



ISBN 978 3 901906 81 7

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

TECHNICAL REPORT

UV-C PHOTOCARCINOGENESIS RISKS FROM GERMICIDAL LAMPS

CIE 187:2010

UDC: 612.014.481
628.356.15
612.014.481-06
535.31

Descriptor: Action of radiation
Air cleaners
Optical radiation effects on humans
Ultraviolet rays

THE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION

The International Commission on Illumination (CIE) is an organisation devoted to international co-operation and exchange of information among its member countries on all matters relating to the art and science of lighting. Its membership consists of the National Committees in about 40 countries.

The objectives of the CIE are:

1. To provide an international forum for the discussion of all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting and for the interchange of information in these fields between countries.
2. To develop basic standards and procedures of metrology in the fields of light and lighting.
3. To provide guidance in the application of principles and procedures in the development of international and national standards in the fields of light and lighting.
4. To prepare and publish standards, reports and other publications concerned with all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting.
5. To maintain liaison and technical interaction with other international organisations concerned with matters related to the science, technology, standardisation and art in the fields of light and lighting.

The work of the CIE is carried on by seven Divisions each with about 20 Technical Committees. This work covers subjects ranging from fundamental matters to all types of lighting applications. The standards and technical reports developed by these international Divisions of the CIE are accepted throughout the world.

A plenary session is held every four years at which the work of the Divisions and Technical Committees is reviewed, reported and plans are made for the future. The CIE is recognised as the authority on all aspects of light and lighting. As such it occupies an important position among international organisations.

LA COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE

La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) est une organisation qui se donne pour but la coopération internationale et l'échange d'informations entre les Pays membres sur toutes les questions relatives à l'art et à la science de l'éclairage. Elle est composée de Comités Nationaux représentant environ 40 pays.

Les objectifs de la CIE sont :

1. De constituer un centre d'étude international pour toute matière relevant de la science, de la technologie et de l'art de la lumière et de l'éclairage et pour l'échange entre pays d'informations dans ces domaines.
2. D'élaborer des normes et des méthodes de base pour la métrologie dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
3. De donner des directives pour l'application des principes et des méthodes d'élaboration de normes internationales et nationales dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
4. De préparer et publier des normes, rapports et autres textes, concernant toutes matières relatives à la science, la technologie et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
5. De maintenir une liaison et une collaboration technique avec les autres organisations internationales concernées par des sujets relatifs à la science, la technologie, la normalisation et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.

Les travaux de la CIE sont effectués par 7 Divisions, ayant chacune environ 20 Comités Techniques. Les sujets d'études s'étendent des questions fondamentales, à tous les types d'applications de l'éclairage. Les normes et les rapports techniques élaborés par ces Divisions Internationales de la CIE sont reconnus dans le monde entier.

Tous les quatre ans, une Session plénière passe en revue le travail des Divisions et des Comités Techniques, en fait rapport et établit les projets de travaux pour l'avenir. La CIE est reconnue comme la plus haute autorité en ce qui concerne tous les aspects de la lumière et de l'éclairage. Elle occupe comme telle une position importante parmi les organisations internationales.

DIE INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

Die Internationale Beleuchtungskommission (CIE) ist eine Organisation, die sich der internationalen Zusammenarbeit und dem Austausch von Informationen zwischen ihren Mitgliedsländern bezüglich der Kunst und Wissenschaft der Lichttechnik widmet. Die Mitgliedschaft besteht aus den Nationalen Komitees in rund 40 Ländern.

Die Ziele der CIE sind :

1. Ein internationaler Mittelpunkt für Diskussionen aller Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik und für den Informationsaustausch auf diesen Gebieten zwischen den einzelnen Ländern zu sein.
2. Grundnormen und Verfahren der Messtechnik auf dem Gebiet der Lichttechnik zu entwickeln.
3. Richtlinien für die Anwendung von Prinzipien und Vorgängen in der Entwicklung internationaler und nationaler Normen auf dem Gebiet der Lichttechnik zu erstellen.
4. Normen, Berichte und andere Publikationen zu erstellen und zu veröffentlichen, die alle Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik betreffen.
5. Liaison und technische Zusammenarbeit mit anderen internationalen Organisationen zu unterhalten, die mit Fragen der Wissenschaft, Technik, Normung und Kunst auf dem Gebiet der Lichttechnik zu tun haben.

