

Procedure di valutazione delle radiazioni ottiche: saldature ad arco, ecc.



www.portaleagentifisici.it

Uso industriale e sanitario delle ROA

- Saldatura e taglio di metalli con arco elettrico o laser
 - Controlli di qualità dei semilavorati
 - Riscaldamento di materiali, cibi o persone
 - Lavorazione di metalli o dielettrici fusi
 - Manutenzione dei veicoli (fari)
-
- Transilluminatori
 - Lampade germicida
 - Fototerapia pediatrica e dermatologia
 - LASER chirurgici
 - Estetica (lampade abbronzanti, laser per depilazione)

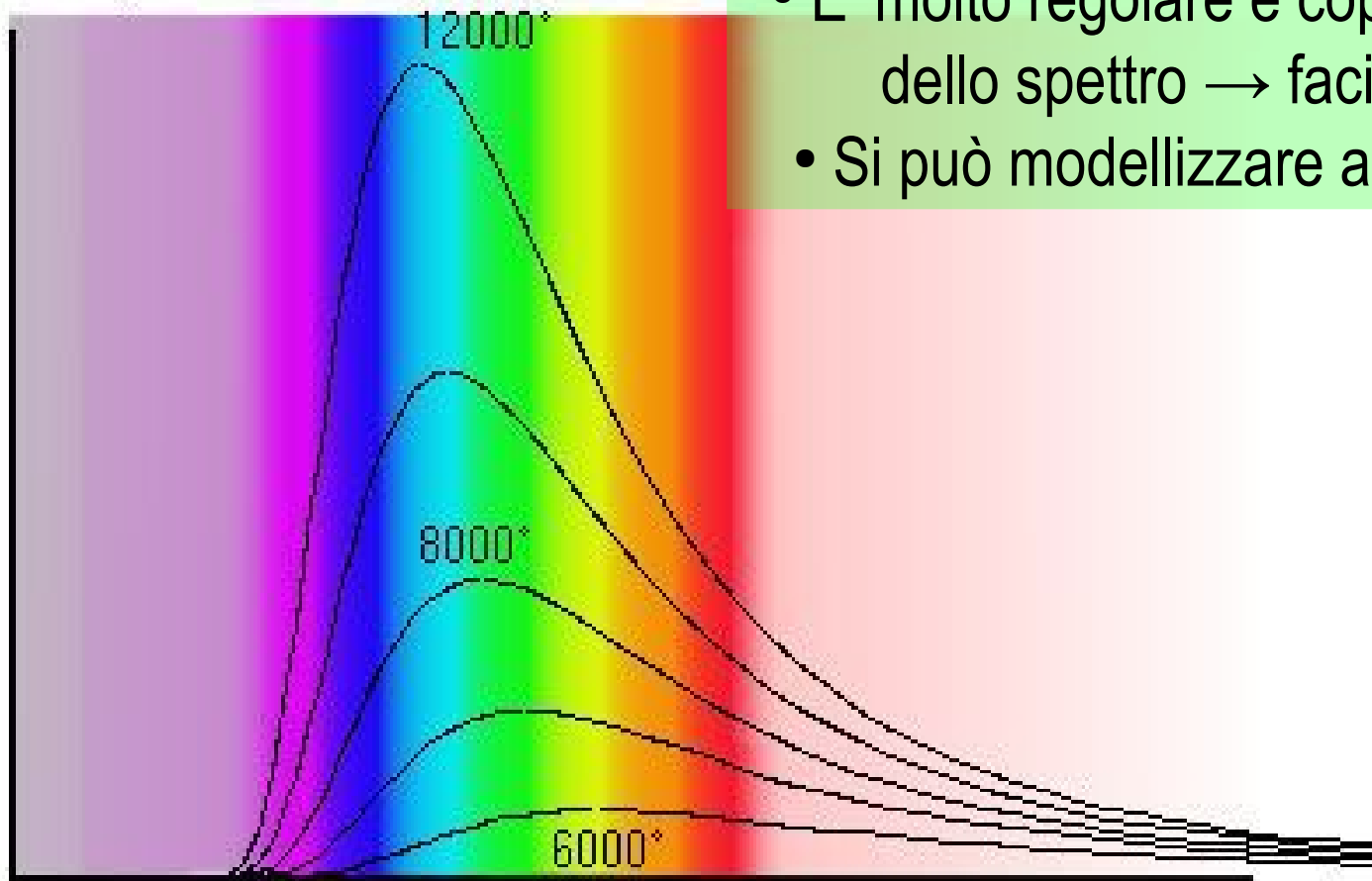
Sorgenti assimilabili a corpi neri

La sorgente di emissione è un corpo (solido, liquido o gassoso) che viene portato ad alta temperatura (oltre 600-800°C)

