

03.05.2005

**Valutazione comparativa della radiazione generata da una lampada
fluorescente (True-Light N7-1A-36 W) e dei suoi effetti
fotobiologici, e della radiazione di riferimento naturale nello
spettro UV**

Dr.-Ing. Mehmet Yeni / TU Berlino

1. Effetti della radiazione UV sulla salute

L'irradiazione della pelle umana con una radiazione UV solare o artificiale può avere sia effetti positivi, sia negativi per la salute. La comparsa di questi effetti desiderati e indesiderati dipende dalla composizione spettrale della radiazione, dalla dose, nonché dalla frequenza di applicazione. Per valutare le sorgenti artificiali di irradiazione devono essere esaminati tutti i possibili effetti per la salute.

Il sintomo dell'**eritema UV** si presenta come un'inflammatione acuta della pelle umana, a seguito di un'eccessiva esposizione all'irradiazione UV. Questo effetto, clinicamente noto anche come *eritema solare* o *dermatite solare*, è la reazione fisiologica e reversibile più nota della pelle alla radiazione nell'intero spettro UV. In base alla dose-eritema, la reazione della pelle può andare da una leggera scottatura fino a gravi ustioni.

Attraverso la valutazione dell'irradimento spettrale con lo spettro d'azione dell'eritema UV secondo le norme DIN /1/ e l'integrazione numerica tramite lunghezza d'onda, si ottiene l'irradimento eritemico:

$$E_{er} = \int_{250\text{ nm}}^{400\text{ nm}} E(\lambda) s_{er}(\lambda) d\lambda \quad (I)$$

Dai valori spettrali dell'irradimento si ottengono i rispettivi tempi di irradiazione soglia per l'eritema cutaneo UV ($t_{s,er}$) secondo le norme DIN /1/ per i fototipi II:

$$t_{s,er} = \frac{250\text{ Jm}^{-2}}{E_{er}} \quad (II)$$

Per l'irradiazione eritemica H_{er} , con un tempo di irradiazione t e un irradimento eritemico E_{er} , trova applicazione quanto segue (I):

$$H_{er} = \int_0^t E_{er}(t') dt' \quad (III)$$

Secondo le norme DIN, il valore della dose eritemica minima (DEM) è fissato a 1 DEM = 250 Jm^{-2} e corrisponde alla dose soglia per l'eritema UV $H_{s,er} = 250 \text{ Jm}^{-2}$ per una persona europea di carnagione chiara non sottoposta a pre-irradiazione.

Per quanto concerne la protezione delle persone che operano nei pressi di un apparecchio radiante e di sorgenti di radiazione a emissione UV, devono essere rispettati i valori limite. Per quanto concerne la protezione degli occhi (anche della persona sottoposta a irradiazione), è possibile ottenere i valori limite dell'irradiamento efficace come segue:

$$E_{Auge} = \int_{250\text{ nm}}^{400\text{ nm}} E(\lambda) s_{Auge}(\lambda) d\lambda \quad (IV)$$

Lo spettro d'azione $s_{Auge}(\lambda)$ è definito all'interno delle norme dell'associazione di categoria e dell'ICNIRP /2/.

Attraverso la **fotosintesi della vitamina D₃** in seguito all'esposizione ai raggi UV della pelle umana viene rilevata una serie di effetti positivi per la salute. Oggigiorno, la carenza di vitamina D rappresenta una delle cause principali per il rachitismo nei bambini, l'osteomalacia, l'osteoporosi e la debolezza muscolare. La carenza cronica di vitamina D può implicare conseguenze serie, come ipertensione arteriosa, sclerosi, formazione di carcinomi al colon, alla prostata, al seno e alle ovaie, nonché diabete di tipo 1. Molti studi documentati testimoniano che, attraverso le irradiazioni UV artificiali nello spettro d'azione della fotosintesi della vitamina D₃, è possibile osservare benefici terapeutici in presenza dei sintomi summenzionati. L'irradiamento E_{vd} , efficace per la fotosintesi della vitamina D₃, può essere considerato come un parametro per gli effetti biopositivi della radiazione UV, tenendo comunque in considerazione il pericolo rappresentato dalla radiazione UV.

