

UV Straling

BLOOTSTELLING VAN DE MENS
AAN ULTRAVIOLETTE STRALING



.....

.....

UV STRALING

blootstelling van de mens aan ultraviolette straling



.....

UV STRALING

.....

Blootstelling van de mens aan ultraviolette straling

.....

Advies uitgebracht door een commissie van de
Gezondheidsraad

.....

de Minister en de Staatssecretaris van Welzijn, Volks-
gezondheid en Cultuur

.....

de Minister en de Staatssecretaris van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
dtv de Minister van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur

.....

No 09 's-Gravenhage, 10 juni 1986



Voorzitter

Aan de Minister en de Staatssecretaris van
Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur
Sir Winston Churchillaan 362
2284 JN RIJSWIJK

Onderwerp : aanbieding advies
Uw kenmerk : 188383
Ons kenmerk : U 2779/WP/WB/191-I4
Bijlagen : 1
Datum : 10 juni 1986

Bij brief van 8 september 1982, nr 188383, verzocht de toenmalige Staatssecretaris van Volksgezondheid en Milieuhygiëne aan de Gezondheidsraad advies uit te brengen over de consequenties voor de volksgezondheid van een ruime toepassing van ultraviolette straling uitzendende toestellen en lichtbronnen. De daartoe door mijn voorganger ingestelde commissie heeft inmiddels een advies opgesteld inzake dit onderwerp.

Ik moge u - gehoord de Beraadsgroep Stralingshygiëne van de Gezondheidsraad - dat advies hierbij aanbieden. Gaarne vraag ik naar aanleiding van dit advies uw aandacht voor het volgende.

De uitvoerige beschrijving van de effecten van ultraviolette straling van de mens in het advies dient niet alleen ter onderbouwing van de aanbevelingen van de commissie. Het advies is daardoor tevens bruikbaar als uitgangspunt voor voorlichting aan artsen, andere werkers in de gezondheidszorg en het publiek in het algemeen. Ik deel de mening van de commissie dat aan die voorlichting dringend behoefte bestaat en raad u dan ook aan in dat verband de nodige stappen te onder-





Voorzitter

Onderwerp : aanbieding advies
Ons kenmerk : U 2779/WP/WB/191-I4
Bladzijde : 2
Datum : 10 juni 1986

nemen. Voor wat betreft de voorlichting aan het publiek heb ik vernomen dat de Stichting Consument en Veiligheid een voorlichtingsfolder in voorbereiding heeft, waarbij men het advies als uitgangspunt wil nemen. In het bijzonder de meer populaire beschrijving van effecten van ultraviolette straling op de mens in bijlage C van het advies zou daarbij goede diensten kunnen bewijzen.

De wetenschappelijke kennis omtrent de inwerking van ultraviolette straling op het menselijk organisme vertoont nog belangrijke hiaten. Daarom doet de commissie een aantal aanbevelingen voor nader onderzoek. Gezien de kwaliteit van het Nederlandse werk op dit terrein tot nu toe, moge ik u ondersteuning van dit onderzoek in ernstige overweging geven.

De commissie verwacht dat er buiten onze landsgrenzen de nodige belangstelling voor het advies zal bestaan. Het is daarom raadzaam om op korte termijn een Engelse vertaling van het gehele advies of van gedeelten eruit te publiceren.



dr L Ginjaar

..... **G**



.....
.....
TEN GELEIDE

Het voorliggende advies is opgesteld door de Commissie 'UV-toestellen' van de Gezondheidsraad. De samenstelling van de commissie is vermeld in hoofdstuk 2 van het advies. Met de aanbieding van dit advies aan de Voorzitter van de Gezondheidsraad beschouwt de commissie haar taak als beëindigd.

Den Haag, 7 juni 1986,
namens de commissie,



dr WF Passchier,
secretaris



prof dr JC van der Leun,
voorzitter



.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
INHOUDSOPGAVE
.....

.....	SAMENVATTING	9
.....	SUMMARY	13
.....	DEEL 1 <u>INLEIDING</u>	17
.....	1 DE ADVIESAANVRAAG	19
.....	2 DE COMMISSIE	21
.....	3 ACHTERGRONDEN	25
.....	3.1 Het Gezondheidsraadadvies over micrometerstraling	25
.....	3.2 Toepassingen van UV-stralingsbronnen	25
.....	3.3 Nieuwe wetenschappelijke gegevens	26
.....	3.4 Wettelijke regels	28
.....	4 OPZET VAN HET ADVIES	29
.....	DEEL 2 <u>GEGEVENS EN EFFECTEN VAN UV STRALING</u>	31
.....	5 FYSISCHE EIGENSCHAPPEN EN BRONNEN VAN UV STRALING	33
.....	5.1 Fysische eigenschappen	33
.....	5.2 Grootheden en eenheden	36
.....	5.3 UV straling van de zon	38
.....	5.4 Overzicht van kunstmatige UV-bronnen	38
.....	6 EFFECTEN VAN UV STRALING OP DE HUID	45
.....	6.1 Overzicht	45