- ✓ Metalli fusi
- ✓ Lampade ad incandescenza
- ✓ Lampade alogene
- ✓ Riscaldatori ad infrarossi
- ✓ Fornaci

Lo spettro di Corpo Nero

Intensity



Visible light

Wavelength

- La forma è ben nota e dipende solo dalla temperatura del corpo
- E' molto regolare e copre un intervallo ampio dello spettro → facilmente misurabile
- Si può modellizzare abbastanza facilmente

Le attività di fusione

Fusione del bronzo per le statue di Botero



$T \approx 1200 \text{ } ^\circ\text{C}$

Picco di emissione di corpo nero $\approx 2000 \text{ nm}$

Fusione della ghisa



$T \approx 1400 \text{ } ^\circ\text{C}$

IRA	IRB	IRC
7%	46%	47%

Processo di fusione del bronzo

Ogni passaggio viene eseguito manualmente: l'esposizione è sempre elevata



Fig. 1: caricamento P1



Fig. 2: controllo temperatura P2



Fig. 3: apertura P3



Fig. 4: movimentazione P4



Fig. 5: mescolamento fusione P5



Fig. 6: colata nello stampo P6

Processo di fusione del bronzo

Fase	Distanza Operatore [m]	Eir [W/m^2]	Tempo esposizione massimo [s]
P1	0,8	2340	15
P2	1	1520	27
P3	1	3800	8
P4	2	600	92
P5	1	1500	26
P6 operatore frontale	2	510	110
P6 operatori laterali	2	460	130

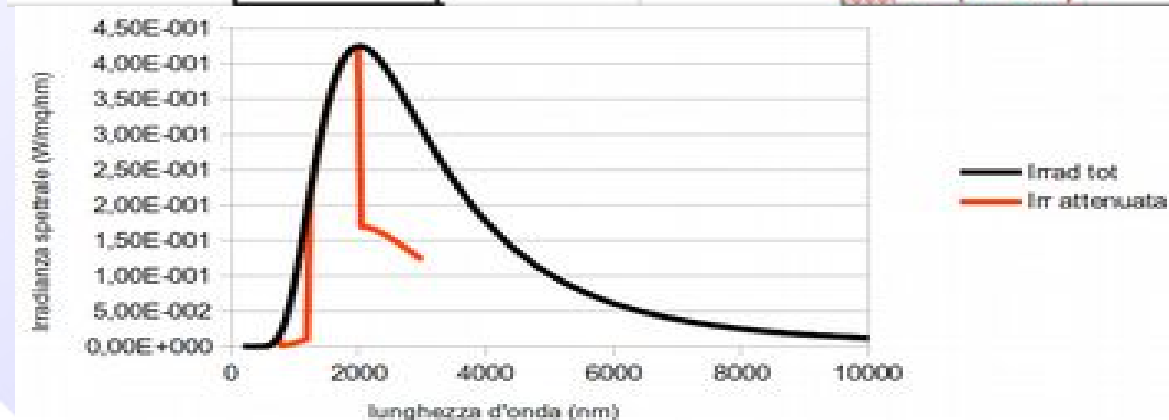
Per ogni fase vengono stimati i tempi di esposizione massima nella posizione degli operatori

Processo di fusione del bronzo

L'esposizione può essere ben modellizzata

Il calcolo dei DPI può essere eseguito con un calcolatore in base agli effettivi tempi di esposizione

DATI		Risultati			
diametro	0,4 m	Area	0,1257 mq		
T	1160 °C	T	1433,16 °K		
distanza	2 m	lamdamax	2022 nm	Rapporto Itottee/Itotcalc 0,973215844	
Angolo -norm	0 °	Dens. Pot rad.	95680 W		
emissività	0,4	Irradianza tot	947 W/mq		
Irrmis(380-3k)	3000 W/m2	Irr3000/Irrtot			
grad DPI	1,2	Irr(380-3000)	511 W/mq		
trasmissione occhiali (%)		calcoli per occhi da modello			
τ_V (380-780)	80	Eir/Irrtot			
τ_A (780-1400)	5,5	Eir(780-3000)	509,75 W/mq	tempo esp =	114,60 sec
τ_N (780-2000)	51,97	Atten(Eir)	0,620482236		
τ (2000-3000)	40	Eir(780-3000)att	316,29 W/mq	tempo esp =	216,23 sec
τ_B (1400-2000)	99,99	calcoli per occhi da misure con DeltaOhm			
		Eir(380-3000)att	1861,45 W/mq	tempo esp =	20,46 sec
		dist sic (no DPI)	4,45 m	t esp no DPI	10,84362795