$$E_{vd} = \int_{250\text{ nm}}^{400\text{ nm}} E(\lambda) s_{vd}(\lambda) d\lambda \quad (V)$$

2. Spettro comparativo nella gamma UV

Per determinate condizioni del cielo e angoli di elevazione del sole, gli organismi CIE /3/ e DIN /4/ hanno definito gli irradimenti spettrali del sole di riferimento $E(\lambda)_{ref}$, che costituiscono la base di valutazione delle sorgenti UV artificiali. La distribuzione spettrale di riferimento nella gamma UV presa in considerazione trova applicazione per un andamento verticale della radiazione attraverso l'atmosfera (sole di mezzogiorno in corrispondenza dell'equatore) in presenza di cielo terso con velatura ridotta e grande visibilità. Per confrontare l'efficacia eritemale delle sorgenti artificiali di irradiazione con la radiazione naturale, viene preso in esame il fattore di eritema solare f_{SE} . A tale proposito, per l'irradiamento eritemico massimo della radiazione globale viene applicato un valore di 300 mWm⁻²:

$$f_{SE} = \frac{E_{er,Strahler}}{E_{er,Ref}} = \frac{E_{er,Strahler}}{0,3 \text{ Wm}^{-2}} \quad (VI)$$

3. La lampada True-Light N7-1A-36W (2370 lm)

La figura 1 rappresenta l'andamento spettrale relativo dell'irradiazione per la gamma UV e VIS di una lampada fluorescente (True-Light N7-1A-36W/ 2370 lm).

A scopo comparativo, la figura 2 riporta i valori di irradiazione spettrali della lampada in presenza di una distanza geometrica del piano di applicazione dalla lampada pari a $d = 1,25$ m e di una radiazione solare di riferimento nella gamma UV in scala logaritmica*. I valori di irradiazione eritemici spettrali di una lampada fluorescente (True-Light N7-1A-36 W/ 2370 lm) e dei parametri di riferimento naturali sono riportati nella figura 3.

