

*PROGETTO PER REALIZZARE, TRASMETTERE E CONDIVIDERE ESPERIENZE CULTURALI E SCIENTIFICHE*

CONTATTI: [umdl@unisi.it](mailto:umdl@unisi.it)  
[updating.medicinadellavoro@unisi.it](mailto:updating.medicinadellavoro@unisi.it)  
SITO INTERNET: [updatingmdl.wordpress.com](http://updatingmdl.wordpress.com)

25.03.2018

## ORIGINAL ARTICLE

*Updating medicina del lavoro (ISSN 22839917) - online first - doi:10.5281/zenodo.1207288*

## **ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE A RADIAZIONI SOLARI ULTRAVIOLETTE E CARCINOMA CUTANEO**

### **OCCUPATIONAL EXPOSURE TO SOLAR ULTRAVIOLET RADIATION AND SKIN CANCER**

DI / BY **SVEVA INDINI [1]**

Indini S. Esposizione occupazionale a radiazioni solari ultraviolette e carcinoma cutaneo / [Occupational exposure to solar ultraviolet radiation and skin cancer](#) - Updating medicina del Lavoro - online first. doi:10.5281/zenodo.1207288

**ABSTRACT:** BREVE REVISIONE DELLE PIÙ RECENTI INFORMAZIONI SULLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A RADIAZIONI SOLARI ULTRAVIOLETTE E CARCINOMA CUTANEO.

**ABSTRACT:** BRIEF REVIEW OF UPDATED INFORMATION ABOUT OCCUPATIONAL EXPOSURE TO SOLAR ULTRAVIOLET RADIATION AND SKIN CANCER.

**PAROLE CHIAVE / KEY TERMS:** RADIAZIONI ULTRAVIOLETTE, [ULTRAVIOLET RADIATION](#); RADIAZIONI UV, [UV RADIATION](#); ESPOSIZIONE PROFESSIONALE, [OCCUPATIONAL EXPOSURE](#); CARCINOMA CUTANEO, [SKIN CANCER](#).

### **Aspetti generali**

I raggi solari sono per lo più costituiti da radiazioni ottiche - energia radiante compresa in un'ampia regione dello spettro elettromagnetico che include le radiazioni ultraviolette (UVR), visibili (luce) e infrarosse - benché siano presenti radiazioni con lunghezza d'onda superiore e inferiore; le lunghezze d'onda delle UVR si trovano nel range di 100-400 nm e sono suddivise in ordine decrescente in UVA, UVB, e UVC. La componente UV delle radiazioni terrestri emesse dal sole è

### **General aspects**

Solar radiation is largely optical radiation [radiant energy within a broad region of the electromagnetic spectrum that includes ultraviolet (UV), visible (light) and infrared radiation], although both shorter wavelength and longer wavelength radiation is present; the wavelength of UV radiation (UVR) lies in the range of wavelength from 100 to 400 nm, divided in descending order into UVA, UVB, and UVC.

The UV component of terrestrial radiation from the midday sun

[1] Dr. Sveva Indini ([indini@student.unisi.it](mailto:indini@student.unisi.it)) - MD; Specializzanda presso la Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro - Università degli Studi di Siena.

composta al 95% da UVA e al 5% da UVB.

### **Radiazione solare UV**

Il sole è la principale fonte di esposizione agli UV ma, con l'avvento delle fonti artificiali di UVR, le opportunità di ulteriori esposizioni è aumentata. La radiazione ottica proveniente dal sole è sostanzialmente modificata durante il suo passaggio attraverso l'atmosfera terrestre in quanto è assorbita e diffusa da vari costituenti dell'atmosfera (per es. molecole d'aria, in particolare ossigeno e nitrogeno, aerosol e particelle di polvere e dall'inquinamento atmosferico). L'irradianza solare totale e il relativo contributo delle differenti lunghezze d'onda variano con l'altitudine. Le nuvole possono attenuare la radiazione solare, ma esse agiscono solo parzialmente sulla componente UVR. La riflessione della luce solare prodotta da determinate superfici può contribuire significativamente all'ammontare totale di radiazioni UV<sup>1</sup>.