Spettro di corpo nero da modello: irradianza spettrale totale ed attenuata in base alla graduazione scelta

Processo di fusione del bronzo

I DPI devono essere
del tipo giusto...



...ed integri!!



Processo di fusione della ghisa

Gli operatori devono presiedere al momento di trasferire la ghisa da un forno all'altro



Fig1: prelievo da rotativo



Fig2: trasferimento ad avanforno



Fig3: prelievo da avanforno



Fig4: trasferimento a carrello



Fig5: colata negli stampi

Punto misura	Distanza [m]	Irr 380-3000nm [W/m ²]	T esposizione [s]
P2	4	700	75
P3	2,3	150	580
P4	4	464	130

Processo di fusione della ghisa

In base alla distanza dalla sorgente si possono calcolare i tempi massimi di stazionamento o di passaggio

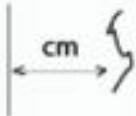
Punto misura	Dist sic (m)	Dist t=10min (m)	Dist t=5min (m)	Dist t=2min (m)
P1	10,7	8,9	6,8	5
P2	2,8	2,3	1,8	1,2
P3	8,6	7,2	5,5	0,8
P4	3,3	2,7	2,1	--

Tabella 3: Distanze di sicurezza dalle principali sorgenti di radiazioni ottiche in funzione dei tempi di stazionamento o di passaggio vicino alle stesse.

m,n	E_{IR} (Infrarosso A + Infrarosso B)	Occhi	Maggiore del VLE	722 W m^{-2}
o	E_{skin} (Visibile + Infrarosso A + Infrarosso B)	Cute	da 20% + 50% del limite	722 W m^{-2}

DISTANZA SENSORE SORGENTE

400
cm



TEMPO DI ESPOSIZIONE MASSIMO

72
secondi



DISTANZA RADIALE DI SICUREZZA

1200
cm



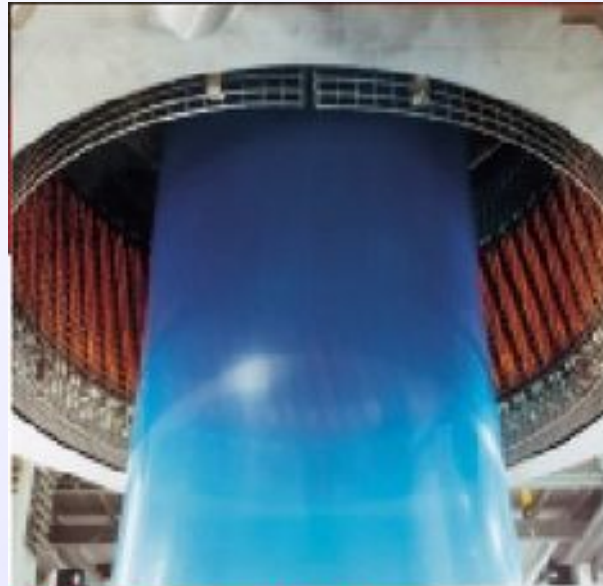
Anche in questo caso i DPI sono valutati in funzione dei tempi di esposizione effettivi

Note: Per gli operatori distanti circa 2.5 metri in posizione non frontale e per tempi di esposizione inferiori a 2 minuti, si consigliano occhiali con graduazione 4 - 3.

