

AMMA

Aziende Meccaniche Meccatroniche Associate

Con la collaborazione di

CSAO

Centro Sicurezza Applicata all'Organizzazione

e

AIDII

Associazione Italiana Degli Igienisti Industriali

Caratteristiche generali delle radiazioni incoerenti (UV, VIS, IR).

Misure di prevenzione e protezione, cenni su strumenti di misura

TORINO
9 Aprile 2010

Dr. Massimo Borra
Ricercatore I.S.P.E.S.L.

La Radiazione Ottica, come tutte le onde elettromagnetiche, viene sia **trasmessa** che **riflessa** quando incontra un "corpo" materiale.

La radiazione **trasmessa** sarà quella che verrà assorbita dalla materia biologica.

La Radiazione Ottica ha una limitata capacità di penetrazione:



L'assorbimento di energia e i conseguenti effetti sono allora limitati a:



OCCHIO

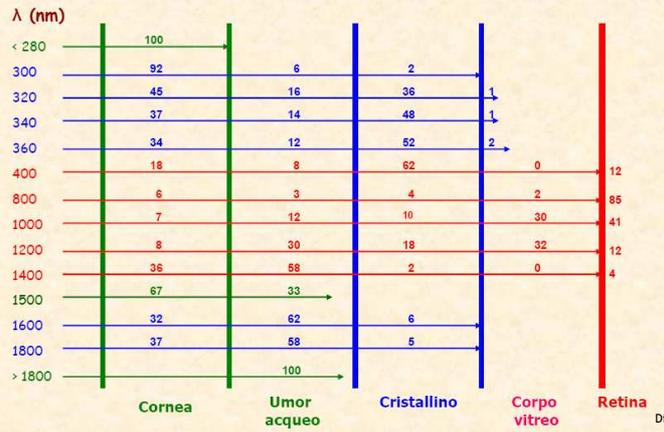


CUTE

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

OCCHIO

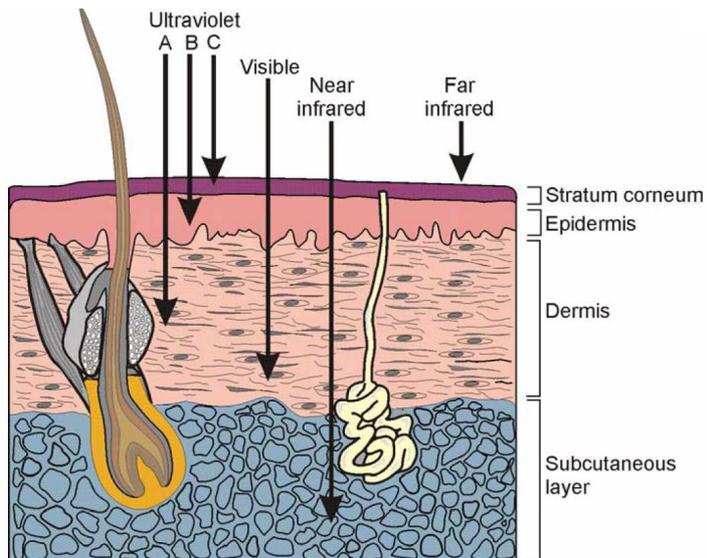
Assorbimento % della radiazione ottica da parte delle diverse strutture oculari (da Campurra, 2001 - modificato)



Dia tratta da: C. GRANDI - ISPESL

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

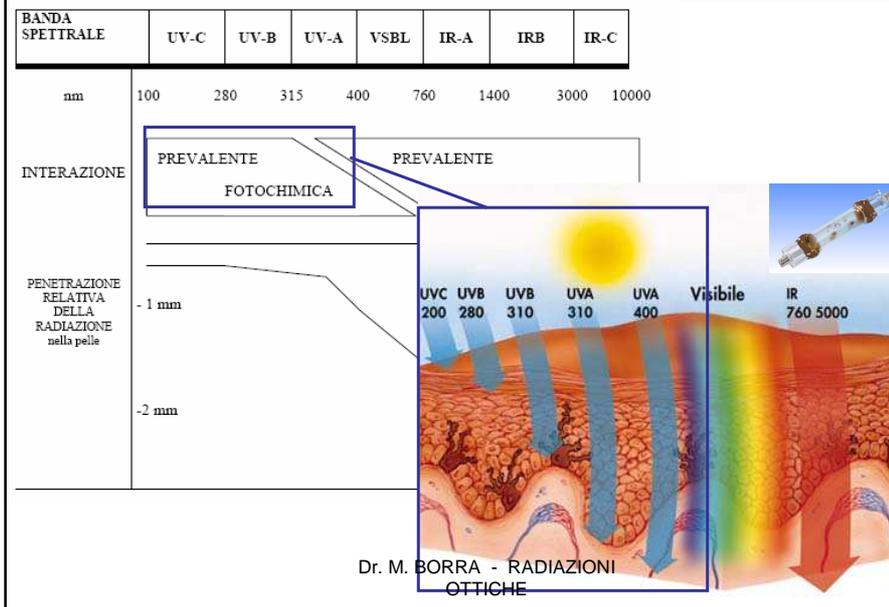
CUTE



Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

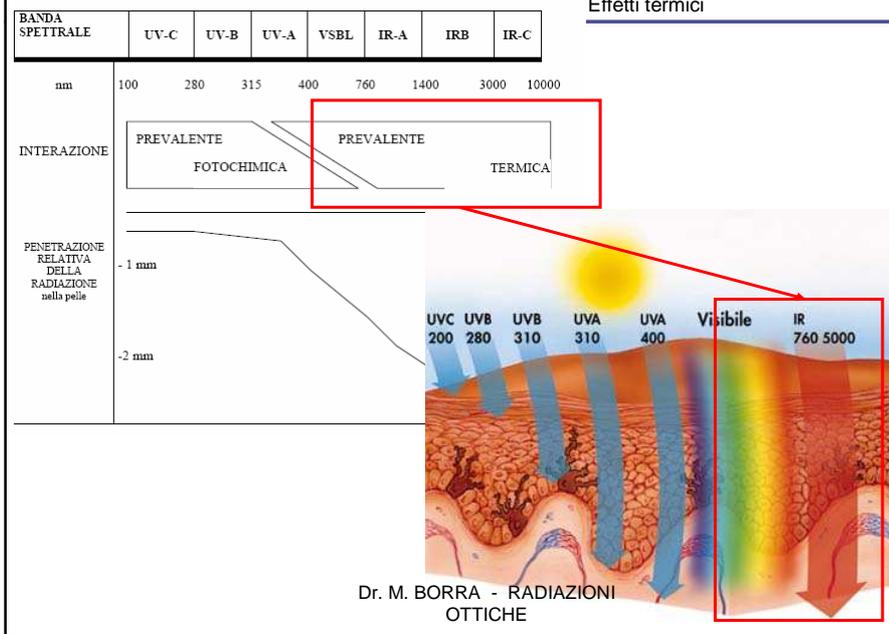
Effetti biologici della radiazione ottica