### **Effetti biologici degli UV: fotocarcinogenesi**

Gli UV penetrano nella cute in una modalità lunghezza d'onda-dipendente: gli UVA, meno energetici, penetrano profondamente fino al derma, gli UVB sono quasi del tutto assorbiti dall'epidermide. Gli UVA causano prevalentemente *fotoaging* cutaneo (elastosi solare) per deterioramento delle fibre del derma e sono molto meno cancerogeni se comparati agli UVB. Tuttavia, gli UVA sono assorbiti da cromofori endogeni diversi dal DNA e generano radicali liberi dell'ossigeno (ROS) attraverso una reazione di fotosensibilizzazione indiretta. Il bersaglio principale dei ROS nel DNA è la guanina con formazione prevalentemente di 8-

comprises about 95% UVA and 5% UVB.

### **Solar UV radiation**

Solar radiation is the major source of human exposure to UVR, however there is an increasing exposure due to artificial sources.

Optical radiation from the sun is modified substantially as it passes through the Earth's atmosphere. On its path through the atmosphere, solar UVR is absorbed and scattered by various constituents of the atmosphere (e.g. air molecules, like oxygen and nitrogen, aerosol and dust particles, and by atmospheric pollution). Total solar irradiance and the relative contributions of different wavelengths vary with altitude. Clouds attenuate solar radiation, although they only affect partially the UVR component. Reflection of sunlight from certain ground surfaces may contribute significantly to the total amount of UVR<sup>1</sup>.

### **UV biological effects: photocarcinogenesis**

UV radiation penetrates the skin in a wavelength-dependent way: less energetic UVA rays penetrate deeper into the dermal layers, UVB rays are almost completely absorbed by the epidermis.

UVA mainly causes skin photoaging (solar elastosis) by dermal fiber deterioration, and it is far less carcinogenic compared to UVB radiation. However, UVA is absorbed by endogenous non-DNA chromophores generating reactive oxygen species (ROS) through an indirect photosensitizing reaction. The main target of ROS within DNA is guanine, and 8-oxo-7,8-dihydro-2'-deoxyguanosine has been considered as the most frequent oxidative UVA-induced DNA lesion.

UVA also induces pyrimidine dimer-type DNA damage as well as

ossi-7,8-diidro-2-deossiguanosina (la più frequente lesione del DNA UVA indotta). Gli UVA inducono anche la formazione di dimeri di pirimidine, hanno effetti immunosoppressivi e riducono l'arresto del ciclo cellulare.

Gli UVB hanno un effetto mutageno diretto sul DNA; sono assorbiti direttamente dal DNA con formazione di fotoprodotti del DNA (dimeri ciclobutano-pirimidina e fotoprodotti 6-4-pirimidina-pirimidone). Tali alterazioni portano a distorsioni al DNA che inibiscono le polimerasi durante la trascrizione e/o la replicazione del DNA durante la divisione cellulare. Quando non riparate, queste lesioni possono portare a mutazioni caratteristiche nelle sequenze del DNA, le cosiddette "*UV-signature mutation*" perché, teoricamente, nessun altro mutageno induce tali mutazioni<sup>2</sup>.

Le cellule hanno specifici meccanismi di difesa per individuare i dimeri di pirimidina per la successiva riparazione, alcune patologie (es. xeroderma pigmentoso) possono portare a sviluppo di carcinomi cutanei multipli poiché c'è un difetto nel sistema di riparazione per escissione dei nucleotidi; anche in soggetti con normali sistemi di riparazione del DNA alcuni dimeri non vengono corretti, portando infine a mutazioni permanenti del DNA<sup>3</sup>.

Il danno al DNA può portare a mutazioni in regolatori cellulari chiave e altri geni essenziali (ad es. in più del 90% di tutti i carcinomi squamocellulari cutanei e approssimativamente nel 50% dei carcinomi basocellulari sono state riscontrate mutazioni nel gene oncosoppressore p53). A seguito del mancato funzionamento degli oncosoppressori e/o alla eccessiva espressione di geni proto-oncogeni può svilupparsi un fenotipo cellulare mutato con accumulo di mutazioni aggiuntive che portano a crescita e differenziazione cellulari incontrollate, esitando infine in

immunosoppressive effects and reduced cell-cycle arrest.

UVB has a direct mutagenic effect on DNA. This radiation is directly absorbed by DNA, leading to formation of DNA photoproducts (e.g. cyclobutane pyrimidine dimers and 6-pyrimidine-4-pyrimidone photoproducts).