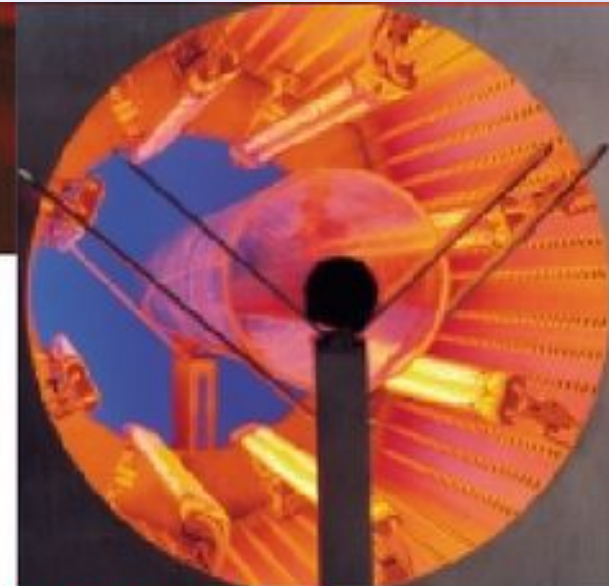
Il rischio per la cute

- Nell'allegato XXXVII del T.U. si considerano solo tempi di esposizione per la cute fino a 10 secondi (indice "o")
- Si considerano solo esposizioni acute in cui il danno potrebbe avvenire prima della normale reazione dell'operatore
- Per considerare tempi di esposizione maggiori si può far riferimento alla norma: EN 16237 sulla classificazione delle sorgenti non elettriche
- Nella norma EN 16237 si considerano sia danni alla cute che stress termico (per esposizioni di diverse ore)

Riscaldatori ad infrarosso



Plastic drawing with IR heat



IR Module in oven form



Heating chocolate



Carpet web relaxed before the coating



Riscaldatori ad infrarosso

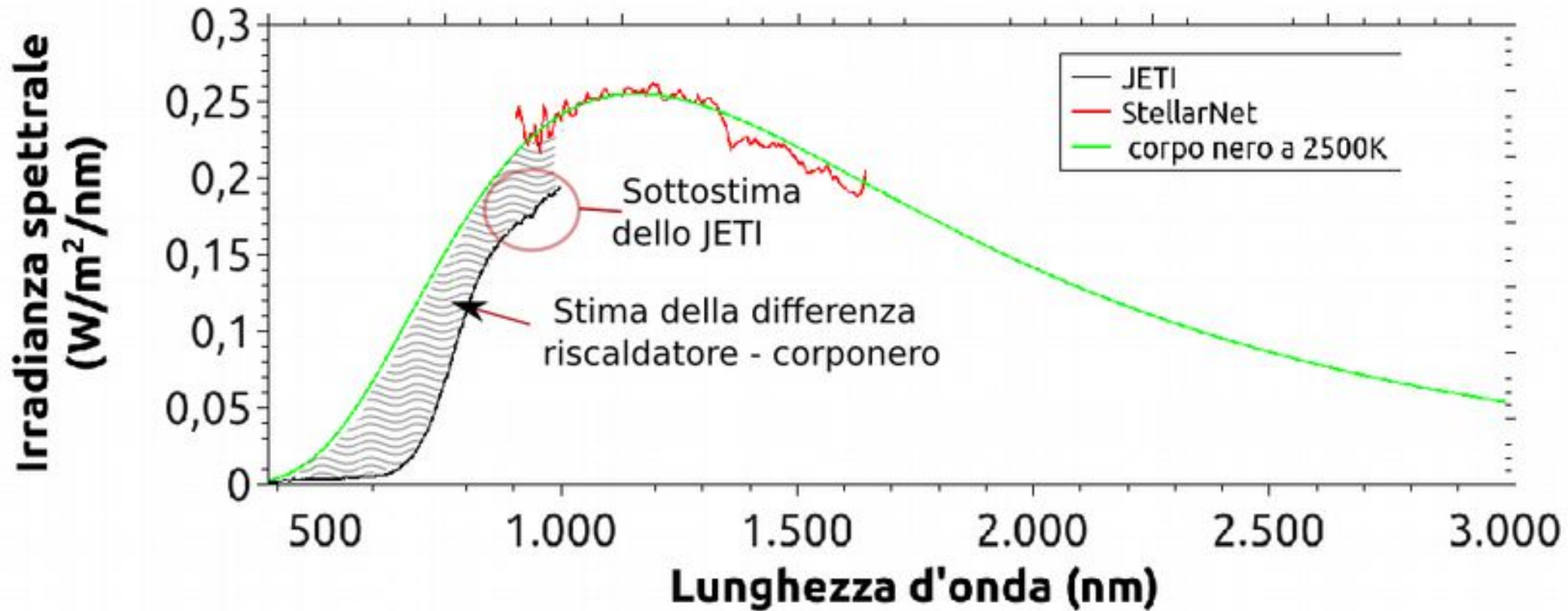
In base alla tecnologia utilizzata possono trasferire calore per:

- **Radiazione: più efficienti, alto rischio di superamento dei limiti**
- **Convezione: meno efficienti, basso rischio di superamento dei limiti**

Tipo	A	B	C
Tipo di infrarosso	onde corte	onde medie	onde lunghe
sorgente	alogeno, incandescenza	al quarzo	resistenza
efficienza radiante	92%	60%	40%
Temperatura cromatica	2500K	1300K	800K
picco emissione	1200 nm	2200 nm	4000 nm
IR-A	34%	3,5%	1%
IR-B	50%	50%	14%
IR-C	10%	46%	85%
Trasferimento energia	radiazione	radiazione, convezione	convezione

Riscaldatori ad infrarosso: misure

Misurazioni fatte con strumenti differenti, anche per effettuare interconfronti



Distanza (cm)	JETI	StellarNet	DO	Corpo nero
80	68,64	550	851	1116
145	40,81	170	322	370
rapporto	1,68	3,24	2,64	3,01

Per avere accordo con il corpo nero occorrono le informazioni di radiometro e spettrometri

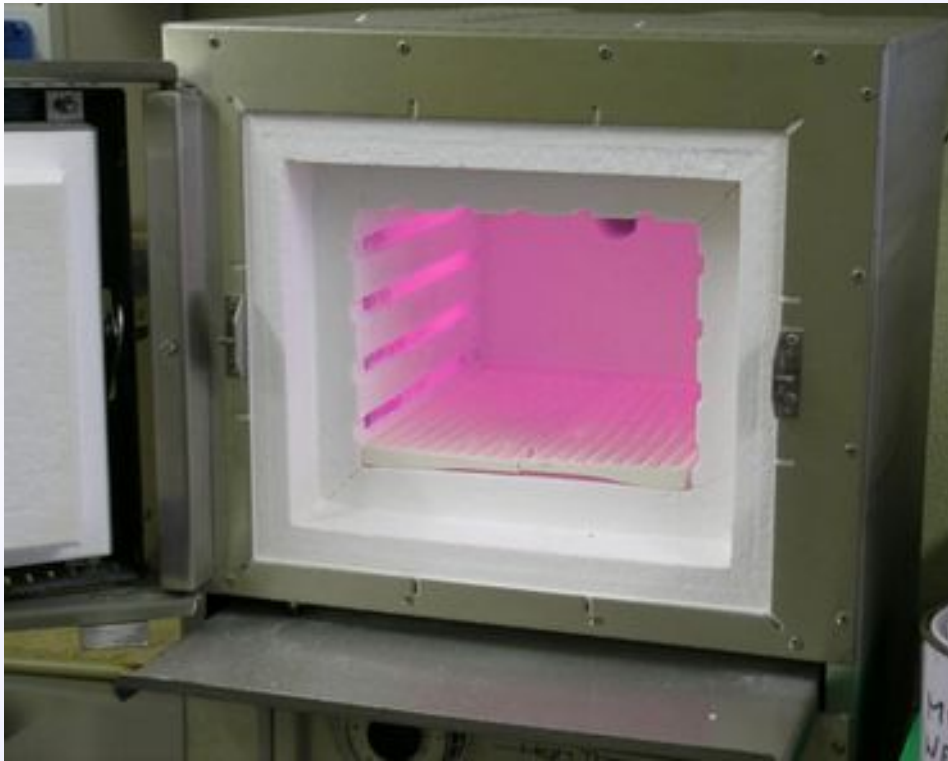
Riscaldatori ad infrarosso: misure

Misurazioni effettuate con radiometro nei locali di Piazza del Campo (Siena). Le distanze di sicurezza sono quasi sempre incompatibili con le dimensioni del locale!

	Dimensioni Sorgente (m x m)	EIR d = 80cm (W/m ²)	Tempo max d = 80cm	EIR d utente (W/m ²)	Tempo max distanza utente	Distanza Sicurezza (m)
1	0,25 x 0,01	160	9 min	100	esente	1,00
2	0,35 x 0,01	620	1min 30 sec	870	1 min 30 sec	2,45
3	0,35 x 0,01	860	1 min	140	10 min	2,40
4	0,70 x 0,02	n.m.	n.m.	140	10 min	2,20
5	0,30 x 0,01	640	1min 30 sec	260	4 min 40 sec	n.m.
6	0,35 x 0,01	550	1min 40 sec	150	9 min 30 sec	n.m.
7	0,20 x 0,02	200	7 min	120	13 min	n.m.
8		1500	30 sec	n.m.	n.m.	n.m.
9		n.m.	n.m.	170	8 min 20 sec	n.m.
10	0,30 x 0,01	1000	45 sec	374	3 min	3,00

Le muffole

Piccoli forni da laboratorio che possono superare i 1000°C.