Effetti fotochimici



Effetti biologici della radiazione ottica

Effetti termici



EFFETTI DELLA RADIAZIONE UV SULL'UOMO

ESPOSIZIONE ALLA RADIAZIONE UV

EFFETTI DETERMINISTICI

- Esiste una **SOGLIA** per il fenomeno
 - La gravità aumenta con l'esposizione

- **Eritema (200-400 nm)**
- **Fotocheratite e Fotocongiuntivite (180 -330 nm)**
- **Danni al cristallino (180 -330 nm)**

EFFETTI STOCASTICI

- **Non esiste una SOGLIA**
- La **PROBABILITA'** che l'effetto si verifichi aumenta con l'esposizione

- **Tumori cutanei (270 – 400 nm)**
- **Fotoelastosi (220 – 440 nm)**

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

Eritema

Comparsa: alcune ore dopo l'esposizione, **latenza inversamente proporzionale alla dose**
Massima efficacia biologica della radiazione UV per $\lambda < 300$ nm

Forte caduta (fino a 3 ordini di grandezza) da 300 a 330 nm

Perdita quasi completa di efficacia oltre i 340 – 350 nm

Melanoma maligno

Negli ultimi 40 anni: raddoppio dell'incidenza ad ogni decade

In Europa incidenza particolarmente elevata in Scandinavia

Esposizione intermittente al sole forse importante fattore di rischio per il melanoma

Storia di scottature solari spesso associata con lo sviluppo del tumore

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

Occhio

Fotoretinite: danno alla retina da luce visibile su base fotochimica

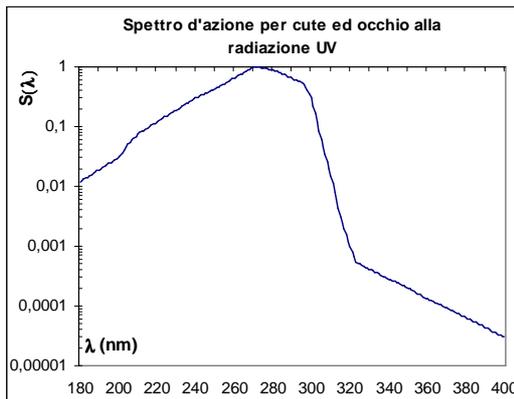
Massima efficacia attribuibile alla **luce violetta e blu** (*blue light hazard*)

Raggiunge direttamente la retina grazie alla trasparenza dei mezzi diottrici (cornea, cristallino, umor acqueo e corpo vitreo)

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

PESL

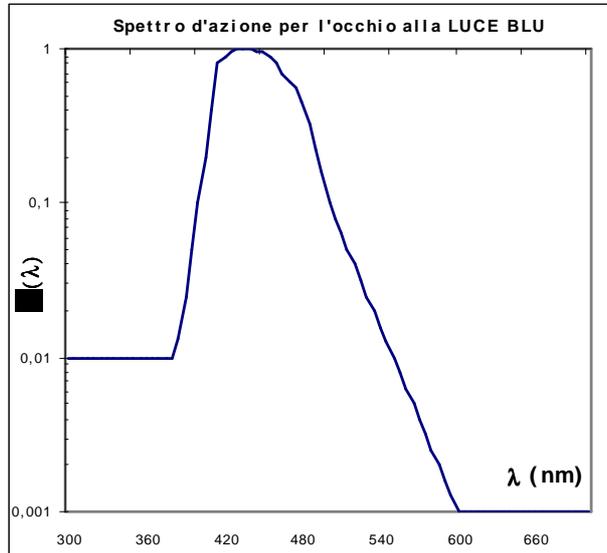
Lo spettro d'azione $S(\lambda)$ 180 - 400 nm



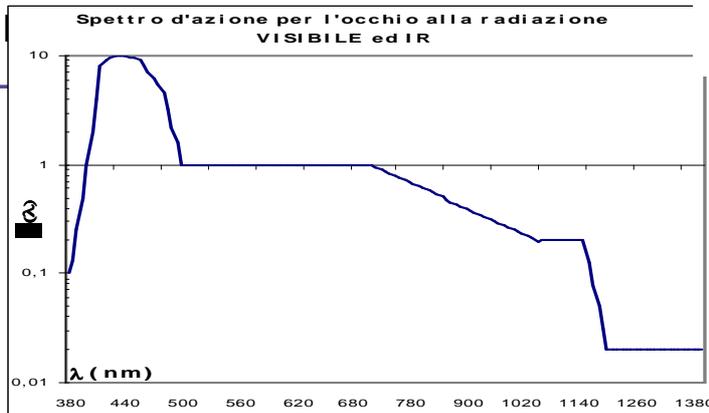
- Uno spettro d'azione e' il grafico del reciproco del valore dell'esposizione radiante che produce un dato effetto biologico ad ogni lunghezza d'onda.
- Tutti i dati in tale curva sono normalizzati al valore corrispondente alla lunghezza d'onda a cui si ha la massima efficacia biologica della radiazione
- Per la radiazione ultravioletta UV l'effetto biologico considerato e' l'eritema e lo spettro d'azione $S(\lambda)$, definito dall'ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection), dalla CIE (Commission Internationale Eclairage) e dall'IEC (International Electrotechnical Commission), e' una curva composta ottenuta da valutazioni statistiche effettuate su molte ricerche relative alla minima esposizione radiante agli UV necessaria per causare l'eritema alle varie lunghezze d'onda comprese tra 180 e 400 nm.