These alterations cause DNA distortions that inhibit polymerases during transcription and/or DNA replication during cell division. When unrepaired, these lesions can lead to characteristic mutations in DNA sequences, the so called "UV-signature mutations", because theoretically, no other mutagen induces such mutations<sup>2</sup>.

Cells have specific defense mechanisms to seek out pyrimidine dimers for repair; some diseases (e.g. xeroderma pigmentosum) can develop multiple skin cancers because there is a defect in a nucleotide excision repair system; even in people with normal DNA repair systems some dimers fail to be corrected, eventually resulting in a permanent DNA mutation<sup>3</sup>.

DNA damage can lead to mutations in key cellular regulators and other essential genes (e.g. mutations in the tumor-suppressor gene p53 have been found in more than 90% of all cutaneous squamous cell carcinomas and in approximately 50% of all basal cell carcinomas). Gradually the failure of key tumor-suppressor genes and/or the increase expression of proto-oncogenes can generate a mutant cell phenotype, later the accumulation of other mutations can lead to uncontrolled cell differentiation and growth, finally resulting in skin cancer<sup>2</sup>.

### **Solar UV radiation and skin cancer**

Exposure to solar ultraviolet (UV) radiation is classified by the International

carcinoma cutaneo<sup>2</sup>.

### **Radiazione solare UV e carcinoma cutaneo**

L'esposizione alla radiazione solare ultravioletta è classificata dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) come cancerogeno di gruppo 1 associato con il più elevato livello di causalità per carcinoma cutaneo, sia melanoma che non melanoma. I carcinomi cutanei non melanoma (NMSC, *Non Melanoma Skin Cancer*) comprendono i carcinomi squamocellulari (SCC, *squamous cell carcinoma*) e i carcinomi bacocellulari (BCC, *basal cell carcinoma*)<sup>4</sup>. Questi ultimi due carcinomi sono fortemente associati con le radiazioni solari nella popolazione caucasica mediante l'accumulo di danno solare cutaneo cronico (es. presenza di cheratosi attiniche, invecchiamento) ed episodi acuti di danno solare cutaneo (es. scottature multiple, specialmente in giovane età)<sup>1</sup>.

### **UV e carcinoma cutaneo: origine professionale**

Revisioni sistematiche e meta-analisi hanno dimostrato che i lavoratori esposti professionalmente a UV hanno un rischio aumentato del 43% per BCC e del 77% per SCC comparato con la popolazione media, con un rischio crescente a latitudini decrescenti<sup>4</sup>.

Secondo il CAREX, la radiazione ultravioletta solare rappresenta l'agente fisico per cui c'è più frequentemente esposizione in Unione Europea. Dal 1990 al 1993 circa 9 milioni di lavoratori regolari "outdoor" in 15 Stati Membri sono stati esposti alla luce solare. L'esposizione è stata particolarmente frequente nell'agricoltura (2,5 milioni di esposti) e nell'edilizia (2,1 milioni di esposti)<sup>5</sup>.

Nel 2005, secondo i dati di prevalenza

Agency for Research on Cancer (IARC) as a group 1 carcinogen associated with the highest level of causality for skin cancers, both melanoma and non-melanoma skin cancer (NMSC).

NMSC comprises SCC (Squamous Cell Carcinoma) and BCC (Basal Cell Carcinoma)<sup>4</sup>. These last two cancers are strongly associated with solar radiation in Caucasian population, by accumulated solar skin damages (e.g. presence of actinic keratosis, increasing age) and by acute episodes of solar skin damages (e.g. multiple sunburns, especially in young age)<sup>1</sup>.

### **UV and skin cancer: occupational origin**

Systematic reviews and meta-analyses have demonstrated that occupationally UV-exposed workers are at least at a 43% higher risk of BCC and 77% higher risk of SCC compared to the average population, with an increasing risk at decreasing latitude<sup>4</sup>.

According to CAREX, ultraviolet solar radiation is the most common carcinogenic physical exposure in the EU. About 9 million regular outdoor workers were exposed to sunlight in 15 Member States from 1990 to 1993. Exposure was particularly common in agriculture (2.5 million exposed) and construction (2.1 million exposed)<sup>5</sup>.

According to prevalence data of occupational exposures to carcinogens in Italy in 2005, exposure prevalence was highest for environmental tobacco smoke (800,000 exposures), followed by solar radiation (700,000)<sup>6</sup>.