A 900°C ad 1 metro dalla bocca del forno, l'unico parametri che supera il limite è l'irradianza sulla parte esterna dell'occhio

Valori rilevati		Valori Limite di esposizione in termini di Radianza o Irradianza costanti <small>[rif.Tab.I.I AILXXXVII]</small>		Tempo esposizione e limite [sec]
E_S [W m ⁻²]	--	E_S^I [W m ⁻²]	30/t	Esente
E_{UV-A} [W m ⁻²]	--	E_{UV-A}^{II} [W m ⁻²]	10 ⁴ /t	Esente
L_B [W m ⁻² sr ⁻¹]	1.3	L_B^{III} [W m ⁻² sr ⁻¹]	10 ⁶ /t	Esente
E_B [W m ⁻²]	--	E_B^{IV} [W m ⁻²]	100/t	n. a.
L_R [W m ⁻² sr ⁻¹]	22	L_R^V [W m ⁻² sr ⁻¹]	5*10 ⁴ / ($\alpha*t^{0.25}$)	Esente
L_{IR} [W m ⁻² sr ⁻¹]	11	L_{IR}^{VI} [W m ⁻² sr ⁻¹]	6000/ α	Esente
E_{IR} [W m ⁻²]	260	E_{IR}^{II} [W m ⁻²]	18000/t ^{0.75}	280
E_{skin} [W m ⁻²]	260	E_{skin}^V [W m ⁻²]	20000/t ^{0.75}	Esente

L'utilizzo corretto (non aprire quando la temperatura è elevata) garantisce anche l'assenza di rischio da esposizione ad infrarossi

Processo di saldatura

Arco elettrico

- Saldatura metalli, leghe
- Esposizione elevata ad UV e visibile
- Organi a rischio: occhi e cute
- Spettri difficilmente acquisibili con spettroradiometri da campo, meglio radiometri?

Saldatura a gas

- Saldatura metalli, dielettrici
- Normalmente esposizione a visibile inferiore ai limiti
- Esposizione ad UV da valutare in base alle mansioni
- Organi a rischio: occhi
- Spettri facilmente acquisibili con spettroradiometri da campo

Processo di saldatura ad arco

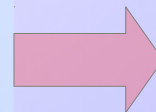


Saldatura automatizzata



Sorgenti multiple

La distanza di rispetto dei limiti può essere anche di molte decine di metri



La postazione di saldatura quando possibile deve essere delimitata da pannelli opachi

Processo di saldatura ad arco

- Il saldatore normalmente è protetto (normativa specifica)
- **Bisogna proteggere il suo collaboratore**
- **Bisogna proteggere chiunque sia obbligato a transitare o sostare all'interno della zona di superamento dei limiti di esposizione**



Emissioni molto elevate

Marca: ESAB

Modello: MIG 5000i

Tipologia: Saldatrici ad arco



TIPO DI MISURA: DIRETTA COMPARTO: Carpenteria metallica LAMPADE ORIGINALI: Yes
GEOMETRIA MISURA: posizione generica 150 cm

DISTANZA DI
SICUREZZA

27000

cm

Referente:

AUSL 7 Siena - Laboratorio Agenti Fisici Andrea Bogi (a.bogi@usl7.toscana.it)

Rif.D.lgs 81/08	INTERVALLO DELLO SPETTRO	ORGANI BERSAGLIO	RISULTATO	Val.
a	E _S (Ultravioletto)	Occhi e cute	Maggiore del VLE	30.6 W/m ²
b	E _{UVA} (Ultravioletto A)	Occhi	Maggiore del VLE	19.6 W/m ²
c,d	L _B (Luce blu, sorgente estesa)	Occhi	Non disponibile	
e,f	E _B (Luce blu, sorgente piccola)	Occhi	Maggiore del VLE	12 W/m ²