.....		
6.2	De huid	46
6.2.1	De opbouw van de huid	46
6.2.2	Typering van de huid	48
6.2.3	Optische eigenschappen van de huid	48
6.3	Gezondheidsbevorderende effecten	51
6.3.1	Vorming van vitamine-D	51
6.3.2	Overige effecten	53
6.4	Bescherming tegen UV straling	53
6.4.1	Verdikking van de huid	54
6.4.2	Pigmentatie	54
6.5	Veranderingen van huidcellen	57
6.6	Erytheem	58
6.6.1	Onstaanswijze	58
6.6.2	Minimaal benodigde bestralingsdosis	59
6.6.3	Polychromatische bestraling	60
6.6.4	Actiespectrum en MED	62
6.7	Chronische effecten van UV straling	64
6.8	Huidcarcinomen	66
6.8.1	Aard en voorkomen	66
6.8.2	Relatie met UV straling	66
6.8.3	Ontstaanswijze, actiespectrum en dosis-effectrelatie	67
6.9	Melanomen	71
.....		
7	EFFECTEN VAN UV STRALING OP HET OOG	73
7.1	Inleiding	73
7.2	Opbouw van het oog en optische eigenschappen	74
7.3	Hoornvlies- en bindvliesontsteking	76
7.4	Troebeling van de lens	79
7.5	Beschadiging van het netvlies	80
7.6	Andere oogandoeningen	81
7.7	Bijzondere blootstellingssituaties	81
.....		
8	ACTIESPECTRA EN DREMPELDOSES	83
.....		
9	BLOOTSTELLING AAN UV STRALING VAN DE ZON	91

.....		
.....		
DEEL 3	<u>BEDOELDE BLOOTSTELLING AAN UV STRALING DOOR</u>	
	<u>PARTICULIEREN</u>	95
.....		
10	UV-STRALINGSBRONNEN EN PARTICULIEREN	97
10.1	Begripsbepaling en beoogde effecten	97
10.2	Onderzoek	98
10.3	Stralingstoestellen	99
10.4	Schatting van de bestralingsduur	100
10.5	Schatting van de bestralingsdosis	101
10.6	Problemen ten gevolge van de bestraling	102
.....		
11	RICHTLIJNEN IN HET BUITENLAND	103
11.1	Overzicht	103
11.2	Bestralingssterkte	103
11.3	Uitschakeling	106
11.4	Oogbescherming	106
11.5	Informatie	107
11.6	De kuur	108
11.7	Referenties	108
.....		
12	UITGANGSPUNTEN VOOR RICHTLIJNEN	111
12.1	Te beschouwen effecten	111
12.2	Afweging van voor- en nadelen	112
12.3	Wenselijkheid en aard van richtlijnen	113
12.4	De voor vitamine-D vorming benodigde bestralingsdosis	113
12.5	Uitgangspunt voor de richtlijnen	114
.....		
13	RICHTLIJNEN	117
13.1	Inleiding	117
13.2	Kuur	117
13.3	Bijzondere situaties	120
13.4	Voorzieningen	120
13.5	Ogen	121
13.6	Aanduidingen	122
13.7	Voorlichting en instructie	123
13.8	Nauwkeurigheid en onzekerheden	124

.....		
.....		
DEEL 4	<u>ONBEDOELDE BLOOTSTELLING AAN UV STRALING</u>	125
.....		
14	AARD VAN DE BLOOTSTELLING	127
.....		
15	NORMEN VOOR ONBEDOELDE BLOOTSTELLING	129
15.1	Principes	129
15.2	Acute effecten	130
15.3	Staar	132
15.4	Huidkanker	134
15.5	Conclusie	135
.....		
16	BEPERKING VAN DE BLOOTSTELLING	137
16.1	Inleiding	137
16.2	Blootstelling in werkruimten	137
16.3	Blootstelling in publieksruimten	139
16.4	UV-lampen	140
16.5	Blootstelling aan UV straling van de zon	140
.....		
DEEL 5	<u>SLOT</u>	143
.....		
17	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	145
.....		
18	AANBEVELINGEN VOOR NADER ONDERZOEK	149
.....		
19	LITERATUUR	153
.....		
20	BEGRIPPENLIJST	165
.....		
	<u>BIJLAGEN</u>	169
.....		
A	ONTSTAAN VAN HUIDCARCINOMEN DOOR UV STRALING	171
A.1	Inleiding	171
A.2	Effecten van UV straling op DNA	171
A.3	Immunologische effecten van UV straling	172
A.4	Literatuur	174

.....		
.....		
B	MEDISCHE TOEPASSINGEN VAN UV STRALING	175
B.1	Inleiding	175
B.2	Behandeling van huidaandoeningen	175
B.3	Diagnose	178
B.4	Literatuur	178
.....		
C	VOORLICHTING OVER DE WERKING VAN ULTRAVIOLETTE STRALING	179

.....

.....

.....

SAMENVATTING

Het advies 'UV Straling' doet aanbevelingen voor een verantwoord gebruik van kunstmatig opgewekte ultraviolette (UV) straling. Het rapport gaat niet in op blootstelling aan de straling van UV-lasers, hoewel veel van de aanbevelingen ook in die situatie toepasbaar zijn.

Het advies vormt een herziening en aanvulling van een in 1978 uitgebracht advies van de Gezondheidsraad over micro-meterstraling, voor zover het UV straling (golflengtegebied van 100-400 nm) betreft. Dat eerdere advies handelde voornamelijk over onbedoelde blootstelling aan elektromagnetische straling. In het voorliggende advies wordt ook het gebruik van UV-stralingsbronnen als hoogtezonnen, zonnebanken, solaría, e.d. onder de bevolking uitvoerig behandeld.