'Intermittent' sun exposure, which loosely equated with certain sun-intensive activities, such as sunbathing, outdoor recreations, and holidays in sunny climates, generally showed moderate-to-strong positive associations with

delle esposizioni occupazionali a cancerogeni in Italia, l'esposizione alle radiazioni solari (700.000 esposti) era la secondo posto dopo quella al fumo di tabacco ambientale (800.000 esposti)<sup>6</sup>. L'esposizione "intermittente", che vagamente si identificava con altro tipo di attività ad alta intensità di esposizione sole, come l'abbronzatura, le attività ricreative all'esterno e vacanze in climi soleggiati, hanno mostrato generalmente associazioni positive (da moderate a forti) per l'insorgenza di melanoma; tuttavia, esposizioni "croniche" o "più continuative", generalmente identificate con l'esposizione occupazionale, generalmente hanno mostrato associazione debole, nulla o negativa<sup>1</sup>.

### Valutazione del rischio da radiazioni UV

La valutazione del rischio da UV solari per i lavoratori esposti è difficoltosa per varie ragioni: prima di tutto, l'esposizione solare durante il lavoro può variare in base a diversi fattori come il clima, l'ora del giorno, la stagione, la latitudine,...; secondariamente non c'è un'adeguata reazione dose-effetto tra esposizione e foto-induzione di patologie, così come non è possibile determinare una dose soglia per l'esposizione a UVR correlata al rischio di induzione tumorale; inoltre, il rischio cutaneo all'esposizione a raggi solari può essere influenzato da fattori individuali (es. fototipo, storia familiare) e attività ricreative (es. abbronzatura, lampade abbronzanti); infine altri fattori occupazionali possono causare patologie cutanee simili a quelle fotoindotte (es. idrocarburi policiclici aromatici, radiazioni ionizzanti)<sup>7</sup>.

Seppure risulta classificata dalla IARC come cancerogeno di gruppo 1, la radiazione solare non è stata inserita nella lista degli agenti cancerogeni e mutageni

melanoma. However, 'chronic' or 'more continuous' exposure, usually equated to 'occupational' exposure, generally showed weak, null or negative associations<sup>1</sup>.

### Solar UV risk assessment

The assessment of solar UV risk in exposed workers is difficult for several reasons: first of all, solar exposure during work can vary depending on different factors as climate, time of the day, season, latitude, ...; secondly, there is no adequate dose-effect relationship between exposure and photo-induced pathologies, and it is not possible to detect a threshold for UVR exposure for the risk for cancer induction; in addition, individual factors (e.g. phototype, family history) and leisure activities (e.g. sunbathing, tanning lamps) can influence the skin risk related to solar radiation exposure; finally, other occupational factors may cause photo-induced like skin diseases (e.g. polycyclic aromatic hydrocarbons, ionizing radiations)<sup>7</sup>.

Even if it is classified by IARC as a group 1 carcinogen, solar radiation has not been classified in the list of carcinogens and mutagens at work by Directive 2004/37/EC (Directive 2004/37/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 as subsequently amended and supplemented on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens or mutagens at work).

However, the assessment of the risk arising from all physical agents must be performed in accordance to what is stated by Directive 89/391/EEC (Council Directive 89/391/EEC of 12 June 1989 on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work).

For the assessment and prevention of

sul lavoro dalla Direttiva 2004/37/EC (Direttiva 2004/37/EC del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29 Aprile 2004 e successive modifiche e integrazioni sulla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da un'esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro).

Ad ogni modo, la valutazione del rischio derivante da ogni agente fisico dovrebbe essere effettuata in accordo con quanto decretato dalla Direttiva 89/391/EEC (Direttiva 89/391/CEE del Consiglio, del 12 giugno 1989, concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro). Per la valutazione e la prevenzione del rischio da esposizione a raggi solari durante le attività lavorative all'aperto, si consiglia di fare riferimento al documento ICNIRP 14/2007 "Protezione dei lavoratori dalle Radiazioni Ultraviolette"; un metodo semplificato basato su tali criteri è disponibile online sul sito "PORTALE AGENTI FISICI" realizzato dal Laboratorio di Sanità Pubblica dell'Azienda Sanitaria USL Toscana Sud Est (ex Azienda USL 7 Siena) con la collaborazione dell'INAIL e dell'Azienda USL di Modena<sup>8</sup>.