- S (λ) 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];
- B (λ) 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];
- R (λ) 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];

Lo spettro d'azione $B(\lambda)$ 300 - 700 nm



B_λ è definito come **ponderazione spettrale** che tiene conto della dipendenza dalla lunghezza d'onda della **lesione fotochimica** provocata all'occhio dalla radiazione di **luce blu**



L'IRA può raggiungere la retina e, in funzione della dose, indurre danno con meccanismo termico

Esposizioni ripetute e croniche a IRA si possono tradurre in opacità del cristallino e cataratta (per trasferimento al cristallino di parte dell'energia termica assorbita a livello dell'iride)

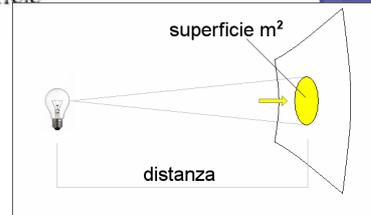
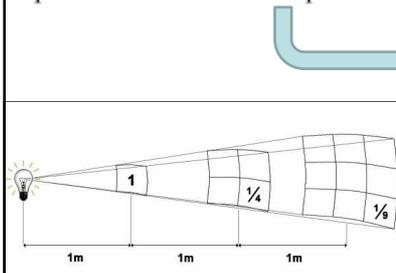
ALLEGATO XXXVII del D.Lgs. N.81/08 Parte I

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.

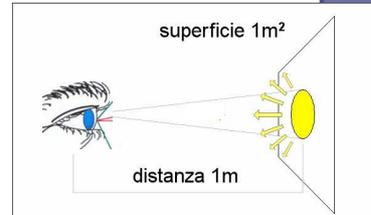
a)	$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$	(H_{eff} è pertinente solo nell'intervallo da 180 a 400 nm)
b)	$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$	(H_{UVA} è pertinente solo nell'intervallo da 315 a 400 nm)
c), d)	$L_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	(L_{B} è pertinente solo nell'intervallo da 300 a 700 nm)
e), f)	$E_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	(E_{B} è pertinente solo nell'intervallo da 300 a 700 nm)
g)-l)	$L_{\text{R}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$	(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)

PRINCIPALI GRANDEZZE FISICHE USATE NEI LIMITI DI ESPOSIZIONE

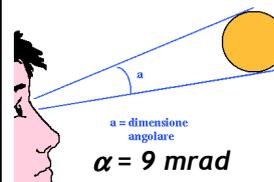
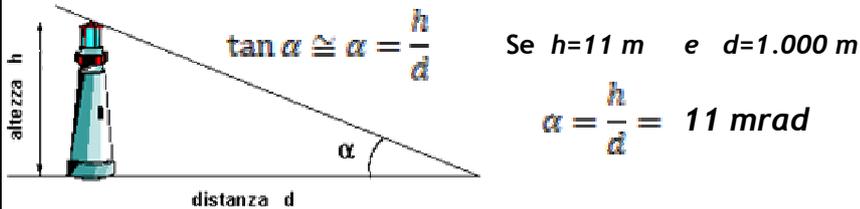
f) irradianza (E) o densità di potenza: la potenza radiante incidente per unità di area su una superficie espressa in watt su metro quadrato (W m^{-2});



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 ($\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$);



Sorgente puntiforme, sorgente estesa



- 57.5 cm X 117.5 cm
- misure del diffusore

$Z = 87.5\text{ cm}$
misura media del diffusore
 $\alpha = Z/r$ ovvero
 $\alpha = 87.5/100 = 0.875\text{ rad}$

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

Irradianza spettrale, irradianza efficace e esposizione radiante efficace

$E_\lambda(\lambda, t)$, 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}];

$$E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=180\text{ nm}}^{\lambda=400\text{ nm}} E_\lambda \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

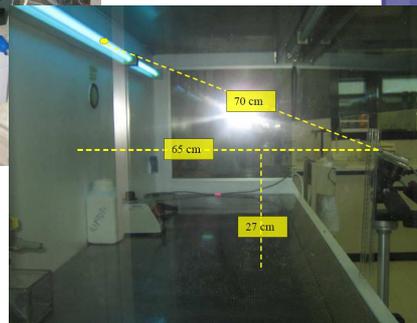
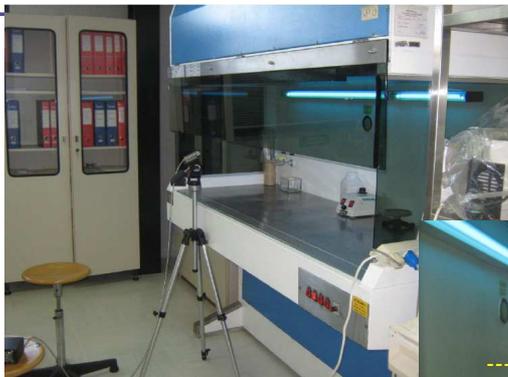
H_{eff} *esposizione radiante efficace*: esposizione radiante ponderata spettralmente con $S(\lambda)$, espressa in joule su metro quadrato [J m^{-2}];

$$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180\text{ nm}}^{\lambda=400\text{ nm}} E_\lambda(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt \quad H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$$

Valori limite di esposizione	Unità	Parte del corpo	Rischio
$H_{\text{eff}} = 30$ Valore giornaliero 8 ore	[J m^{-2}]	occhio: cornea congiuntiva cristallino cute	fotokeratite congiuntivite catarattogenesi eritema elastosi tumore della cute

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

Rischio da sorgenti UV Borra M.



Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

Rischio da sorgenti UV Borra M.

Il valore di irradianza spettrale pesata della riga a 253 nm è pari a $72,0\ \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$; integrando sulla larghezza di riga di $1,5\text{ nm}$ (valore FWHM; alla base la riga è larga circa $3,0\text{ nm}$) si ottiene, per l'irradianza efficace E_{eff} , il valore di $1,08\ \text{W}/\text{m}^2$.

Il limite per l'esposizione radiante efficace H_{eff} previsto dal D.Lgs. n.81/08 (Allegato XXXVII Parte 1) è pari a $30\ \text{J}/\text{m}^2$, valore assoluto ed indipendente dal tempo di esposizione. Dividendo questo valore per la misura effettuata si ottiene il tempo nel quale, in quella posizione, si raggiunge il limite suddetto. Nelle condizioni di misura questo valore limite viene raggiunto in **circa 30 secondi**.

FOTO 3 Vista diretta del riflesso sul banco

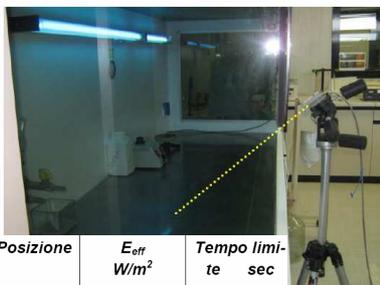
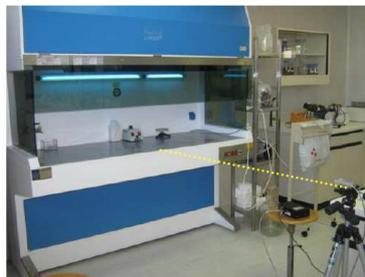


FOTO 5 Dall'angolo del bancone di fronte.