Na een inleiding geeft het advies een overzicht van de fysische eigenschappen van UV straling en van UV-stralingsbronnen (hoofdstuk 5). Vervolgens wordt ingegaan op de inwerking van UV straling op huid en ogen. Bij de effecten op de huid komen de vorming van vitamine-D, huidverdikking, bruining, erytheem (zonnebrand), huidveroudering en huidkanker aan de orde. Met betrekking tot dat laatste meldt het rapport dat voor huidcarcinomen de dosis-effectrelatie redelijk bekend is; voor wat betreft het actiespectrum, de spectrale werkingsfactor als functie van de golflengte, zijn de gegevens echter nog zeer schaars, vooral in het golflengtegebied van 350-400 nm. Voor melanomen van de huid bestaat er vermoedelijk een verband met zonlicht (en dus volgens sommigen met UV straling), maar kwantitatieve gegevens ontbreken (hoofdstuk 6).

Bij de effecten op het oog worden hoorn- en bindvliesontsteking behandeld. Troebeling van de ooglenzen (staar) zou

veroorzaakt kunnen worden door UV straling in het golflengtegebied waar het hoornvlies doorlaatbaar is voor UV straling (ongeveer 350-400 nm). Een dosis-effectrelatie is echter niet goed bekend (hoofdstuk 7).

Op grond van de beschikbare literatuur stelt de commissie voor bij de normstelling uit te gaan van twee actiespectra. Bij bedoelde blootstelling kan een erytheem-actiespectrum gebruikt worden en bij onbedoelde blootstelling een zogenaamd huid/oog-actiespectrum. De commissie heeft getracht zo goed mogelijk aan te sluiten bij internationale aanbevelingen (hoofdstuk 8).

Het gebruik van een erytheem-actiespectrum bij bedoelde blootstelling betekent dat alleen rekening wordt gehouden met huideffecten. De ogen kunnen namelijk (en moeten) afdoende beschermd worden door brillen, oogdopjes e.d. of door de ogen te sluiten (hoofdstuk 12). De commissie meent dat het erytheem-actiespectrum als maat voor de acute schadelijke effecten kan worden gebruikt. Op grond van dierproeven blijkt het ook een bruikbare benadering voor huidcarcinomen te zijn. Met behulp van het erytheem-actiespectrum kunnen erytheem-effectieve doses worden bepaald, die de commissie zoveel mogelijk uitdrukt in een referentiewaarde voor de dosis waarbij juist erytheem optreedt. Deze referentiewaarde, de MED, is per definitie gelijk aan een bestralingsdosis van 200 J/m^2 van UV straling met een golflengte van 297 nm (hoofdstuk 6).

De commissie baseert haar aanbevelingen op een beperking van de jaarlijkse erytheem-effectieve bestralingsdosis tot 100 MED (20 kJ/m^2 , hoofdstuk 12). Dit is minder dan het verschil in bestralingsdosis van de zon tussen buiten- en binnenwerkers in Nederland en van de orde van grootte van de bestralingsdosis van een 'zonvakantie' van enkele weken in zuidelijke streken (hoofdstuk 9). Bij het opstellen van voorschriften voor kuren zouden fabrikanten van de bestralingsapparatuur van een jaarlijkse bestralingsdosis van minder dan 100 MED (20 kJ/m^2) moeten uitgaan. Voor de eerste bestralingsbeurt van een kuur beveelt de commissie een beperking aan tot 0,5 MED (100 J/m^2), terwijl men daarna twee dagen zou

.....

moeten wachten tot een volgende bestralingsbeurt. Te zamen met een afraden van het gebruik van cosmetica zijn deze aanbevelingen bedoeld om acute ongewenste gevolgen in een zo vroeg mogelijk stadium op te merken (hoofdstuk 13).

De commissie doet ook aanbevelingen voor de uitvoering van de apparatuur en de bijbehorende handleiding. Een goede voorlichting, het markeren van apparatuur en lampen, en automatische tijdschakelaars kunnen bijdragen tot het voorkomen van problemen door het gebruik van de bestralingsapparatuur (hoofdstuk 13).

Bij de normstelling voor de onbedoelde blootstelling aan UV straling gaat de commissie uit van een actiespectrum gebaseerd op acute effecten zowel op de huid, als op het oog. In tegenstelling tot bij de bedoelde blootstelling kiest men nu relatief gevoelige personen als referentie. Het actiespectrum, dat bij 270 nm op 1 genormeerd is, komt bij golflengten kleiner dan 310 nm goed overeen met internationale aanbevelingen ter zake (hoofdstuk 15).

Als grenswaarde voor de blootstelling over een dag beveelt de commissie een huid/oog-effectieve bestralingsdosis van 30 J/m^2 aan. Deze waarde kan zowel gebruikt worden voor beroepsmatige als voor niet-beroepsmatige blootstelling. De commissie geeft aan dat het inachtnemen van de genoemde blootstellingslimiet ook een redelijke beperking inhoudt van het risico op huidkanker. Aangezien voor het optreden van huidkanker geen drempeldosis kan worden aangenomen, is een verdere beperking van de bestralingsdosis in principe wenselijk. Wel moet daarbij bedacht worden dat in het bijzonder UVB straling ook een gunstige werking op het organisme heeft in samenhang met de produktie van vitamine-D (hoofdstuk 15).

Internationale aanbevelingen geven in het UVA spectraal gebied (315-400 nm) meestal nog een additionele beperking van de bestralingssterkte tot 10 W/m^2 aan, teneinde het risico van staar te verminderen. Indien blootstelling zich niet over zeer veel jaren (meer dan 10) zal uitstrekken, acht de commissie, in overeenstemming met het rapport van de Gezondheidsraad uit 1978, een dergelijke limiet niet nodig. Is

.....

een onbedoelde blootstelling aan UV straling over een langere periode onvermijdelijk, dan zou met het oog op het risico van staar een richtwaarde van 1 W/m^2 (voor bestraling van de ogen) gehanteerd kunnen worden. De bestralingssterkte zou in het algemeen deze waarde niet moeten overschrijden. Gebeurt dat incidenteel toch, dan behoeft dat niet tot schade aan het oog te leiden. Op dit punt wijkt de commissie dus van internationale aanbevelingen ter zake af (hoofdstuk 15).