Un approccio differente implica l'utilizzo dell'UV *Index* (UVI) come misura del livello di radiazioni UV. L'UVI è stato sviluppato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, il Programma per l'ambiente delle Nazioni Unite (UNEP) e l'Organizzazione Meteorologica Mondiale. Il valore dell'Indice varia da zero in su, più l'indice è alto, maggiore è il potenziale di danno per occhio e cute e inferiore è il tempo necessario affinché si verifichi il danno<sup>9</sup>.

Un sopralluogo per valutare l'ambiente di lavoro e una raccolta dei dati riguardanti l'orario, le pratiche e le procedure di lavoro possono fornire elementi utili sul

rischi from exposure to solar radiation during outdoor working activities, it is advised to refer to the ICNIRP 14/2007 document "Protecting Workers from Ultraviolet Radiation"; a simplified method based on these criteria is available online at the Physical Agents Portal website realised by the Physical Agents Laboratory of the "USL 7 Siena" Health Agency Prevention Department in collaboration with INAIL (Italian Workers' Compensation Authority) and "USL Modena" Health Agency<sup>8</sup>.

A different approach involves the use of the "UV Index" (UVI) as a measure of the level of UV radiation. The UVI was developed by WHO, the United Nations Environment Programme, and the World Meteorological Organization. The values of the index range from zero upward - the higher is the UVI, the greater is the potential for skin and eye damage, and the less is the time for harm to occur<sup>9</sup>.

A workplace survey to evaluate work environment and data collection on working time, work practices and procedures can provide useful elements of UV risk.

Environmental UVR exposure depends on many factors, including latitude, weather (cloud cover), altitude, season, time of the day, and surface reflection. Personal exposure depends on these factors in addition to time spent outdoors (frequency of exposure), timing of exposure (intensity), work tasks performed, and shade availability and use, as well as other sun protective behaviors.

Wide variation in exposure levels occur even under identical atmospheric conditions<sup>10</sup>.

It seems to be appropriate to quantify the personal exposure using dosimeters.

Anyway, UV exposure assessment must include evaluation of individual factors, so

rischio da radiazioni UV.

L'esposizione ambientale a UVR dipende da vari fattori quali latitudine, tempo (copertura nuvolosa), altitudine, ora del giorno e riflessione superficiale. L'esposizione personale dipende da tali fattori oltre che dalla frequenza e dalla intensità dell'esposizione, dalle attività lavorative svolte, dalla disponibilità e utilizzo dell'ombra, nonché da altri fattori comportamentali. Ampie variazioni dei livelli di esposizione si verificano anche in condizioni atmosferiche identiche<sup>10</sup>. Potrebbe essere appropriato utilizzare dosimetri per quantificare l'esposizione personale.

Ad ogni modo, la valutazione del rischio da esposizione a UV deve includere anche la valutazione di fattori individuali, quindi i dati anamnestici personali (fototipo, farmaci, comorbidità, familiarità) che dovrebbero essere raccolti insieme a quelli ambientali che andrebbero misurati o stimati per ciascun lavoratore.

### **Strategie di prevenzione dei tumori cutanei di origine occupazionale**

La fonte di UV non può essere rimossa o sostituita da alternative meno pericolose, quindi bisogna ricorrere a misure preventive tecniche, organizzative e personali. Le misure tecniche possono consistere nel fornire ombra (strutture con zone d'ombra, alberi, cabine per trattori) per limitare l'esposizione solare diretta sia durante le attività lavorative anche durante i pasti e le pause. Le misure organizzative includono politiche di protezione solare sul posto di lavoro, informazione e formazione del personale e programmazione delle attività di lavoro per ridurre al minimo l'esposizione durante gli orari in cui gli UV sono più intensi.

Infine deve essere raccomandato l'impiego di misure protettive personali (vestiti, cappelli a tesa larga con

personal data (phototypes, drugs, pathologies, family history, ...) should be collected together with environmental data measured or estimated or each worker.

### **Occupational Skin Cancer Prevention Strategies**

The source of UV risk cannot be removed or replaced by less hazardous alternatives, therefore technical, organizational, and personal preventive measures must be taken.

Technical measures can consist in providing shade (e.g. shaded areas, trees, tractor cabins, etc.) to limit direct sun exposure, during work activities and during meals and breaks too. Organizational measures include workplace sun protection policies, workers information and training, and planning of work schedules to reduce work during high midday sun.