Posizione	E_{eff} W/m^2	Tempo limi- te sec
FOTO 3	0.63	48

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

Radianza efficace

L_B radianza efficace (luce blu): radianza calcolata ponderata spettralmente con $B(\lambda)$, espressa in watt su metro quadrato per steradiano [$W m^{-2} sr^{-1}$];

$$L_B = \sum_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} L_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

Valori limite di esposizione	Unità
$L_B = \frac{10^6}{t}$ per $t \leq 10\,000$ s	$L_B [W m^{-2} sr^{-1}]$ t [secondi]
$L_B = 100$ per $t > 10\,000$ s	[$W m^{-2} sr^{-1}$] per $\alpha \geq 11$ mrad

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

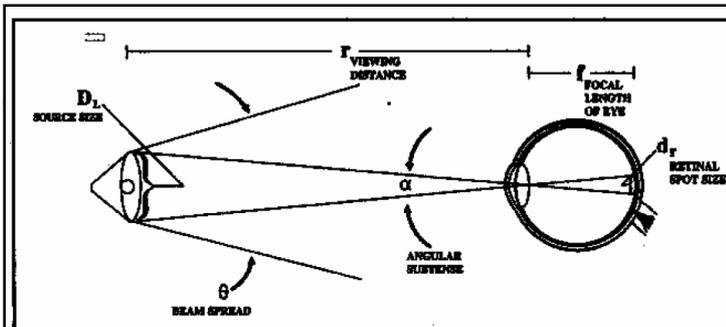


Fig. 5. Geometry of ocular exposure. The angular subtense of the source is the angle α subtended by the actual light source (not the fixture), and the beam spread θ of the source will not normally be the same as the angular subtense of the source.

For the small retinal images typical of viewing intense light sources, the image dimension, d_r , is directly related to the source dimension, D_L , by

$$d_r = D_L(f/r), \quad (1)$$

where f is the effective focal length of the eye in air (i.e., 17 mm) and r is the viewing distance from the light source (Fig. 4) (Slonev and Wolbarsht 1980). Note: The
OTTICHE

The exposure limits for extended sources and small (or “point”) sources are expressed in different units. Radiance ($\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$) and integrated radiance ($\text{J m}^{-2} \text{sr}^{-1}$) are used for exposure limits derived to protect the retina.

Irradiance (W m^{-2}) and radiant exposure (J m^{-2}) are generally used for exposure limits derived to protect the skin, the cornea, and the lens, and may also be used to express limits for the retina where minimal image sizes apply.

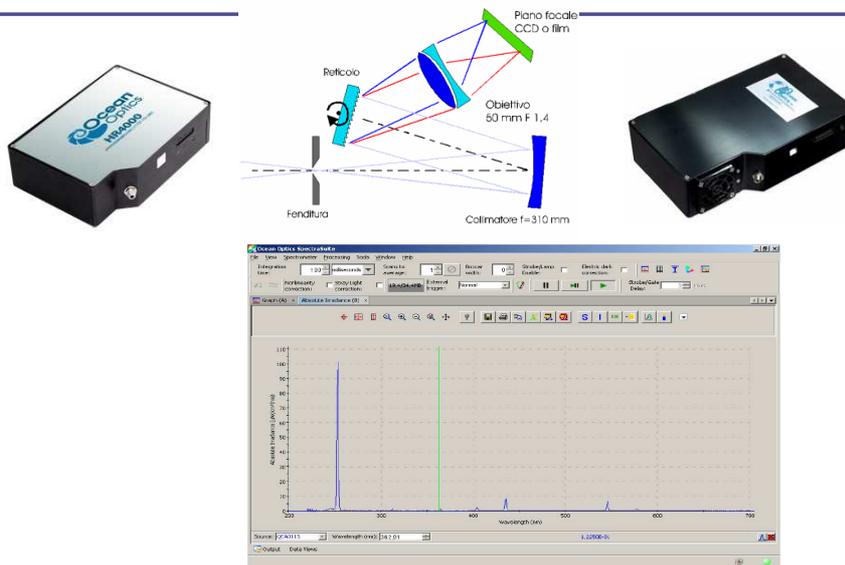
This measured radiance can then be reduced to an equivalent irradiance by multiplying by the solid angle S corresponding to α_{meas} (i.e., by $[(\pi/4)\alpha_{\text{meas}}^2]$).

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

STRUMENTI E TECNICHE DI MISURA

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

Spettroradiometro

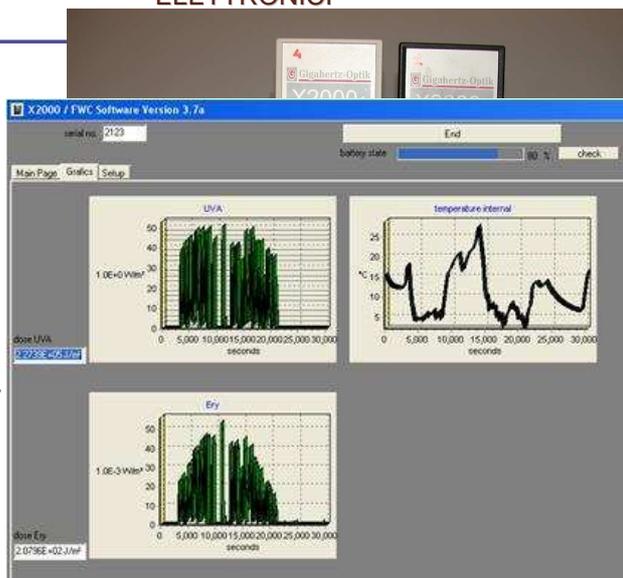


Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

La strumentazione per la dosimetria personale: DOSIMETRI ELETTRONICI

DOSIMETRI ELETTRONICI

Sistemi a fotodiode corredato di filtri ottici la cui risposta approssima lo spettro d'azione dell'effetto biologico che si vuole studiare. Permettono di ricavare direttamente la dose efficace H_{eff} in un punto del corpo relativa ad un tempo di esposizione t .