Aan het slot van het advies doet de commissie aanbevelingen voor nader onderzoek naar de blootstelling aan en de effecten van UV straling. In bijlagen wordt de wetenschappelijke kennis over het ontstaan van huidcarcinomen door UV straling besproken, evenals het medisch gebruik van UV straling. Ook wordt een populaire beschrijving gegeven van de effecten van UV straling op huid en ogen.

.....

.....

SUMMARY

.....

.....

of a report of a committee of the Health Council of
the Netherlands

.....

UV Radiation

Human exposure to ultraviolet radiation

.....

This report presents recommendations for the safe use of artificially generated ultraviolet (UV) radiation. Exposure to radiation from UV-lasers is not considered here, although some of the recommendations are also valid for radiation from this type of equipment.

This report revises and extends the 1978 recommendations of the Health Council of the Netherlands on 'micrometer' radiation, insofar as UV radiation (wavelength range of 100-400 nm) is concerned. The 1978 report mainly discussed the unintentional exposure to electromagnetic radiation. The present report also considers extensively the intentional use of UV radiation sources, like sun lamps, sun couches, solarium, etc., by the general public.

The introductory part of the report is followed by a review of the physical properties of UV radiation and UV radiation sources (Chapter 5). The following two chapters deal with the effects of UV radiation on the skin and the eyes. Effects on or in the skin include the production of vitamin D, the thickening of the skin, pigmentation, erythema (sunburn), aging of the skin and skin cancer. For skin carcinomas the dose-response relationship is relatively well known. The

.....

action spectrum however, i.e. the spectral effectiveness as a function of the wavelength, is still rather uncertain, especially in the wavelength region of 350-400 nm. There are indications that melanomas of the skin are related to radiation from the sun (and therefore to UV radiation, according to some authors); quantitative data are lacking, however (Chapter 6).

The chapter on eye effects discusses keratitis and conjunctivitis. It is possible that cataracts, preventing the transmission of visible light by the lens of the eye, are caused by UV radiation in the wavelength range where the cornea is transparent for UV (about 350-400 nm). A dose-response relationship is not well known however (Chapter 7).

The committee proposes to base standards on two different action spectra. In the case of intentional exposures, an erythema-action spectrum can be used; a so-called skin/eye-action spectrum should be applied in the case of unintentional exposures to UV radiation. In defining these action spectra international recommendations have been taken into consideration (Chapter 8).

Exposure guides for intentional exposures to UV radiation only take skin effects into account. In these situations the eyes may (and should) be protected by glasses, goggles, etc., or by closing the eyes (Chapter 12). The committee is of the opinion that the erythema-action spectrum can be used for deriving measures of acute skin damage. Animal experiments show that this action spectrum also gives a reasonable approximation for the risk of skin carcinomas. Using the erythema-action spectrum, erythema-effective radiant exposures (doses) can be derived; it is practical to express these in a reference value of the dose just sufficient to elicit erythema. This reference value, the MED, is by definition equal to a radiant exposure of 200 J/m^2 of UV radiation with a wavelength of 297 nm (Chapter 6).

The committee bases its recommendations on a limit for the annual erythema-effective radiant exposure of 100 MED (20 kJ/m^2 , Chapter 12). This value is less than the difference in radiant exposure from the sun between outdoor and indoor

workers in the Netherlands and is of the order of magnitude of the radiant exposure during a few weeks 'sun holiday' in mediterranean regions (Chapter 9). Manufacturers of UV appliances should base their instructions for irradiation courses on this value or a lower one. The radiant exposure of the first irradiation session should be restricted to 0.5 MED (100 J/m^2) and the interval between the first and second irradiation session should be at least two full days. These recommendations, together with the advice not to use cosmetics shortly before and during irradiations, are intended to make any acute irradiation effect noticeable at an early stage of an irradiation course (Chapter 13).

The committee also proposes guidelines for the construction of UV appliances and the accompanying instructions. Adequate information, labelling of the appliances and lamps, and automatic time switches may prevent problems caused by the irradiation (Chapter 13).

The standards for unintentional exposures to UV radiation are based on an action spectrum that takes into account both acute skin and eye effects. Contrary to the situation of intentional exposures, the standards are also meant to protect persons with sensitive skin. In the wavelength region below 310 nm the action spectrum, which is normalized to 1 at 270 nm, is in agreement with international recommendations (Chapter 15).

The committee proposes as a daily exposure limit a skin/eye-effective radiant exposure of 30 J/m^2 . This value can be used both for occupational and non-occupational exposures. The committee concludes that applying this exposure limit also restricts the risk of developing skin cancer. There is no indication of a threshold value for skin cancer; this implies that a further reduction of the radiant exposure below the exposure limit is desirable in principle. However one should also take into account the positive influence which UVB radiation in particular has on the organism, i.e. the production of vitamin D (Chapter 15).

.....

International recommendations additionally restrict the irradiance in the UVA spectral region (315-400 nm) to 10 W/m^2 , in view of the possible induction of cataracts. The committee however deems such an exposure limit superfluous for exposures which do not extend over many years (say, more than 10 years); this position is in agreement with the recommendation in the 1978 report of the Health Council. Where exposure to UVA radiation over extended periods of time cannot be avoided, irradiation of the eyes should in general not exceed 1 W/m^2 so as to limit the risk of causing a cataract. Incidental exposure to a higher irradiance will not unavoidably lead to harmful effects on the eyes. This proposal differs from international recommendations (Chapter 15).

