc...
- antimicotici: griseofulvina
- fotochemioterapia (psoraleni)
- terapia fotodinamica (acido aminolevulinico)

23



23

Misure preventive e protettive

È necessario, in tutti i casi, in funzione dell'utilizzo di sorgenti che emettono radiazioni ottiche artificiali, compiere le seguenti azioni e con la seguente priorità:

1. eliminazione del pericolo;
2. sostituzione con processi o attrezzature meno pericolose;
3. misure tecniche;
4. misure organizzative: procedure, formazione e informazione;
5. DPI: camici che coprano corpo e braccia, guanti, occhiali, maschere facciali.

Quando non è tecnicamente attuabile né l'eliminazione né la sostituzione della fonte di rischio, si andrà ad agire introducendo misure tecniche ed organizzative nonché utilizzando in maniera rigorosa i DPI.

24



24

Misure tecniche

- Prevenzione degli accessi

L'accesso ai luoghi di lavoro in cui sono presenti fonti di radiazioni ottiche artificiali pericolose, deve essere consentito esclusivamente al personale autorizzato e adeguatamente formato.

Esistono sistemi di confinamento che evitano l'accesso alla zona irradiata e che possono essere fissi o rimovibili con interblocchi. Questi sistemi di confinamento devono essere installati tenendo conto della dimensione della zona pericolosa e non devono essere facilmente eludibili.

- Riduzione del tempo di esposizione:

La dose assorbita è proporzionale al tempo; pertanto, è necessario rispettare i tempi indicati nelle schede di elaborazione delle misure.

- Aumento della distanza sorgente-operatore:

L'esposizione è inversamente proporzionale al quadrato della distanza.

25



25

Misure tecniche

- Filtri e finestre di visualizzazione

In alcuni casi è possibile monitorare i processi in remoto con ottiche, finestre di visualizzazione o trasmissione delle immagini. Qualora si ricorra all'uso di schermi o finestre diviene importante la scelta del materiale che deve essere efficiente nel bloccare le radiazioni pericolose permettendo così di operare in sicurezza. L'uso di questi sistemi di schermatura può essere sostitutivo dei DPI e quindi un sistema sicuramente preferibile di protezione del rischio (Dispositivo di protezione collettiva).

- Dispositivi di protezione individuale

I DPI devono essere utilizzati affinché l'esposizione a radiazioni ottiche artificiali non determini effetti dannosi per la salute. È importante sapere e informare gli utilizzatori che gli effetti possono non essere evidenti al momento dell'esposizione.

Il grado di protezione deve essere scelto secondo la lunghezza d'onda della sorgente poiché questa caratteristica influisce molto sul danno.

È importante verificare che la protezione degli occhi non influisca negativamente sulla percezione di altre caratteristiche ambientali come segnali luminosi delle apparecchiature o segnali di emergenza per via della filtrazione della parte di spettro non dannosa.

Si sottolinea inoltre, che è indispensabile distinguere chiaramente i diversi dispositivi in caso di esposizione multi-sorgente.

26



26

Misure tecniche

- Scelta delle attrezzature

In caso di acquisto di nuove attrezzature, come ad esempio lampade o sistemi d'illuminazione, compatibilmente con le esigenze tecniche, è preferibile scegliere dispositivi che appartengano ad una categoria ritenuta esente dalla vigente normativa, così come specificato nel paragrafo 4.2 del presente documento.

- Procedure

Tutte le attività in Dipartimento per le quali è prevista un'esposizione a radiazioni ottiche, devono essere supportate da opportune procedure di lavoro, presenti in laboratorio ed accessibili a tutti coloro che svolgono le attività.

In tali procedure è necessario indicare le modalità operative e di comportamento in caso di emergenza.

- Formazione

Tutti gli operatori che utilizzano attrezzature che emettono radiazioni ottiche devono essere opportunamente formati e informati.

27

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

27

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Credits:

Rossella Serra

rossella.serra@unibo.it

www.unibo.it

28