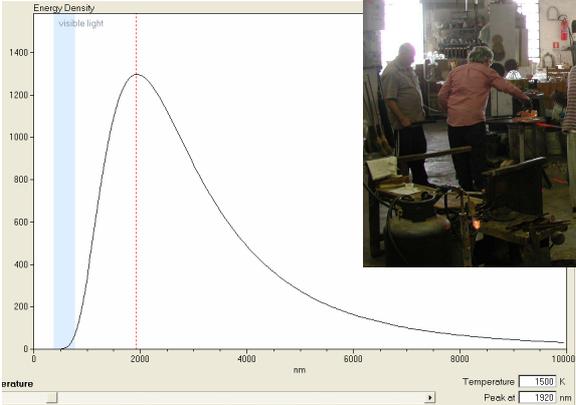


Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

LE SORGENTI

Le sorgenti di radiazioni ottiche

- Sorgenti infrarosse
- Fornace a 1500 K

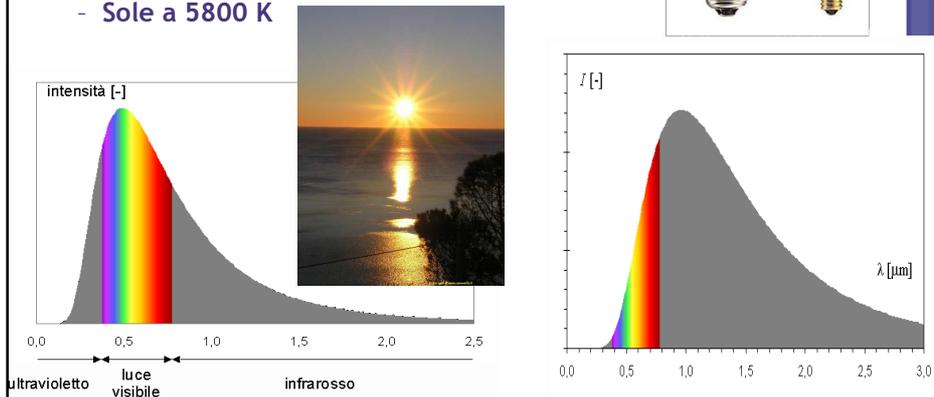


Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

Le sorgenti di radiazioni ottiche

• Sorgenti nel visibile

- Lampada a incandescenza a 2800 K
- Sole a 5800 K

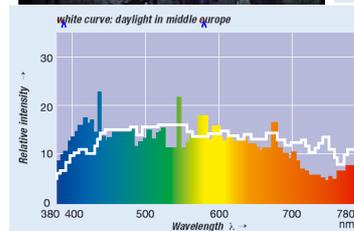
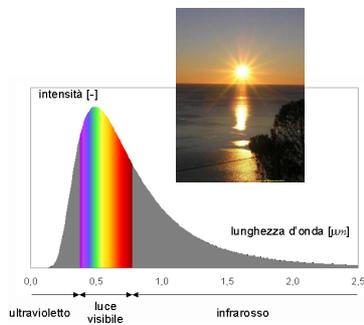
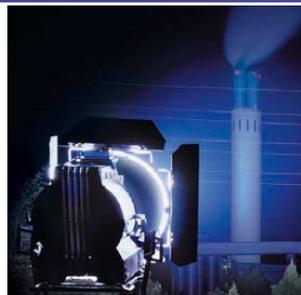


Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

Le sorgenti di radiazioni ottiche

• Sorgenti nell'ultravioletto

- Sole a 5800 K
- Lampada HID agli alogenuri metallici a 6000 K



HMI® 18000 W/SE/GX51 and 12000 W/SE/GX51 - Good colour rendering.
Daylight. Brilliant OSRAM quality.

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

Radiazioni ottiche ... "artificiali"?

SEZIONE II

VALUTAZIONE DEI RISCHI

Art. 28.

Oggetto della valutazione dei rischi

1. La valutazione di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), anche nella scelta delle attrezzature di lavoro e delle sostanze o dei preparati chimici impiegati, nonché nella sistemazione dei luoghi di lavoro, deve riguardare tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, ivi compresi quelli riguardanti gruppi di lavoratori esposti a rischi particolari, tra cui anche quelli collegati allo stress lavoro-correlato, secondo i contenuti dell'accordo europeo dell'8 ottobre 2004, e quelli riguardanti le lavoratrici in stato di gravidanza, secondo quanto previsto dal decreto legislativo 26 marzo 2001, n. 151, nonché quelli connessi alle differenze di genere, all'età, alla provenienza da altri Paesi.

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

C 172 E/26

IT

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

12.7.2005

POSIZIONE COMUNE (CE) N. 24/2005
definita dal Consiglio il 18 aprile 2005

in vista dell'adozione della direttiva 2005/.../CE del Parlamento europeo e del Consiglio sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (radiazioni ottiche) (diciannovesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE)

(2005/C 172 E/02)

Un passo indietro...

?