The main report concludes with recommendations for further research on the exposure to and the effects of UV radiation. The appendices discuss the induction of skin carcinomas by UV radiation and present a short review of medical applications of UV radiation. The last appendix presents a popular description of the effects of UV radiation on the skin and eyes.

.....
.....
DEEL 1 INLEIDING

.....
1 De adviesaanvraag

.....
2 De commissie

.....
3 Achtergronden

.....
4 Opzet van het advies

.....

.....

.....

1 DE ADVIESAANVRAAG

In zijn brief nr 188383 van 8 september 1982 verzocht de toenmalige Staatssecretaris van Volksgezondheid en Milieuhygiëne de Voorzitter van de Gezondheidsraad advies uit te brengen over de consequenties voor de volksgezondheid van een ruime toepassing van ultraviolette straling uitzendende toestellen en lichtbronnen. Tevens werd verzocht na te gaan in hoeverre het treffen van bepaalde stralingshygiënische maatregelen wenselijk zou zijn.

Deze adviesaanvraag luidt als volgt:

.....

Hierbij verzoek ik U advies uit te brengen over het volgende vraagstuk. In toenemende mate worden zowel door consumenten als door hulpverleners en beroepsgroepen, zoals artsen en fysiotherapeuten, vragen gesteld over de mogelijke schadelijkheid van solaria en aanverwante met gezondheidsbevorderende oogmerken aangewende respectievelijk aangeprezen lichtbronnen met een duidelijke ultraviolette component. Ook in wetenschappelijke kringen blijkt behoefte te bestaan aan een resumerende beoordeling van de huidige stand der wetenschap op dit terrein.

Op 30 maart 1978 heeft een Commissie uit de Gezondheidsraad advies uitgebracht inzake 'Aanvaardbare niveaus micro-meterstraling' waarin onder andere veel aandacht wordt besteed aan gevolgen van ultraviolette straling voor huid en oog. De Commissie zelf meende dat de in haar rapport vervatte uitspraken over aanvaardbare niveaus na uiterlijk vijf jaren aan een herwaardering zouden moeten worden onderworpen.

Zoals U wellicht bekend zal zijn worden door mijn departement enkele studies op het gebied van biologische en stralingshygiënische aspecten van ultraviolette straling geïnitieerd respectievelijk gesubsidieerd. In de praktijk van stralenbescherming speelt de ultraviolette straling een toenevende rol op de terreinen van medisch handelen, van beroepsmatige blootstelling en van de blootstelling van het publiek. In de laatstgenoemde categorie kan onderscheid worden gemaakt tussen blootstelling aan ultraviolette straling uitzendende toestellen (hoogtezonnen, kwiklampen enz.) en de verhoging van de hoeveelheid natuurlijke ultraviolette straling, afkomstig

.....

van de zon, welke zou kunnen optreden indien de beschermende ozonlaag zou worden aangetast.

Aangezien het laatstgenoemde vraagstuk reeds ruime aandacht krijgt in het kader van de Internationale Coördinatie Commissie inzake de Ozonlaag (CCOL) en het World Plan on Action on the Ozone Layer, wil ik in het kader van de onderhavige adviesaanvraag niet nader hierop ingaan. Hoewel ook ultravioletlicht uitzendende toestellen internationaal aandacht beginnen te krijgen, verkeert formeel overleg op dit terrein pas in het beginstadium.

Verwezen kan worden naar de werkzaamheden van het International Non-Ionizing Radiation Committee.

Ten aanzien van hoogtezonnen en kwiklampen zijn onder andere in de Verenigde Staten en Canada sinds enkele jaren wettelijke voorschriften van kracht. Onderzoek naar wenselijkheid van dergelijke maatregelen in Nederland acht ik van groot belang.

Gaarne verneem ik Uw oordeel over de consequenties voor de volksgezondheid van een ruime toepassing van toestellen en lichtbronnen welke onder normale of uitzonderlijke omstandigheden aanzienlijke hoeveelheden ultraviolette straling kunnen uitzenden, waarbij rekening ware te houden met de huidige blootstelling aan de natuurlijke achtergrondstraling afkomstig van de zon.

Daarbij zou ik Uw mening willen vernemen in hoeverre stralingshygiënische maatregelen gewenst zijn ten aanzien van die stralingsbronnen, welke op grond van medische, paramedische, cosmetische, verlichtings- of andere toepassingen tot significante blootstelling van de bevolking en het betrokken personeel kunnen leiden. Met name vraag ik Uw aandacht voor eventueel te eisen technische voorzieningen, of andere eisen welke aan genoemde apparaten of lampen zouden kunnen worden gesteld teneinde ongewenste blootstelling aan ultraviolette straling te voorkomen.

wg De Staatssecretaris van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.

mw mr JJ Lambers-Hacquebard

.....

Het voorliggende rapport bevat het door een commissie van de Gezondheidsraad opgestelde advies.

.....

.....

2 DE COMMISSIE

Mede ten gevolge van mutaties binnen de staf van de Gezondheidsraad kon de beantwoording van de adviesaanvraag eerst eind 1983 ter hand worden genomen. Na afsluiting van de voorbereidende werkzaamheden installeerde de Voorzitter van de Gezondheidsraad op 1 februari 1984 de Commissie 'UV-toestellen', die in 21 vergaderingen het voorliggende advies formuleerde.