Die Arbeit der CIE wird in 7 Divisionen, jede mit etwa 20 Technischen Komitees, geleistet. Diese Arbeit betrifft Gebiete mit grundlegendem Inhalt bis zu allen Arten der Lichtanwendung. Die Normen und Technischen Berichte, die von diesen international zusammengesetzten Divisionen ausgearbeitet werden, sind von der ganzen Welt anerkannt.

Alle vier Jahre findet eine Session statt, in der die Arbeiten der Divisionen überprüft, berichtet und neue Pläne für die Zukunft ausgearbeitet werden. Die CIE wird als höchste Autorität für alle Aspekte des Lichtes und der Beleuchtung angesehen. Auf diese Weise unterhält sie eine bedeutende Stellung unter den internationalen Organisationen.

Published by the

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
CIE Central Bureau
Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, AUSTRIA
Tel: +43(1)714 31 87 0, Fax: +43(1)714 31 87 18
e-mail: ciecb@cie.co.at
WWW: <http://www.cie.co.at/>

© CIE 2010 - All rights reserved



ISBN 978 3 901906 81 7

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

TECHNICAL REPORT

UV-C PHOTOCARCINOGENESIS RISKS FROM GERMICIDAL LAMPS

CIE 187:2010

UDC: 612.014.481
628.356.15
612.014.481-06
535.31

Descriptor: Action of radiation
Air cleaners
Optical radiation effects on humans
Ultraviolet rays

CIE 187:2010

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 6-59 of Division 6 "Photobiology and Photochemistry" and has been approved by the Board of Administration of the Commission Internationale de l'Eclairage for study and application. The document reports on current knowledge and experience within the specific field of light and lighting described, and is intended to be used by the CIE membership and other interested parties. It should be noted, however, that the status of this document is advisory and not mandatory. The latest CIE proceedings or CIE NEWS should be consulted regarding possible subsequent amendments.

Ce rapport technique a été élaboré par le Comité Technique CIE 6-59 de la Division 6 "Photobiologie et Photochimie" et a été approuvé par le Bureau de la Commission Internationale de l'Eclairage, pour étude et emploi. Le document expose les connaissances et l'expérience actuelles dans le domaine particulier de la lumière et de l'éclairage décrit ici. Il est destiné à être utilisé par les membres de la CIE et par tous les intéressés. Il faut cependant noter que ce document est indicatif et non obligatoire. Il faut consulter les plus récents comptes rendus de la CIE, ou le CIE NEWS, en ce qui concerne des amendements nouveaux éventuels.

Dieser Technische Bericht wurde vom Technischen Komitee CIE 6-59 der Division 6 "Photobiologie und Photochemie" ausgearbeitet und vom Vorstand der Commission Internationale de l'Eclairage gebilligt worden. Das Dokument berichtet über den derzeitigen Stand des Wissens und Erfahrung in dem behandelten Gebiet von Licht und Beleuchtung; es ist zur Verwendung durch CIE-Mitglieder und durch andere Interessierte bestimmt. Es sollte jedoch beachtet werden, dass das Dokument eine Empfehlung und keine Vorschrift ist. Die neuesten CIE-Tagungsberichte oder die CIE NEWS sollten im Hinblick auf mögliche spätere Änderungen zu Rate gezogen werden.

Any mention of organisations or products does not imply endorsement by the CIE. Whilst every care has been taken in the compilation of any lists, up to the time of going to press, these may not be comprehensive.

Toute mention d'organisme ou de produit n'implique pas une préférence de la CIE. Malgré le soin apporté à la compilation de tous les documents jusqu'à la mise sous presse, ce travail ne saurait être exhaustif.

Die Erwähnung von Organisationen oder Erzeugnissen bedeutet keine Billigung durch die CIE. Obgleich große Sorgfalt bei der Erstellung von Verzeichnissen bis zum Zeitpunkt der Drucklegung angewendet wurde, ist es möglich, dass diese nicht vollständig sind.