Finally, optimal use of personal protective measures (clothing, brimmed hats with neck protection, sun glasses) and use of sunscreens on uncovered skin surfaces must be recommended<sup>7</sup>.

Many studies have shown that sun protection measures used for outdoor workers are often inadequate.

The most important factor that ensures effective UV protection is personal behavior, therefore the success of strategies to prevent skin cancer depends to a large extent on the acceptance of protection measures by workers exposed to high natural UV radiation.

protezione al collo, occhiali da sole) e l'applicazione di schermi solari sulla cute esposta<sup>7</sup>.

Molti studi hanno dimostrato che le misure protettive contro i raggi solari sono spesso inadeguate per i lavoratori “*outdoor*”. Il fattore più importante che garantisce l'effettiva protezione dagli UV solari è il comportamento personale, per tale ragione il successo delle strategie di prevenzione dei carcinomi cutanei dipende ampiamente dall'accettazione delle misure protettive dai lavoratori esposti a elevate dosi di radiazioni UV di origine naturale.

## BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

1. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. Radiation. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer; 2012. (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 100D. [monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100D/mono100D.pdf](http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100D/mono100D.pdf)
2. Seebode C, Lehmann J, Emmert S. Photocarcinogenesis and Skin Cancer Prevention Strategies. *Anticancer Res.* 2016;36:1371–1378. [ar.iiarjournals.org/content/36/3/1371.full.pdf+html](http://ar.iiarjournals.org/content/36/3/1371.full.pdf+html)
3. Maverakis E, Miyamura Y, Bowen MP, et al. Light, including ultraviolet. *J Autoimmun* 2010; 34: J247–J257. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2835849/pdf/nihms161668.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2835849/pdf/nihms161668.pdf)
4. John SM, Trakatelli M, Gehring R, Finlay K, Fionda C, Wittlich M, et al. CONSENSUS REPORT: Recognizing non-melanoma skin cancer, including actinic keratosis, as an occupational disease—A Call to Action. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2016;30 Suppl 3:38–45. [onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jdv.13608](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jdv.13608)
5. EU-OSHA – European Agency for Safety and Health at Work, Exposure to carcinogens and work-related cancer: a review of assessment methods, European Risk Observatory Report, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014. ISSN: 1831-9343. [osha.europa.eu/it/tools-and-publications/publications/reports/report-soar-work-related-cancer](http://osha.europa.eu/it/tools-and-publications/publications/reports/report-soar-work-related-cancer)
6. Mirabelli D, Kauppinen T. Occupational exposures to carcinogens in Italy: an update of CAREX database. *Int J Occup Environ Health.* 2005;11(1):53–63. [pdfs.semanticscholar.org/9d57/0c2b05f273d46f303ea267331319972d3796.pdf](http://pdfs.semanticscholar.org/9d57/0c2b05f273d46f303ea267331319972d3796.pdf)
7. La radiazione solare ultravioletta: un rischio per i lavoratori all'aperto. Guida per datori di lavoro e lavoratori. ISPESL, AIDA, CNR 2004. [www.inail.it/cs/internet/docs/alg-la-radiazione-solare-ultravioletta-un-rischio.pdf](http://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-la-radiazione-solare-ultravioletta-un-rischio.pdf)
8. Portale Agenti Fisici - Prevenzione e sicurezza - INAIL, Regione Toscana, SS della Toscana, SS dell'Emilia Romagna: [www.portaleagentifisici.it/fo\\_ro\\_naturali\\_valutazione\\_pelle\\_foglio\\_di\\_calcolo.php?lg=EN](http://www.portaleagentifisici.it/fo_ro_naturali_valutazione_pelle_foglio_di_calcolo.php?lg=EN) (01/03/2018)
9. Global Solar UV Index – a practical guide. Joint recommendation of World Health Organization, World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Geneva, 2002. [www.who.int/uv/publications/en/UVIGuide.pdf](http://www.who.int/uv/publications/en/UVIGuide.pdf)
10. Peters CE, Demers PA, Kalia S, Nicol AM, Koehoorn MW. Levels of Occupational Exposure to Solar Ultraviolet Radiation in Vancouver, Canada. *Ann Occup Hyg.* 2016 Aug;60(7):825-35. [PubMed]