Emissioni molto elevate

Marca: MILLER

Modello: XMT 304 - TIG

Tipologia: Saldatrici ad arco



TIPO DI MISURA: DIRETTA COMPARTO: Carpenteria metallica LAMPADE ORIGINALI: Yes
GEOMETRIA MISURA: posizione generica 150 cm

**DISTANZA DI
SICUREZZA
4200 cm**

Referente:

[AUSL 7 Siena - Laboratorio Agenti Fisici Andrea Bogi \(a.bogi@usl7.toscana.it\)](mailto:a.bogi@usl7.toscana.it)

Rif.D.lgs 81/08	INTERVALLO DELLO SPETTRO	ORGANI BERSAGLIO	RISULTATO	Val.
a	E_S (Ultravioletto)	Occhi e cute	Maggiore del VLE	$0,78 \text{ W/m}^2$
b	E_{UVA} (Ultravioletto A)	Occhi	Maggiore del VLE	$0,61 \text{ W/m}^2$
c,d	L_B (Luce blu, sorgente estesa)	Occhi	Non applicabile	
e,f	E_B (Luce blu, sorgente piccola)	Occhi	Maggiore del VLE	$0,69 \text{ W/m}^2$

Ipotesi del calcolatore sul portale

- La sorgente è puntiforme: questo è senz'altro vero se si trascurano le riflessioni sulle superfici presenti nelle vicinanze della postazione
- L'emissione è continua: si devono mediare le emissioni in fase di misura su un tempo di qualche secondo
- Si considerano come danni solo quelli per UV, UVA e luce blu: in pratica se si tiene sotto controllo il danno da luce blu, automaticamente si abbatte anche il danno termico retinico

Processo di saldatura ad arco

Per calcolare i DPI in funzione della distanza e dei tempi di permanenza: calcolatore sul Portale Agenti Fisici

Si inseriscono i dati delle irradianze efficaci misurate o prese direttamente dal portale

Si inseriscono la distanza di misura e quella di calcolo

Si scelgono le graduazioni dei DPI in base alle proprie esigenze

Calcolo Dispositivi di Protezione per saldature in funzione della distanza

UV (S) * W/m²

UVA * W/m²

Blu * W/m²

Distanza di misura m ?

Distanza scelta per calcolo m ?

* Valori Misurati irradianza efficace

[GUIDA ALL'USO](#)

[MOSTRA UN ESEMPIO: GMAW_MIG \(200 A\)](#)

[EFFETTUA IL CALCOLO](#)

Scegli la graduazione DPI per saldatura UNI EN 169

?

Trasmissione risultante			
<input type="text" value="?"/>	<input type="text" value="?"/>	<input type="text" value="?"/>	<input type="text" value="?"/>
T-313	T-365	TV	TA
0.0003	50	90	69

Scegli la graduazione DPI per ultravioletti UNI EN 170

?

Trasmissione risultante		
<input type="text" value="?"/>	<input type="text" value="?"/>	<input type="text" value="?"/>
T-313	T-365	TV
0.0003	0.3	88

Processo di saldatura ad arco

... segue calcolatore per DPI sul Portale Agenti Fisici

Nelle colonne si leggono i valori delle irradianze calcolati nel punto scelto


Prima colonna:
valori non attenuati

Seconda colonna:
valori attenuati con
filtro per saldatura

Terza colonna:
valori attenuati
con filtro per UV

Infine indicazione di
protezione per la cute

	non attenuati	UNI EN 169	UNI EN 170
UV (S) [W/m ²]	0.47	0	0
Percentuale VLE [%]	45532.79	0.137	0.137
Tempo max esposizione [sec]	63.25	> 8 ore	> 8 ore
UVA [W/m ²]	0.41	0.29	0.18
Percentuale VLE [%]	117.68	82.37	51.95
Tempo max esposizione [sec]	24473.81	> 8 ore	> 8 ore
Blu [W/m ²]	0.25	0.23	0.22
Percentuale VLE [%]	0.25	0.23	0.22
Tempo max esposizione [sec]	392.62	436.24	446.16

 Per tempi di esposizione superiori a **63** secondi bisogna proteggere anche la pelle

Processo di saldatura a gas

Fiamma utilizzata per saldare metalli leggeri, vetro

Caratterizzazione sorgente: distanza rilevatore circa 20 cm

E [W/m²]

Sorgente: estesa

Dalla misura a 20cm la sorgente risulta non esente per esposizione a UV (occhi e pelle)