© CIE 2010 - All rights reserved

The following members and advisors of TC 6-59, "UV-C Photocarcinogenesis Risks from Germicidal Lamps", took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 6 "Photobiology and Photochemistry".

Members:

Jean-Pierre Cesarini	France
Curtis A. Cole	USA
Frank de Gruijl	The Netherlands
P. Donald Forbes	USA
Paul Howard	USA
Kohtaro Kohmoto	Japan
Robert Levin	USA
Andrew Pearson	Great Britain
Nicholas Reed	USA
David Sliney	USA
Jan van der Leun	The Netherlands
Richard Vincent	USA (Chair)
Stephen Wengraitis	USA
Ulf Wester	Sweden
Fredrick Urbach †	USA (Chair until 2004)

Advisors:

Philip W. Brickner, MD	USA
Edward A. Nardell, MD	USA

CONTENTS

SUMMARY	V
RESUME	V
ZUSAMMENFASSUNG	VI
1 INTRODUCTION	1
2 SCOPE	2
3 REVIEW OF SCIENTIFIC EVIDENCE	2
3.1 Human Studies	2
3.2 Laboratory Studies	3
3.3 CIE Skin Carcinogenesis Action Spectrum	4
3.4 UV-C Spectral Transmittance of the Stratum Corneum and Epidermis	4
3.5 Effect of Occupational UV-C Exposure on Non-Melanoma Skin Cancer (NMSC) Risk	6
4 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS FOR FUTURE RESEARCH	7
5 REFERENCES	8
ANNEX A A HISTORICAL NOTE	10
ANNEX B EFFECT OF OCCUPATIONAL UV-C EXPOSURE ON LIFETIME NON-MELANOMA SKIN CANCER RISK	12
ANNEX C RECENT REFERENCES ON UV-C PHOTOCARCINOGENICITY	14

UV-C PHOTOCARCINOGENESIS RISKS FROM GERMICIDAL LAMPS

SUMMARY

Increasingly, UV-C (100 nm – 280 nm) mediated air disinfection (principally 254 nm radiant energy from low-pressure mercury lamps) is being used as a building environmental control to provide human protection from transmission of airborne pathogens such as tuberculosis bacteria, influenza viruses and other aerosolized agents. Some uses of UV-C energy require direct exposure of the volume room air in a horizontal plane directly above the heads of occupants. In these settings there is the potential of reflected or scattered UV-C radiation that could result in human exposure. Known side effects of overexposure to UV-C radiation include transient corneal and conjunctival irritation (photo-keratoconjunctivitis) and skin irritation (erythema), which disappear within a 24 – 48 hour period, not currently known to produce lasting biological damage. The ACGIH and ICNIRP threshold limit for 8 hour continuous exposure to UV-C radiation at 254 nm is $6 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ ($60 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$), and proper installation of well engineered UV-C systems meet this criteria. However, there have been incidents of poor installations resulting in accidental UV-C overexposures. General statements that all UVR is carcinogenic have raised safety concerns of open air UV-C systems. Although, from basic biophysical principles, UV-C radiation is carcinogenic for the same reason that it is an effective germicidal agent, the attenuation provided by the stratum corneum and epithelial tissues of the skin greatly reduces the risk relative to UV-B radiation. UV germicidal irradiation can be safely and effectively used for upper air disinfection without a significant risk for long term delayed effects such as skin cancer.