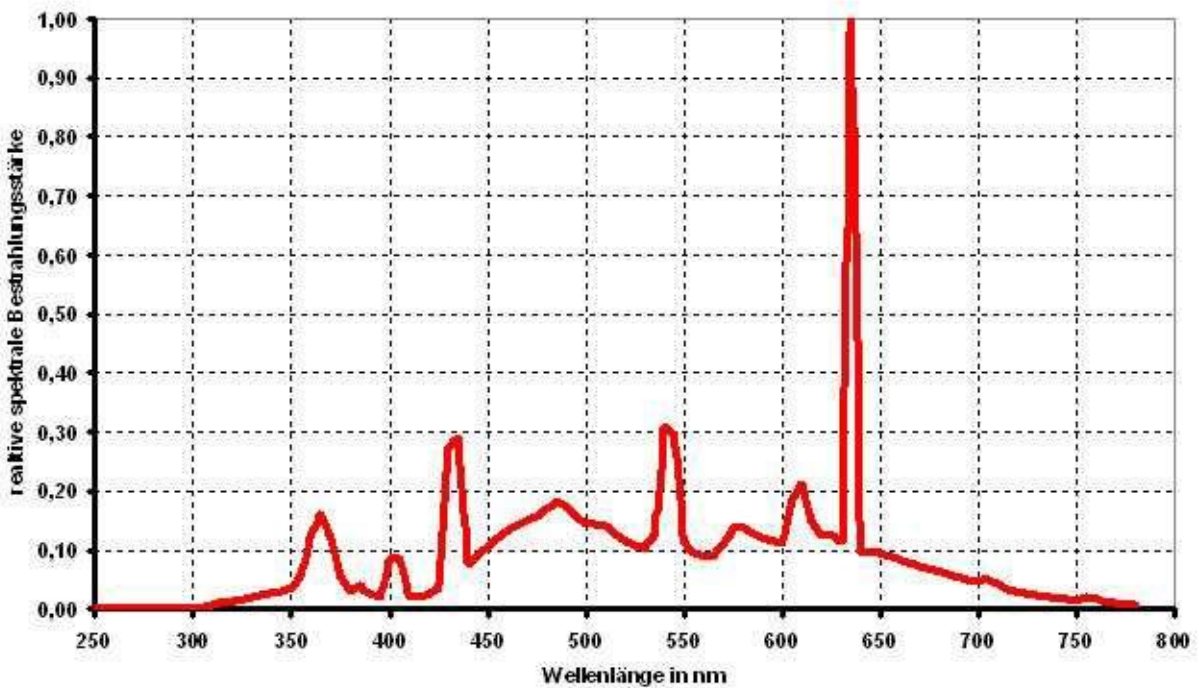


Fig. 1: Irradiamento spettrale relativo nella gamma UV e VIS per il piano di applicazione $d = 1,25$ m (True-Light N7-1A-36W/ 2370 lm)

* : i valori di irradiazione spettrali della lampada, secondo le indicazioni del produttore.

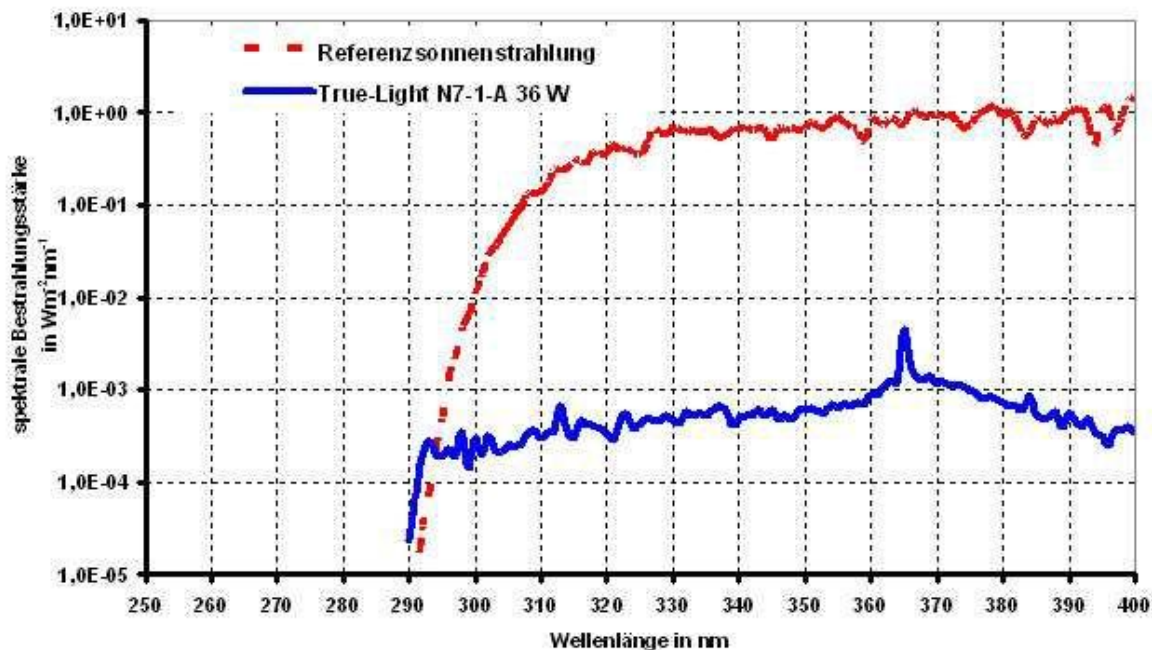


Fig. 2: irradiazione spettrale della lampada True-Light N7-1A-36W per un piano di applicazione $d = 1,25$ m e della radiazione solare di riferimento nella gamma UV.