Zoals in de adviesaanvraag wordt aangegeven bracht de Gezondheidsraad in 1978 een advies uit over aanvaardbare niveaus van micrometerstraling, waarbij ook blootstelling aan ultraviolette (UV) straling aan de orde kwam. Ten einde van de toen verzamelde kennis zo goed mogelijk gebruik te kunnen maken, werden enkele deskundigen die aan dat advies hadden meegewerkt in de commissie benoemd. Dit betrof onder meer de voorzitter van de commissie.

.....

De samenstelling van de commissie was als volgt:

- prof dr JC van der Leun, voorzitter
hoogleraar fysica van de huid Vakgroep Dermatologie,
Rijksuniversiteit Utrecht
- dr BFM Bosnjakovic, ambtelijk adviseur
inspecteur van de Volksgezondheid, Directie Stralenbe-
scherming, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimteli-
jke Ordening en Milieubeheer, Leidschendam
- dr AWM van der Kamp
wetenschappelijk medewerker, Vakgroep Celbiologie en
Genetica, Erasmus Universiteit, Rotterdam
- dr H Pauw
stralingsadviseur, Hoofdafdeling Arbeidsbescherming,
Nederlandse Philips Bedrijven BV, Eindhoven

- dr GP van der Schans
wetenschappelijk medewerker, Medisch-Biologisch Laboratorium TNO, Rijswijk (ZH)
- prof dr D Suurmond
hoogleraar huid- en geslachtsziekten, Vakgroep Huid- en Geslachtsziekten, Rijksuniversiteit Leiden
- dr JWM Visser
wetenschappelijk medewerker, Radiobiologisch Instituut TNO, Rijswijk (ZH)
- dr JJ Vos (vanaf 24 juli 1984)
wetenschappelijk medewerker, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg
- drs B van der Werf, ambtelijk adviseur
inspecteur Kernfysische Dienst, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg
- dr WF Passchier, secretaris
Gezondheidsraad

De commissie werd administratief ondersteund door mw W van Bladel-Tactor, medewerkster van het bureau van de Gezondheidsraad.

De commissie bestudeerde de wetenschappelijke literatuur, nam kennis van elders opgestelde normen en regelingen en inventariseerde middels een enquête de op de Nederlandse markt verkrijgbare zonnelampen, zonnebanken en dergelijke apparatuur. Mede op initiatief van de commissie werd in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer onderzoek verricht naar het gebruik van deze UV-stralingsbronnen door het publiek. Ing WE de Jong, werkzaam bij de Nederlandse Philips Bedrijven BV te Drachten, was behulpzaam bij het interpreteren van de resultaten van dit onderzoek. Bij het opstellen van het advies heeft de commissie van de gegevens verkregen uit deze diverse bronnen gebruik gemaakt.

Op 27 november 1985 organiseerde de commissie een hoorzitting voor fabrikanten van UV-toestellen voor de bestraling van personen (niet-medische toepassingen). Tijdens deze bijeenkomst konden de fabrikanten de concept-aanbevelingen

voor uitvoering en gebruik van deze stralingsbronnen becommentariëren. De commissie heeft de hoorzitting als zeer nuttig ervaren. De tijdens de hoorzitting gemaakte opmerkingen waren voor de commissie aanleiding het concept-advies op onderdelen te heroverwegen. Dit leidde tot enkele aanvullingen en verduidelijkingen.

.....

.....

.....

3 **ACHTERGRONDEN**

.....

3.1 Het Gezondheidsraadadvies over micrometerstraling

In 1978 bracht de Gezondheidsraad een advies uit inzake 'de aanvaardbare niveaus voor elektromagnetische straling in het golflengtegebied tussen 100 nm en 1 mm (micrometerstraling)' (Gr78). Hierin werden onder meer aanvaardbare niveaus voor de blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling gedurende een 8-urige werkdag gegeven. Deze niveaus waren gebaseerd op het vermijden van erytheem van de huid ('zonnebrand') en hoornvliesontsteking van het oog.

Bij langdurige blootstelling aan UV straling gaat het risico van huidveroudering en van huidkanker een rol spelen. De toelaatbare blootstelling werd, onder aanname dat het actiespectrum voor deze effecten overeenkomt met dat van hoornvliesontsteking en erytheem, gesteld op 10% van de gemiddelde bestralingsdosis van de zon. Men veronderstelde dat dat een niet-significante verhoging van het natuurlijke stralingsniveau mocht worden genoemd.

In het advies over micrometerstraling (Gr78) werd geconstateerd, dat de kennis van de biologische effecten van de bestraling onvolledig was en dat op diverse plaatsen nader onderzoek daarnaar werd verricht. Daarom beval men aan het advies na een aantal jaren te evalueren. Het voorliggende rapport is als een dergelijke evaluatie en aanvulling op het eerdere advies te beschouwen, waarbij de aandacht is beperkt tot het UV deel van het stralingspectrum.

.....

3.2 Toepassingen van UV-stralingsbronnen

De blootstelling aan UV straling van de zon of een

.....

kunstmatige stralingsbron kan bedoeld of onbedoeld zijn. Voorbeelden van bedoelde bestraling zijn zonnebaden, het gebruik van zonnelampen en de bestraling van patiënten voor diagnose of therapie. Onbedoelde blootstelling kan bijvoorbeeld optreden bij het gebruik van UV-stralingsbronnen in de industrie en bij mensen met werkzaamheden buiten. In een zelfde situatie kan er sprake zijn van zowel bedoelde als onbedoelde blootstelling aan UV straling; bij een therapeutische toepassing bijvoorbeeld is de bestraling van de patiënt bedoeld, in tegenstelling tot die van het behandelend personeel.

