



**INAIL**



**Esposizione occupazionale alle radiazioni non ionizzanti: dai campi statici alle radiazioni ottiche, cosa e come sta cambiando?**

**ENEA**

**INAIL**



**Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio**

**Laura Filosa (INAIL – Consulenza Tecnica Salute e Sicurezza)**

Massimo Borra (INAIL – Dipartimento Medicina Epidemiologia Igiene del Lavoro e Ambientale)

Andrea Militello (INAIL – Dipartimento Medicina Epidemiologia Igiene del Lavoro e Ambientale)

Convegno Nazionale Ambiente e Lavoro  
Bologna, 11 ottobre 2023

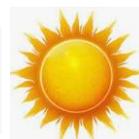
## Programma II Sessione

**Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio**

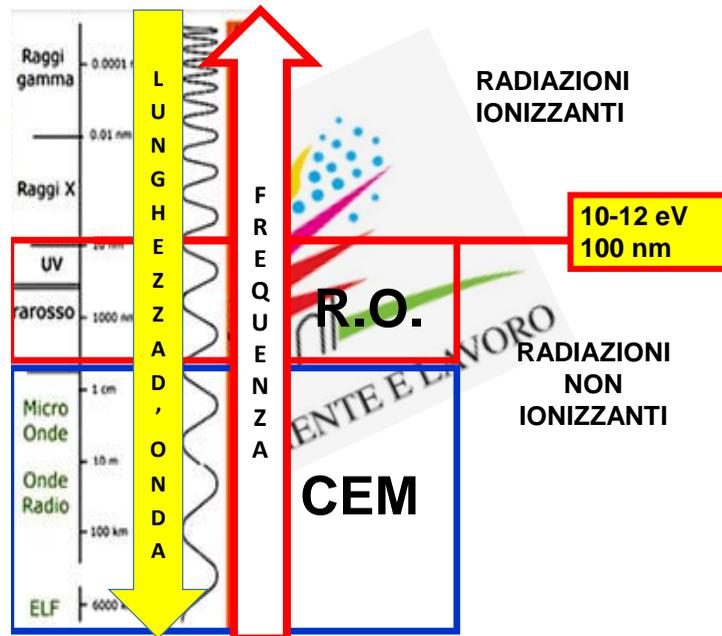
**Le radiazioni ottiche nello spettro elettromagnetico: richiami di fisica, grandezze radiometriche e aspetti normativi della valutazione del rischio**

- Effetti biofisici dell'esposizione alle radiazioni ottiche
- Grandezze di riferimento
- Legislazione e normativa tecnica di riferimento

**Discussione**



**INAIL**



$$E = h \cdot \nu$$

Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio – Bologna, 11 ottobre 2023

*Definizioni (Direttiva 2006/25/EC - D.Lgs. 81/08 e s.m.i.)*

**RADIAZIONE OTTICA:** ogni radiazione elettromagnetica nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 100 nm e 1 mm .