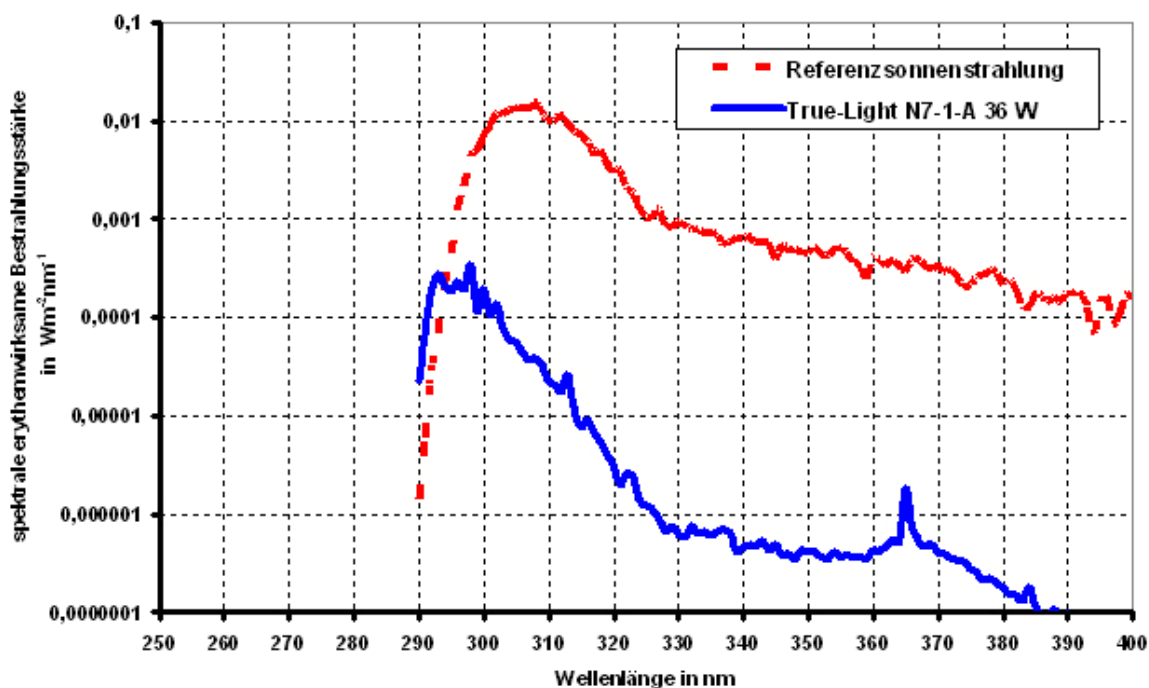


Fig. 3: irradiazione eritemica spettrale della lampada True-Light N7-1A-36W per un piano di applicazione $d = 1,25$ m e della radiazione solare di riferimento.

Dai valori spettrali dell'irradiazione è possibile rilevare in termini numerici gli irradimenti efficaci per precisi effetti fotobiologici, come l'eritema UV, il pericolo per gli occhi e la fotosintesi della vitamina D₃ (cfr. tabella 1).

A una determinata distanza geometrica, la lampada mostra un irradimento nel campo UV-A pari a $6,0 \cdot 10^{-2} \text{ Wm}^{-2}$. Con la sorgente luminosa nel campo UV-B e lo stesso piano di applicazione, viene rilevato un irradimento pari a $6,9 \cdot 10^{-3} \text{ Wm}^{-2}$. In questi campi spettrali, gli irradimenti generati dal sole di riferimento sono pari a un fattore ca. 1000 volte (UV-A) e ca. 280 volte (UV-B) superiore rispetto a quelli della lampada. L'andamento spettrale relativo dello spettro della lampada è crescente come nel caso del valore di riferimento naturale per lunghezze d'onda maggiori. Nel campo UV-C ($\leq 280 \text{ nm}$), la lampada non emette radiazioni. Con il piano di applicazione summenzionato ($d = 1,25 \text{ m}$), la lampada genera un'intensità di illuminazione pari a $E_v = 61 \text{ lx}$. Con un irradimento eritemico E_{er} della lampada di $2,8 \cdot 10^{-3} \text{ Wm}^{-2}$ e un fattore di eritema solare pari a $9,3 \cdot 10^{-3}$, la dose soglia per l'eritema UV viene raggiunto dopo ca. 1500 ore di esposizione (sole di riferimento: 17 min.). L'irradimento, efficace per la sintesi della vitamina D₃, della sorgente luminosa esaminata è pari a $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ Wm}^{-2}$ con una distanza di 1,25 m tra la lampada e il piano di applicazione (radiazione solare di riferimento: $0,8 \text{ Wm}^{-2}$). In caso di irradiazione diretta degli occhi con la lampada, a una distanza di 1,25 m il tempo limite per una lesione oculare $t_{s,Auge}$ è di 336 min.