Het Gezondheidsraadadvies uit 1978 (Gr78) richtte zich vooral op de onbedoelde blootstelling. Daarbij is het uitgangspunt dat schadelijke effecten, althans zoveel mogelijk, voorkomen dienen te worden. De laatste jaren hebben een sterk toenemend gebruik van UV-bronnen in de vorm van zonnelampen, zonnebanken e.d. door het publiek te zien gegeven. Uiteraard is het ook in deze situaties van bedoelde blootstelling van belang om de schadelijke effecten zoveel mogelijk te beperken. Er dient dan echter een afweging tegen de beoogde, positief geachte, effecten van de bestraling gemaakt te worden, wat tot een andere normstelling zou kunnen leiden. Wat dit betreft is dus een aanvulling van het vorige Gezondheidsraadrapport op zijn plaats.

Ook de technische toepassingen van UV-stralingsbronnen zijn toegenomen. Een voorbeeld is het gebruik van UV straling voor het harden van drukinkten, naast de reeds langer bestaande toepassing bij het desinfecteren van lucht. Verder is er een hernieuwde belangstelling voor het gebruik van UV-stralingsbronnen in de medische praktijk bij de behandeling van diverse huidaandoeningen. Een overzicht van situaties waarin mensen aan UV straling zijn blootgesteld, geeft tabel 1.

.....

3.3 Nieuwe wetenschappelijke gegevens

Over de biologische effecten van blootstelling aan UV straling zijn sinds 1978 veel nieuwe gegevens ter beschikking gekomen. Nederlandse onderzoekers hebben daaraan in belangrij-

.....

.....

Tabel 1 Overzicht van situaties waarin personen aan UV straling kunnen worden blootgesteld.

bestralingsdoel	aard ¹	personen ²
Blootstelling door de zon:		
. zonnebaden	B	P
. recreatie buiten	B,O	P
. buitenwerk	O	W
Blootstelling door kunstmatige bronnen:		
. kosmetisch (bruining)	B	P
idem	O	W
. medisch	B	P
idem	O	W
. foto-chemische processen	O	W
. harden van inkten e.d.	O	W
. harden vullingen in gebit	O	P,W
. sterilisering voorwerpen en lucht	O	P,W
. onderzoek (laboratoria)	O	W
. lassen	O	W
. vermaakindustrie	O	P,W
. verlichting	O	P

Toelichting:

- 1 - B = bedoelde blootstelling van personen
 O = onbedoelde blootstelling van personen
- 2 - P = willekeurige leden van de bevolking; hieronder worden ook patiënten begrepen
 W = werkers

Bij het hanteren van UV-stralingsbronnen in de werksituatie kunnen bij onvoldoende afscherming van de bronnen ook personen die niet betrokken zijn bij de desbetreffende toepassing onbedoeld bestraald worden.

.....

ke mate meegewerkt*. Daardoor is de kennis over het ontstaan van huidkanker en de dosis-effectrelatie uitgebreid. Biologisch en biochemisch onderzoek op moleculair en cellulair niveau heeft meer inzicht verschaft in de mechanismen die bij de inductie van schade door UV straling en het herstel ervan een rol spelen. Ook is meer bekend over de interactie van straling van verschillende golflengten. Alle vragen zijn nog niet opgelost, maar toch kunnen normen voor blootstelling aan UV straling met behulp van deze nieuwe kennis beter worden onderbouwd.

.....

3.4 Wettelijke regels

Het advies van de Gezondheidsraad uit 1978 heeft niet geresulteerd in een 'vertaling' van de aanbevolen ten hoogste aanvaardbare niveaus voor blootstelling in wettelijke regels. Uit de in hoofdstuk 1 afgedrukte adviesaanvraag blijkt dat dat thans, in navolging van andere landen, wel wordt overwogen. Gezien de hiervoor aangegeven ontwikkelingen is een vernieuwd advies, als wetenschappelijke basis voor regelgeving door de overheid, op zijn plaats.

.....

* Het Nederlandse onderzoek is deels gefinancierd door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

4 OPZET VAN HET ADVIES

Het aantal situaties waarin blootstelling aan UV straling kan optreden is zeer uitgebreid. De commissie beperkt zich in dit advies tot toepassingen van kunstmatig opgewekte UV straling. Blootstelling door straling van de zon wordt daarbij als referentie gebruikt. Het rapport gaat niet in op het gebruik van UV-lasers. Wel zullen de normen voor onbedoelde blootstelling aan UV straling veelal ook in die situatie toepasbaar zijn.

UV straling kan met diverse stoffen reageren, waarbij andere verbindingen kunnen ontstaan (zogenoemde fotochemische reacties). Indien deze verbindingen toxisch zijn brengt dat extra risico voor de gebruiker met zich mee. Reacties met de lasrook en met de luchtzuurstof bij het booglassen zijn een voorbeeld daarvan. De commissie volstaat met het vermelden van dit soort processen, maar beperkt zich in het advies tot de directe inwerking van UV straling op het menselijk organisme. Ook fotochemische reacties met lichaamsvreemde stoffen op of in de huid of de ogen worden niet in detail behandeld.

In het vorige hoofdstuk is melding gemaakt van een toenemend medisch gebruik van UV straling. De commissie heeft het echter niet tot haar taak gerekend over de effectiviteit daarvan te adviseren, noch om protocollen voor dat gebruik aan te bevelen. In een bijlage wordt wel een overzicht van de medische toepassingen gegeven.