L 114/38

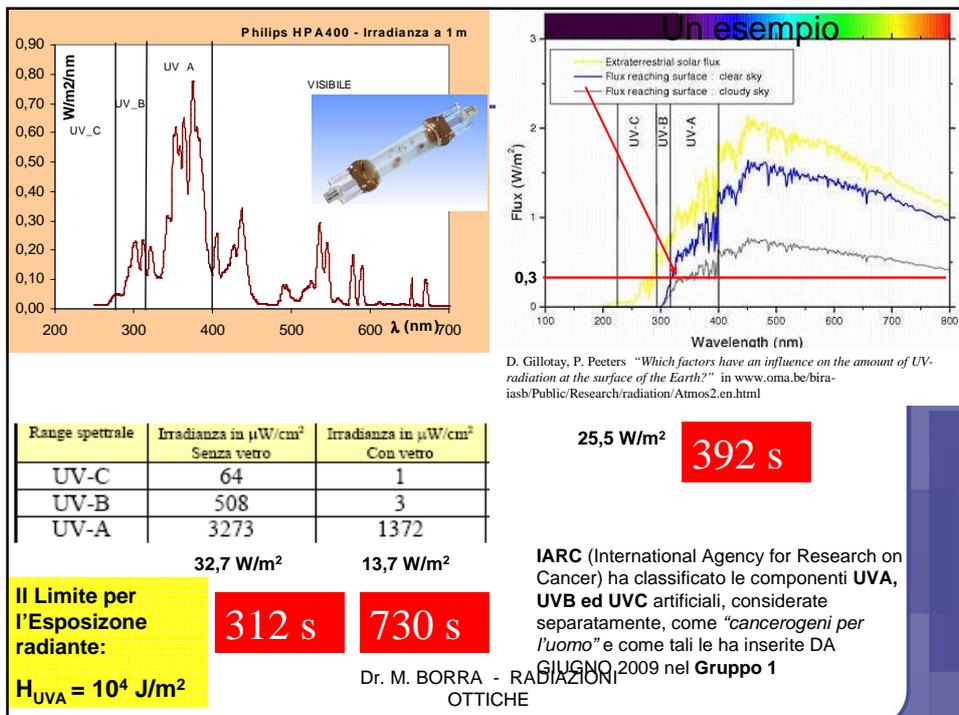
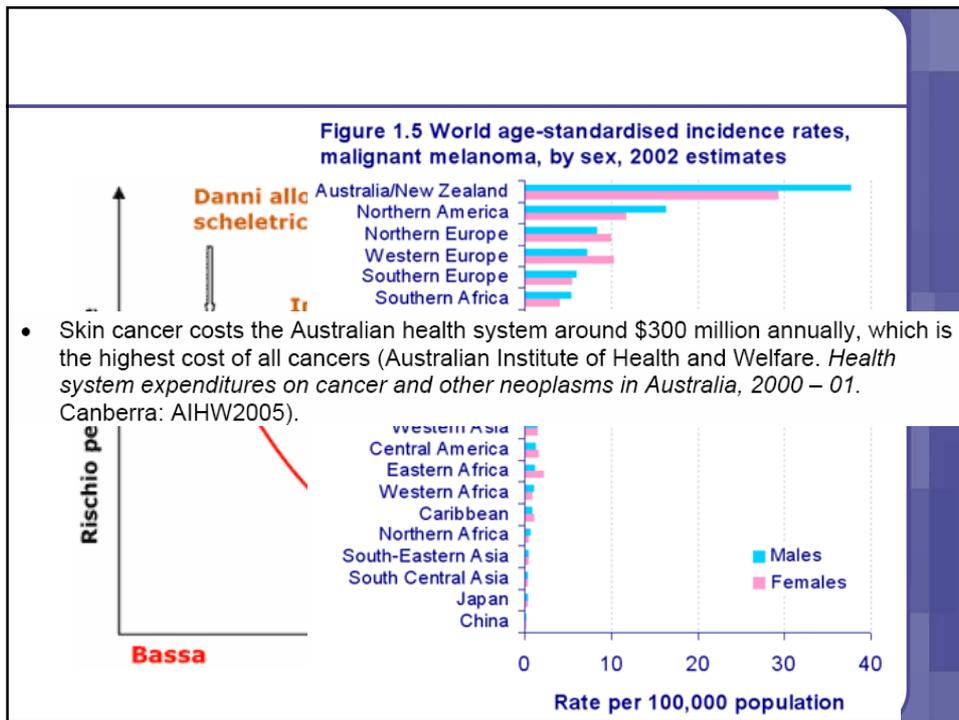
IT

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

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)

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE



Dosimetria e ricerca sull'UV solare

Azienda USL 7 di Siena



Variability among polysulphone calibration curves
Phys. Med. Biol. 51, 2006 4413-4427.

Solar UV radiation exposure in a population of Tuscany vineyard workers Atti del 28th ICOH 2006, Milano, June 11-16 2006, pag.107

“La Sapienza” Uni. Roma
Dip. di Fisica (G-MET)



Short-term UV Exposure of Sunbathers at a mediterranean Sea Site
Photochemistry and Photobiology, 2009, 85: 171-177

ARPA Valle d'Aosta



Personal UV exposure on a ski-field at an alpine site
Atmospheric Chemistry and Physics Discussions 8, 1, 2008, 2745-2769

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

Dipartimento Igiene del Lavoro

GUIDANCE NOTE FOR THE PROTECTION OF WORKERS FROM THE ULTRAVIOLET RADIATION IN SUNLIGHT



NOVEMBER 2008



Australian Government
Australian Safety and Compensation Council



useful workplace tools

Sample UV Risk Control Worksheet

Description of work location _____ Date _____
Assessed by _____

Description of task(s) performed _____ Health & Safety Representative _____

Environmental factors

Time of day

- All day RISK HIGH
- 10.00 am-3.00 pm
- 2.00 pm-4.00 pm
- 8.00 am-10.00 am
- After 4.00 pm
- Before 8.00 am LOW

Altitude

- More than 1500 m RISK HIGH
- 1000-1500 m
- 500-1000 m
- Less than 500 m LOW

Season

- All year RISK HIGH
- Summer
- Autumn/Spring
- Winter LOW

Comments _____

Work system factors

Shade during work

- No shade RISK HIGH
- Partial shade
- Total shade
- Indoor work LOW

Shade at rest breaks

- No shade RISK HIGH
- Partial shade
- Total shade
- Indoor work LOW

Have employees ever been sunburnt at work?

- Yes RISK HIGH
- No LOW

Comments _____

Hazardous factors

The presence of reflective surfaces or photosensitising substances will increase the risk posed by UV radiation. An increased number of factors will increase the magnitude of the risk.

Presence of reflecting substances

- Concrete
- Sand
- Glass
- Snow
- Roofing iron
- Water
- Aluminium foil

Use of photosensitisers*

- No
- Yes

Protective factors

The use of any personal protective equipment will provide some protection from UV radiation. The use of more equipment will provide adequate and appropriate protection from UV radiation.

Use of appropriate clothing/personal protective equipment

- Broad-brimmed or legionnaire-style hat
- Construction helmet with brim attachment
- Long-sleeved shirt
- Long trousers
- Sunglasses (AS 1067 or AS/NZS 1337)
- SPF 30+ sunscreen
- Portable shade structure

Factors assessed as a risk (from risk assessment checklist)

Refer to Worksafe Australia Guidance Note (NCHSC: 3012 (1991))

Is the job/task necessary? No → Eliminate job/task

↓ options

Yes

Is elimination and/or reduction of risk by use of engineering controls practical?

Options/Actions: _____ Timeframe _____

Short term _____

Medium term _____

Long term _____

Is elimination and/or reduction of risk possible by use of administrative controls?

Options/Actions: _____ Timeframe _____

Short term _____

Medium term _____

Long term _____

Is elimination and/or reduction of risk by the use of personal protective equipment and clothing practical?

Options/Actions: _____ Timeframe _____

Short term _____

Medium term _____

Long term _____

This is now a risk control plan for the worksite. It should be filed and kept for reference. Control measures identified should be transferred into your organisation's overall protection policy to form the section on how the hazard will be controlled. This policy should be written and employees informed of its existence. A re-assessment should be performed once improvements have been implemented.

22

NORMA EUROPEA

Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti

Parte 3: Radiazioni UV emesse dal sole

UNI EN 14255-3

SETTEMBRE 2008

La norma specifica le procedure di misurazione o stima e di valutazione delle esposizioni personali a radiazioni ultraviolette emesse dal sole.

La norma si applica alle esposizioni solari UV quando si rimane all'aperto. Essa si applica ai lavoratori ed alla popolazione in genere.