Per generare un'intensità di illuminazione di $E_v = 1000 \text{ lx}$ su un piano di applicazione (ad es. una scrivania), in linea teorica sono necessarie 16,4 lampade della tipologia esaminata. Con riferimento a questo caso teorico, per questa superficie viene indicato un irradimento eritemico pari a $E_{er} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ Wm}^{-2}$ e un tempo di irradiazione soglia per la comparsa di un arrossamento cutaneo in seguito a un eritema UV pari a $t_{s,er} = 93 \text{ min}$. L'irradimento efficace per la sintesi della vitamina D₃ è pari a $5,8 \cdot 10^{-2} \text{ Wm}^{-2}$.

Conclusioni

In base all'emissione UV-A e UB-B della lampada True-Light N7-1A-36W, la lampada esaminata, con il piano di applicazione indicato, genera un irradimento efficace per la sintesi della vitamina D₃ considerabile come generalmente positivo sulla salute pari a $E_{vd} = 3,6 \text{ mWm}^{-2}$ per il piano di applicazione indicato. Questo valore è superiore rispetto all'irradimento eritemico generato dalla lampada pari a $E_{er} = 2,8 \text{ mWm}^{-2}$. Per evitare effetti dannosi per la salute, i tempi di irradiazione soglia devono essere rispettati in particolare per quanto riguarda le lesioni oculari e l'eritema UV.

Tabella 1: misure di valutazione fotobiologiche della lampada True-Light e della radiazione solare di riferimento nel campo UV

Misura	Truelight d = 1,25 m	True-Light con $E_v = 1000 \text{ lx}$	Radiazione solare di riferimento
E_{UV-A} (315 nm-400 nm) in W/m^2	$6,0 \cdot 10^{-2}$	0,95	62,8
E_{UV-B} (280 nm-315 nm) in W/m^2	$6,9 \cdot 10^{-3}$	0,11	1,95
E_{UV-C} (250 nm - 280 nm) in W/m^2	$<10^{-5}$	$<10^{-5}$	0,0
E_{UVges} (250 nm - 400 nm) in W/m^2	0,07	1,06	64,4
$E_{Eritema}$ (250 nm - 320 nm) in W/m^2	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-2}$	0,21
$E_{Eritema}$ (320 nm - 400 nm) in W/m^2	$< 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-2}$
$E_{Eritema}$ (250 nm - 400 nm) in W/m^2	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	0,25
$t_{eritema}$ in min	1492	93	17
E_{Auge} (250 nm - 400 nm) in W/m^2	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$	0,25
t_{Auge} in min	336	21	2
E_{Vit-D3} (250 nm - 400 nm) in W/m^2	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-2}$	0,43
Fattore di eritema solare f_{SE}	$9,3 \cdot 10^{-3}$	0,15	0,8

Bibliografia:

- /1/ : DIN 5050: lampade solari e a raggi ultravioletti, parte 1: procedure di misurazione, classificazione, marcatura
- /2/ Guidelines on Limits of Exposure to Laser Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 1000 μm . ICNIRP Guidelines. Health Physics, November 1996, Vol. 71, No. 5
- /3/: CIE-Publication Nr. 85, Solar Spectral Irradiance, 1989
- /4/: DIN 67501, valutazione sperimentale della protezione contro gli eritemi dei prodotti solari topici per la pelle umana, 09.1999