Valori rilevati		Valori Limite di esposizione in termini di Radianza o Irradianza costanti <small>[rif.Tab.1.1 All.XXXVII]</small>		Tempo esposizione e limite [sec]
E_s [W m ⁻²]	2.4×10^{-3}	E_s^I [W m ⁻²]	30/t	12500
E_{UV-A} [W m ⁻²]	2×10^{-3}	E_{UV-A}^{II} [W m ⁻²]	$10^4/t$	Esente
L_B [W m ⁻² sr ⁻¹]	--	L_B^{III} [W m ⁻² sr ⁻¹]	$10^6/t$	Esente
L_R [W m ⁻² sr ⁻¹]	--	L_R^V [W m ⁻² sr ⁻¹]	$5 \cdot 10^4 / (\alpha \cdot t^{0.25})$	Esente
L_{IR} [W m ⁻² sr ⁻¹]	--	L_{IR}^{VI} [W m ⁻² sr ⁻¹]	$6000/\alpha$	Esente
E_{IR} [W m ⁻²]	22	E_{IR}^{II} [W m ⁻²]	$18000/t^{0.75}$	22% VLE
E_{skin} [W m ⁻²]	22	E_{skin}^V [W m ⁻²]	$20000/t^{0.75}$	Esente

Processo di saldatura a gas

Fiamma più intensa, utilizzata per scaldare il bronzo

Caratterizzazione sorgente: distanza rilevatore circa 20 cm

E [W/m²]

Sorgente: estesa



Anche in questo caso dalla misura a 20cm la sorgente non risulta esente per esposizione ad UV (occhi e pelle)

Valori rilevati		Valori Limite di esposizione in termini di Radianza o Irradianza costanti <small>[rif. Tab. I.1 All. XXXVII]</small>		Tempo esposizione e limite [sec]
E_S [W m ⁻²]	2.6×10^{-3}	E_S^I [W m ⁻²]	30/t	11600
E_{UV-A} [W m ⁻²]	2.8×10^{-3}	E_{UV-A}^{II} [W m ⁻²]	$10^4/t$	Esente
L_B [W m ⁻² sr ⁻¹]	--	L_B^{III} [W m ⁻² sr ⁻¹]	$10^6/t$	Esente
L_R [W m ⁻² sr ⁻¹]	--	L_R^V [W m ⁻² sr ⁻¹]	$5 \cdot 10^4 / (\alpha \cdot t^{0.25})$	Esente
L_{IR} [W m ⁻² sr ⁻¹]	--	L_{IR}^{VI} [W m ⁻² sr ⁻¹]	$6000/\alpha$	Esente
E_{IR} [W m ⁻²]	30	E_{IR}^{II} [W m ⁻²]	$18000/t^{0.7}$ 5	30% VLE
E_{skin} [W m ⁻²]	30	E_{skin}^V [W m ⁻²]	$20000/t^{0.7}$ 5	Esente

Cappe germicida con interblocco

La cappa a flusso laminare è utilizzata in ambito biologico per la protezione dell'operatore e dell'ambiente circostante.

La lampada germicida (UVC: 253nm) è spesso montata sul coperchio

Un interblocco spegne la lampada germicida quando la cappa viene aperta



L'interblocco è meccanico: è possibile aprire parzialmente la cappa facendo rimanere la lampada UV accesa

Cappe germicida con interblocco

Avvertenze da apporre sui macchinari:

“Attenzione:

Presenza di raggi UV;

Pericoloso anche per esposizioni molto brevi;

Possibilità di esposizione ad UV con cappa non correttamente chiusa;

Esposizione assente a cappa chiusa;

Assicurarsi che il pannello porta lampada a raggi ultravioletti sia inserito nella cappa prima di accendere gli UV.”

Obbligo di informazione e formazione sui rischi da esposizione a raggi ultravioletti degli operatori, e di tutti coloro che a qualsiasi titolo possono entrare nell'ambiente in cui è installata la cappa.

Rendere facilmente distinguibile il pulsante di accensione degli UV dagli altri interruttori

Sorgente

Possibilità di sovraesposizione

Note

foto



Lampade abbronzanti

Media – Elevata

Le sorgenti utilizzate in ambito estetico per l'abbronzatura possono emettere sia UVA che UVB, i cui contributi relativi variano a seconda della loro tipologia. Queste sorgenti superano i limiti per i lavoratori per esposizioni dell'ordine dei minuti.