La norma non si applica alle esposizioni UV causate da sorgenti artificiali, per esempio lampade UV, saldature ad arco, ed alle esposizioni a radiazioni che interessano la retina degli occhi.

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

La valutazione del rischio di esposizione a Radiazione Ottica artificiale

Rischio da sorgenti UV Mariutti G, Matzeu M

MEASUREMENT OF ULTRAVIOLET RADIATION EMITTED FROM WELDING ARCS

Health Physics Vol. 54, No. 5 (May), pp. 529-532, 1988
Printed in the U.S.A.

G. Mariutti and M. Matzeu

Laboratorio di Fisica, Istituto Superiore di Sanità, Rome, Italy and Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione Sanità, Rome, Italy

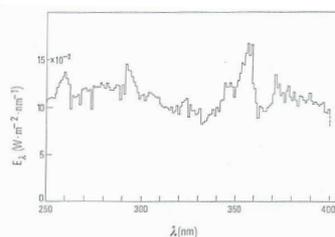


Fig. 3. Spectral irradiance E_{λ} of GTAW arc measured by time integrated (10-s) readings at single wavelength at a distance of 40 cm.

$$E_{\text{eff}} = (6.6 \pm 1.6) \text{ W m}^{-2},$$

$$t_{\text{max}} = \text{MPE}_{270} / E_{\text{eff}} \approx 4 \text{ s},$$

$$\text{where } \text{MPE}_{270} = 30 \text{ J m}^{-2}$$

DISCUSSION

From measurements on the welding arc previously described, the maximum exposure time (without protective equipments) was on the order of seconds. In various workplaces, we observed that operators start the welding process without protecting their eyes to see the exact position of the electrode with respect to the work piece. For this reason, the maximum exposure time may be exceeded during an 8-h period. This result suggests the need for personal monitoring devices, if available, to evaluate doses due to repeated exposures for long-term studies of biological effects.

Dr. M.

UIUCHE

Rischio da sorgenti UV Peng C, Lan C

EXPOSURE ASSESSMENT OF ALUMINUM ARC WELDING RADIATION

Health Physics October 2007, Volume 93, Number 4

Chiung-yu Peng,* Cheng-hang Lan,† Yow-er Juang,† Ta-ho Tsao,† Yu-tung Dai,† Hung-hsin Liu,† and Chiu-jong Chen‡

Table 1. Welding measurement conditions.

Welding items	Welding properties
Wire	Solid wire (Adalco Alloys Co., Ltd Alloy IA 5356) 1.6 mm in diameter
Machine	AC ARC Welder, Trans Puls Synergie TPS450 Fronius (Lomb Enterprise Co. Ltd.)
Welding current	Set internally by the machine as 250 ~ 280 A
Working current	Steady around 268 A
Arc voltage	220 V
Shielding gas	Argon 50 L min ⁻¹
Measurement distance	100 cm from welding torch
Measurement time	70 s continuous
Spectroradiometer	Data log with 0.5 s per data point record
Wavelength scan range	200 ~ 880 nm
Scan mode	Spectral irradiance ($\mu\text{W cm}^{-2} \text{nm}^{-1}$) vs. wavelength (nm)

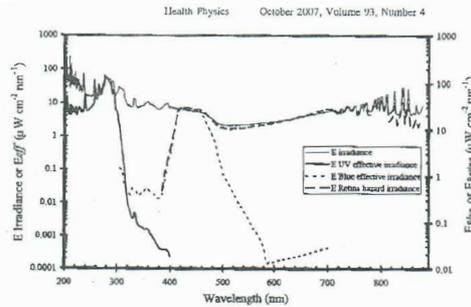


Fig. 2. The spectral irradiances of the worst case from aluminum arc welding processing.

Table 2. The biological effective irradiances and t_{max} from aluminum arc welding processing.

	ΣE_{eff} (220 ~ 400 nm) $\mu\text{W cm}^{-2}$	$E_{eff} t_{max}$ (s)	ΣE_{blue} (300 ~ 700 nm) $\mu\text{W cm}^{-2}$	$\Sigma E_{blue} t_{max}$ (s)	ΣE_{retina} (385 ~ 575 nm) mW cm^{-2}	ΣI_{retina} (385 ~ 575 nm) $\text{mW cm}^{-2} \text{sr}^{-1}$
Average	1,100	2.79	1,840	5.45	25.4	320
Minimum	759	3.95	1,820	5.50	25.1	315
Maximum	1,490	2.02	1,850	5.41	25.8	324
Std. dev.	178	0.45	12	0.03	0.49	6.16

Rischio da sorgenti UV Peng C, Lan C

for risk criteria evaluation. The obtained E_{eff} effective irradiance of 759–1,490 $\mu\text{W cm}^{-2}$ at 100 cm from the arc, with the range of permissible exposure time per day of 2.02–3.95 s, suggests that UVR from aluminum arc welding is actually hazardous to the eye and skin.

CONCLUSION

The E_{eff} effective irradiance of 759–1,490 $\mu\text{W cm}^{-2}$, with the range of permissible exposure time per day of 2.02–3.95 s, was evaluated at 100 cm from the aluminum arc welding location under the conditions of the study. UVR from the aluminum arc welding is actually hazardous to the eye and skin. The E_{blue} effective irradiance of 1,820–1,850 $\mu\text{W cm}^{-2}$ at 100 cm from the arc, with the range of permissible exposure time per day of 5.41–5.50 s, was assessed from the measured irradiance. Blue-light injury assessment from such aluminum

general arc welding. The obtained E_{blue} effective irradiance of 1,820–1,850 $\mu\text{W cm}^{-2}$ at 100 cm from the arc, with the range of permissible exposure time per day of 5.41–5.50 s, demonstrates that blue-light from aluminum arc welding is hazardous to the eye. Besides, the arc contact positions of welders must be even closer than those in measurements because the welders are usually less than 100 cm away from the strike of arcs and the effective irradiance is inversely proportional to the square of the distance.

ADIAZIONI



Ultraviolet Radiation Emitted by CO₂ Arc Welding

TSUTOMU OKUNO^{†*}, JUN OJIMA[‡] and HIROYUKI SAITO[§]

[†]Division of Work Environment Evaluation, National Institute of Industrial Health, 21-1, Nagao 6-chome, Tama-ku, Kawasaki 214-8585, Japan; [‡]Division of Human Engineering, National Institute of Industrial Health, 21-1, Nagao 6-chome, Tama-ku, Kawasaki 214-8585, Japan; [§]Division of Hazard Assessment, National Institute of Industrial Health, 21-1, Nagao 6-chome, Tama-ku, Kawasaki 214-8585, Japan

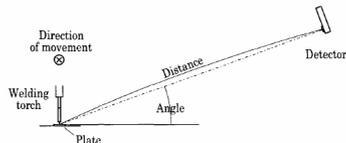


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental setup.