*Lo spettro delle radiazioni ottiche è diviso in:*

**Radiazioni ultraviolette**

**Radiazioni visibili**

**Radiazioni infrarosse**

L. Filosa, M. Borra, A. Militello– Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio – Bologna, 11 ottobre 2023

## FREQUENZE OTTICHE (100 nm – 1 mm)

Radiazione ultravioletta

UV - C 100 – 280 nm

UV - B 280 – 315 nm

UV - A 315 – 380 nm

Radiazione visibile

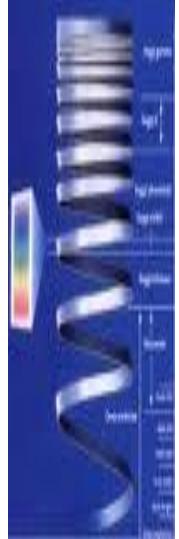
380 – 780 nm

Radiazione infrarossa

IR - A 780 nm – 1400 nm

IR - B 1400 nm – 3000 nm

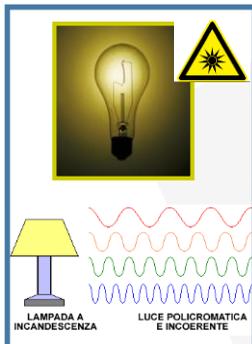
IR - C 3000 nm – 1 mm



L. Filosa, M. Borra, A. Militello– Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio – Bologna, 11 ottobre 2023

## RADIAZIONI

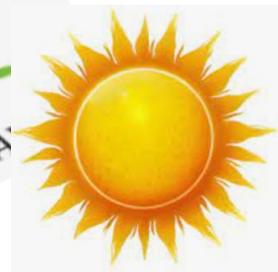
INCOERENTE



COERENTE



NATURALE



L. Filosa, M. Borra, A. Militello– Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio – Bologna, 11 ottobre 2023

## Principali effetti dannosi della radiazione ottica

Lunghezza d'onda (nm)	Tipo	Occhio	Pelle	
100 - 280	UV C - Ultravioletto C	fotocheratite Foto congiuntivite	Eritema (scottatura della pelle)	Tumori cutanei Processo accelerato di invecchiamento della pelle <b>GRUPPO 1A IARC</b> CANCEROGENO CERTO
280 - 315	UV B - Ultravioletto B			
315 - 400	UV A - Ultravioletto A	cataratta fotochimica	Reazione di foto sensibilità	
400 - 780	Visibile	lesione fotochimica e termica della retina		
780 - 1400	IR A - Infrarosso A	cataratta bruciatura della retina	Bruciatura della pelle	
1400 - 3000	IR B - Infrarosso B	cataratta, bruciatura della cornea		
3000 - 10 <sup>6</sup>	IR C - Infrarosso C	bruciatura della cornea		

8

L. Filosa, M. Borra, A. Militello– Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio – Bologna, 11 ottobre 2023

### ALLEGATO XXXVII RADIAZIONI OTTICHE

#### Parte 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.

<b>IRRADIANZA E [W/m<sup>2</sup>]</b>
<b>ESPOSIZIONE RADIANTE H [J/m<sup>2</sup>]</b>
<b>RADIANZA L [W/m<sup>2</sup>sr]</b>

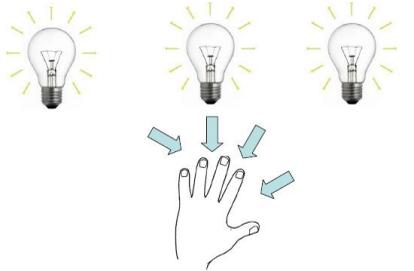
$$m), n) \quad E_{IR} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_{IR} \text{ è pertinente solo nell'intervallo da 780 a 3 000 nm})$$

$$o) \quad H_{skin} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{skin} \text{ è pertinente solo nell'intervallo da 380 a 3 000 nm})$$

L. Filosa, M. Borra, A. Militello– Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio – Bologna, 11 ottobre 2023

**PERCHE' L'IRRADIANZA ?**

L'irradianza è una misura sulla superficie investita

**PERCHE' LA RADIANZA ?**

LA **RADIANZA** E' UTILIZZATA PER CARATTERIZZARE LE SORGENTI CHE POSSONO PRODURRE DANNO SULLA **RETINA** (formazione dell'immagine)

ENCL

L. Filosa, M. Borra, A. Militello- Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio - Bologna, 11 ottobre 2023

**TABELLA VLE NON COERENTI**

a) 180 - 400	<b>ESPOSIZIONE RADIANTE</b>
b) 315 - 400	
c) 300 - 700	<b>RADIANZA</b>
d) 300 - 700	
e) 300 - 700	<b>IRRADIANZA</b>
f) 300 - 700	
g) 380 - 1400	<b>RADIANZA</b>
h) 380 - 1400	
i) 380 - 1400	<b>RADIANZA</b>
j) 780 - 1400	
k) 780 - 1400	<b>IRRADIANZA</b>
l) 780 - 1400	
m) 780 - 3000	<b>ESPOSIZIONE RADIANTE</b>
n) 780 - 3000	
o) 380 - 3000	

ENCL

L. Filosa, M. Borra, A. Militello- Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio - Bologna, 11 ottobre 2023

PERCHE' LA RADIANZA ?

**SORGENTE ESTESA**  
**O**  
**SORGENTE PUNTIFORME ?**



Da A. Borra

L. Filosa, M. Borra, A. Militello– Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio – Bologna, 11 ottobre 2023

*Come si lega l'aspetto fisico a quello normativo e protezionistico?*

S ( $\lambda$ ) Ultravioletto

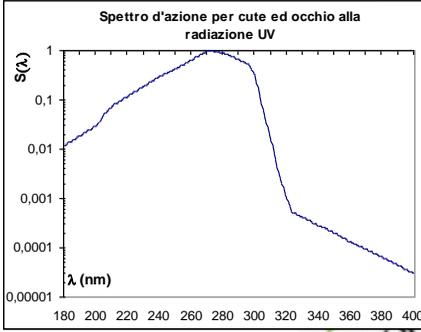
R ( $\lambda$ ) Visibile – IR (danno retinico)