RISQUES DE PHOTOCARCINOGENESE UVC DES LAMPES GERMICIDES

RESUME

La désinfection de l'air par les UVC (100 nm – 280 nm) dont l'énergie radiante est principalement représentée par la raie 254 nm des sources mercure à basse pression, est en constante augmentation. Cette technologie est utilisée dans le contrôle de l'environnement des bâtiments afin d'assurer la protection humaine contre la transmission d'agents pathogènes transportés par l'air tels que les bactéries tuberculeuses, les virus grippaux et tout autres agents présents sous forme d'aérosols. Certaines utilisations de l'énergie UVC nécessitent une exposition directe du volume d'air d'une pièce dans un plan horizontal situé directement au-dessus de la tête des occupants. Dans ces configurations existent potentiellement des radiations UVC réfléchies ou diffractées qui pourraient conduire à une exposition humaine. Les effets reconnus des surexpositions au rayonnement UVC sont essentiellement constitués d'une irritation cornéenne et conjonctivale (photo-kératoconjunctivite) et une irritation cutanée (érythème) qui disparaissent en 24 – 48 heures, et ne produisent pas de dommages biologiques retardés dans l'état des connaissances actuelles. L'ACGIH et l'ICNIRP ont défini des valeurs seuils limites pour 8 heures d'expositions continues aux UVC à 254 nm, soit $6 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ ($60 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$), et l'installation correcte de systèmes produisant des UVC doit remplir ces critères. Néanmoins, on a rapporté des incidents concernant de mauvaises installations produisant des surexpositions UVC accidentelles. Bien que, sur la base de principes biophysiques, le rayonnement UVC soit carcinogène pour la même raison qu'il est un agent germicide efficace, l'atténuation de ce rayonnement par l'absorption dans le stratum corneum et par les tissus épithéliaux de la peau réduit de manière importante le risque relatif du rayonnement UVB et UVC. Le rayonnement germicide UV peut être efficacement utilisé en toute sécurité pour la désinfection de l'air, sans risque significatif d'effets retardés à long terme tels que les cancers cutanés.

UV-C PHOTOKARZINOGENESE-RISIKEN DURCH KEIMTÖTENDE LAMPEN

ZUSAMMENFASSUNG

In zunehmendem Maße wird Luftdesinfektion durch UV-C (100 nm – 280 nm) (vornehmlich 254 nm Strahlungsenergie von Niederdruck-Quecksilberlampen) zur Gebäudeumweltkontrolle verwendet, um für den Schutz des Menschen vor luftübertragenen Krankheitserregern wie z.B. Tuberkulosebakterien, Grippeviren und anderen aerosolisierten Erregern zu sorgen. Einige Anwendungen von UV-C-Energie erfordern eine direkte Bestrahlung des Raumluftvolumens in einer horizontalen Ebene direkt über den Köpfen der Raumbenutzer. Bei solchen Anlagen besteht die Möglichkeit, dass reflektierte oder gestreute UV-C-Strahlung zu einer menschlichen Gefährdung führen könnte. Bekannte Nebeneffekte, die durch zu starke UV-C-Bestrahlung entstehen, sind z.B. transiente korneale and konjunktive Irritation (Photo-Keratokonjunktivitis) und Hautirritation (Erythem), welche innerhalb von 24 – 48 Stunden verschwinden, und nach bisherigen Erkenntnissen keinen dauerhaften biologischen Schaden verursachen. Die von ACGIH und ICNIRP festgelegte Schwellwertgrenze für 8 Stunden dauerhaften Aufenthalt unter UV-C-Strahlung bei 254 nm beträgt $6 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ ($60 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$), und eine sorgfältige Installation von fachmännisch ausgeführten UV-C-Systemen erfüllen dieses Kriterium. Dennoch gab es durch schlechte Installationen hervorgerufene Vorfälle, bei denen es zu unbeabsichtigten UV-C-Überdosierungen kam. Allgemeine Aussagen, dass jegliche UV-Strahlung karzinogen sei, haben Sicherheitsbedenken hinsichtlich der Verwendung von offenen UV-C-Systemen hervorgerufen. Obwohl aus Sicht grundlegender biophysikalischer Grundsätze UV-C-Strahlung aus demselben Grund einerseits karzinogen, andererseits aber auch ein effektiver germizider Wirkstoff ist, reduziert die Schwächung durch die Hornhautschicht und das Epithelgewebe der Haut weitgehend das Risiko relativ zur UV-B-Strahlung. Keimtötende UV-Bestrahlung kann sicher und effektiv zur Luftdesinfektion im oberen Raumbereich verwendet werden ohne signifikantes Risiko hinsichtlich Langzeiteffekten wie z.B. Hautkrebs.