The effective irradiance at 1 m from the arc was in the range 0.28–7.85 W/m² (28–785 μW/cm²) under the study conditions. The corresponding permissible exposure time per day is 4–100 s.

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI OTTICHE

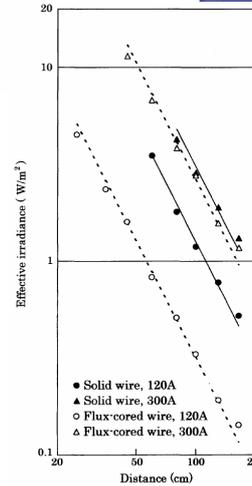


Fig. 4. Effective irradiance at various distances from the arc (circles and triangles). Measurements were made at 30° from the plate surface at the arc. Lines represent effective irradiance in inverse proportion to the square of distance (inverse square law).

The UVR level at the position of welders will be several times higher, because the welder is usually less than 1 m away and the effective irradiance is inversely proportional to the square of the distance, as shown in this study. Thus, welders should always

UVR may also be hazardous at greater distances from the arc. For example, at 10 m, although the UVR level decreases to 1% of the level at 1 m, the permissible exposure time per day is still only 6 min to 3 h.

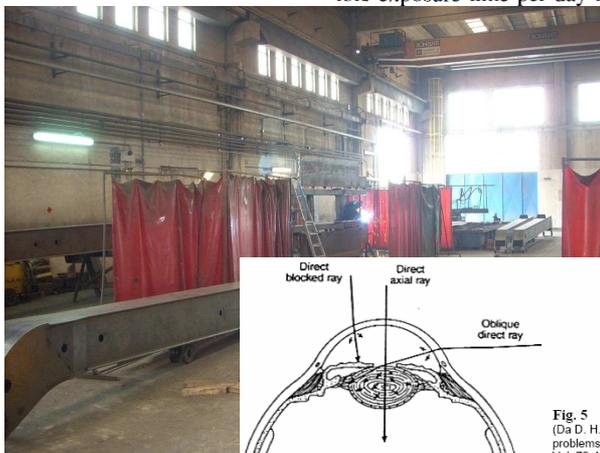


Fig. 5. L'effetto Coroneo.
 (Da D. H. Slaney "Ultraviolet radiation effects upon the eye problems of dosimetry" in *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 72, No. 3-4, pp.197-206 (1997))

Rischio da sorgenti UV



Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

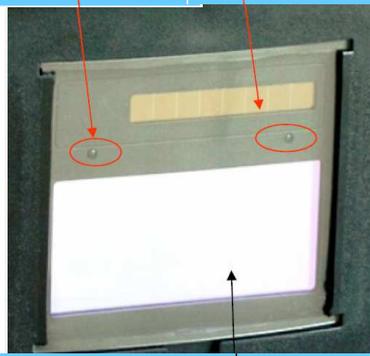
Rischio da sorgenti UV



Light state of filter	Shade DIN 3
Dark state of filter	DIN 10-11
Switching time (light to dark)	0.3ms
Clearing time (dark to light)	0.4 ms

2 Photos sensors
Will detect any arc
ignition within 0.3 m

Solar cells
guaranties power -
supply therefore no
batteries are required



LCD (LIQUID CRYSTAL) PANEL
Darkens from Shade 3 to Shade 11
upon striking the Arc

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

Rischio da sorgenti di LUCE BLU Orsini S, Piccoli B,

Lampada Goya HMI utilizzata per formare immagini di attori su un telo di PVC "Ombre cinesi"

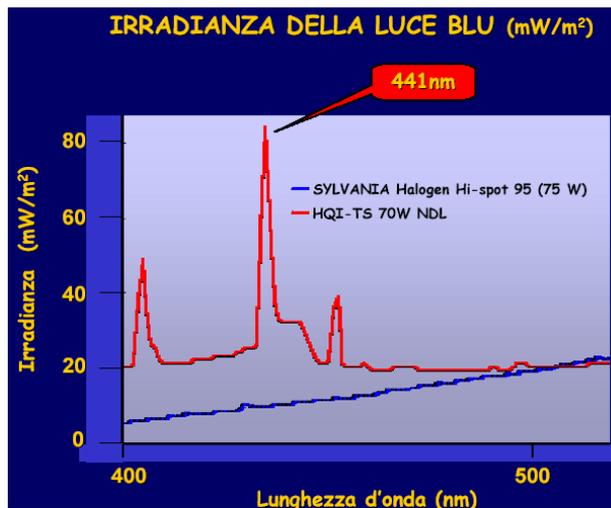


P = 4 kW
CCT ≈ 5600 K

Spettroradiometro MACAM mod. 9910-pc

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

Rischio da sorgenti di LUCE BLU Orsini S, Piccoli B,



Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

Rischio da sorgenti di LUCE BLU Orsini S, Piccoli B,

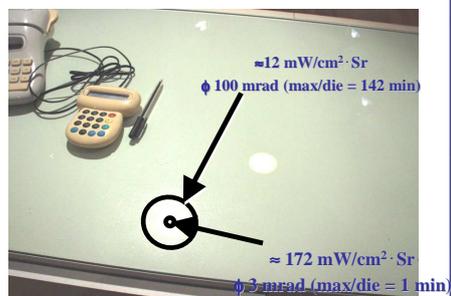
Misure fra la lampada ed il telo
(esposizione degli attori)



Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE



Rischio da sorgenti di LUCE BLU Orsini
S, Piccoli B,



Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

Sorgenti Infrarosse



Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE

Valutazione preliminare per sorgenti di “luce bianca” (no emissione di UV)

- Non è necessario effettuare una completa valutazione spettrale di una generica sorgente luminosa (rischio retinico) se la sua **luminanza**, $L_v < 10^4$ (cd m⁻²)
- Ricordiamo che $L_v = E_v / \omega$; quindi una misura di illuminamento E_v (lux) permette di fare una valutazione preliminare ricavando L_v noto ω .
- Quasi tutti gli apparecchi luminosi sono dotati di vetro di protezione che taglia al di sotto dei 350 nm;
- Tranne le sorgenti incandescenti, le più comuni sorgenti hanno emissione infrarossa trascurabile.

$$\Omega = \frac{A}{R^2} = 2\pi \left(1 - \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)$$

Dr. M. BORRA - RADIAZIONI
OTTICHE