B ( $\lambda$ ) Luce Blu: danno fotochimico

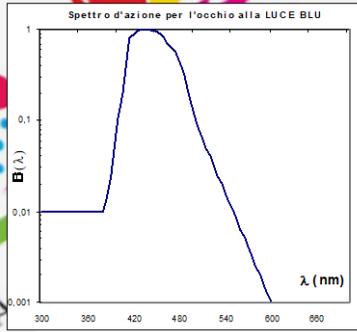


L. Filosa, M. Borra, A. Militello– Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio – Bologna, 11 ottobre 2023

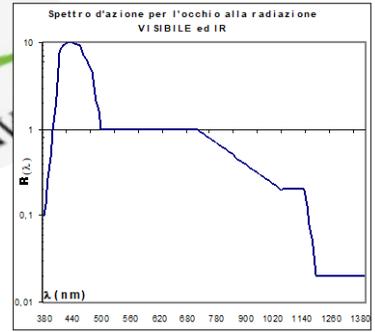
**S( $\lambda$ )**  
180 – 400 nm



**B( $\lambda$ )**  
300 – 700 nm

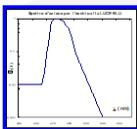
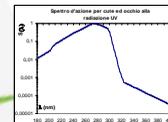


**R( $\lambda$ )**  
380 – 1400 nm



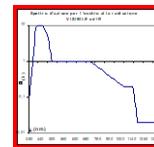
**L'efficacia biologica:**

**S( $\lambda$ )**  
spettro d'azione per cute ed occhio da radiazione UV (180-400 nm)



**B( $\lambda$ )**  
spettro d'azione per il danno fotochimico essenzialmente all'occhio (300-700 nm)

**R( $\lambda$ )**  
spettro d'azione che pesa il danno termico ad occhio e cute alla radiazione visibile e all'infrarosso (380-1400 nm)



## Processo di valutazione del rischio



L. Filosa, M. Borra, A. Militello - Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio - Bologna, 11 ottobre 2023

### Esempi di soggetti particolarmente sensibili

- **DONNE IN GRAVIDANZA**
- **MINORENNI**
- **ALBINI e INDIVIDUI di FOTOTIPO 1 - UV**
- **PORTATORI DI MALATTIE AL COLLAGENE - UV**
- **SOGGETTI in trattamento con AGENTI FOTOSENSIBILIZZANTI**
- **SOGGETTI CON ALTERAZIONE IRIDE O PUPILLA**
- **SOGGETTI EPILETTICI (luce visibile intermittente 15/25 flash/s)**
- **SOGGETTI CHE HANNO SUBITO IOL (*intra ocular lens*) specialmente se esposti tra 300-550 nm**



L. Filosa, M. Borra, A. Militello - Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio - Bologna, 11 ottobre 2023

## Quali sono le principali sorgenti di radiazioni ottiche NON COERENTI prodotte artificialmente ?

- ✓ Lampade e sistemi di lampade 
- ✓ L.E.D. ( light emitting diode) 
- ✓ Corpi incandescenti 
- ✓ Archi elettrici 

### IMPIEGO



L. Filosa, M. Borra, A. Militello- Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio - Bologna, 11 ottobre 2023

## Esempi di alcune sorgenti giustificabili

(Art. 181)

**Apparecchiature** classificate nella **categoria 0** secondo lo standard **UNI EN 12198:2009**

**Lampade e sistemi di lampade e LED** classificate nel **gruppo ESENTE** dalla norma **CEI EN 62471:2009**

ILLUMINAZIONE STANDARD  
MONITOR COMPUTER - DISPLAY  
FOTOCOPIATRICI  
LAMPADE E CARTELLI DI SEGNALAZIONE LUMINOSA

A Non-Binding Guide to the Artificial Optical Radiation Directive 2006/25/EC



COORDINAMENTO  
TECNICO  
INTERREGIONALE  
DELLA PREVENZIONE  
NEI LUOGHI DI LAVORO

L. Filosa, M. Borra, A. Militello- Radiazioni ottiche artificiali e naturali: valutazione, gestione del rischio - Bologna, 11 ottobre 2023



Grazie  
dell'attenzione!

[l.filosa@inail.it](mailto:l.filosa@inail.it)

INAIL