Het voorliggende rapport kan gelezen worden zonder dat men behoeft terug te grijpen naar het advies uit 1978. Men treft hier een complete beschrijving aan van de achtergronden en problemen, die bij blootstelling van mensen aan UV straling aan de orde komen.

.....

Na het eerste, inleidende deel (hoofdstuk 1 - 4) vervolgt dit rapport met gegevens over de fysische eigenschappen en de biologische effecten van UV straling (deel 2, hoofdstuk 5 - 9).

In een deel 3, beginnend bij hoofdstuk 10, wordt aandacht geschonken aan het toepassen van zonnelampen voor bruining en algemene bevordering van de gezondheid. In hoofdstuk 13 worden stralingshygiënische richtlijnen voorgesteld voor die toepassing.

Toepassingen waarbij personen bij hun beroepsuitoefening of daarbuiten onbedoeld aan UV straling kunnen worden blootgesteld, komen aan de orde in het vierde deel (hoofdstuk 14 - 16). Daarbij doet de commissie aanbevelingen over de wijze waarop deze blootstelling kan worden beperkt.

In deel 5, slot, worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen van de commissie samengevat. Ook worden bepaalde onderwerpen die nader onderzoek vereisen, aangegeven. In een bijlage gaat de commissie nader in op het mechanisme van de inductie van huidcarcinomen door UV straling. Bijlage B geeft een kort overzicht van de medische toepassingen van UV straling.

Bijlage C tenslotte, geeft een populaire beschrijving van de werking van UV straling op het menselijk organisme. Die bijlage zou gebruikt kunnen worden als basismateriaal voor voorlichting over de effecten van UV straling.

.....
.....
DEEL 2 GEGEVENS EN EFFECTEN VAN UV STRALING

.....
5 Fysische eigenschappen en bronnen van UV-straling

.....
6 Effecten van UV straling op de huid

.....
7 Effecten van UV straling op het oog

.....
8 Actiespectra en drempeldoses

.....
9 Blootstelling aan UV straling van de zon

.....

.....

.....

5 FYSISCHE EIGENSCHAPPEN EN BRONNEN VAN UV STRALING

.....

5.1 Fysische eigenschappen

.....

Elektromagnetische straling

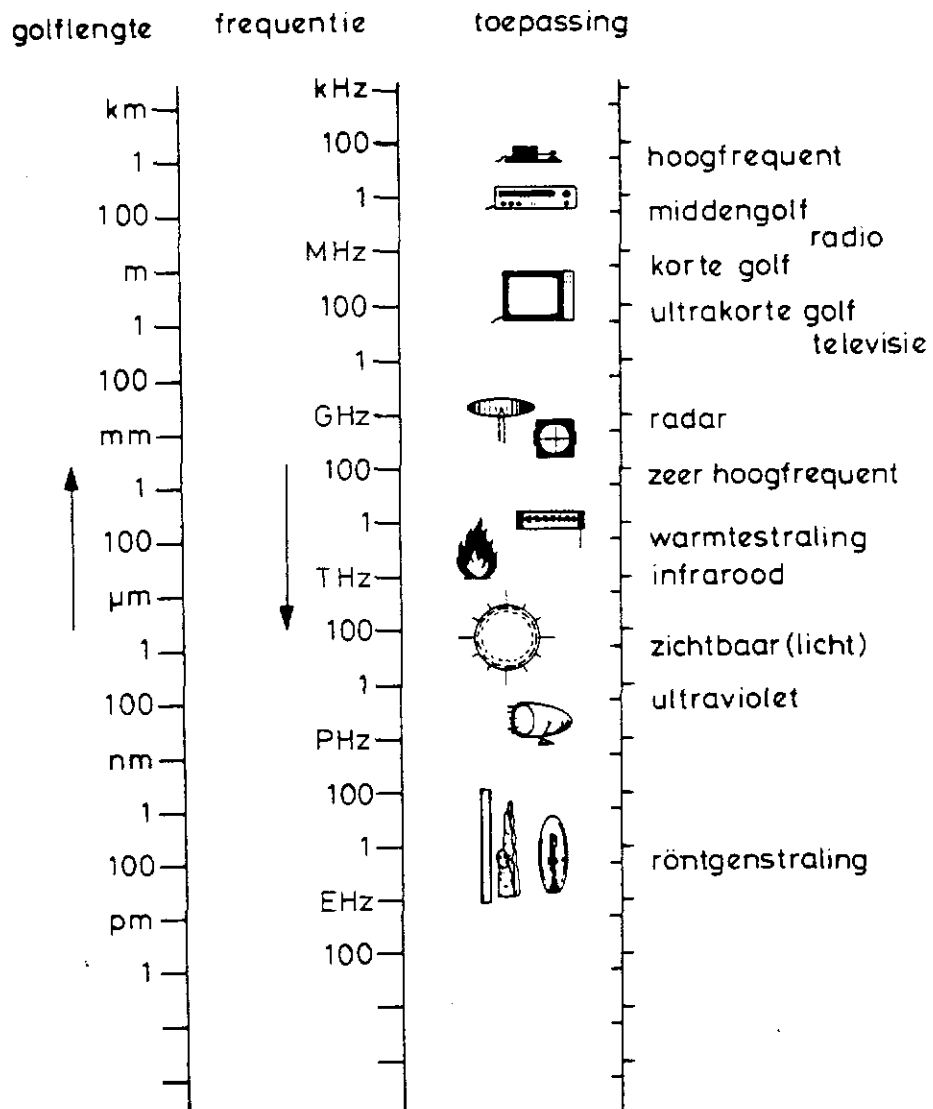
Door elektromagnetische velden kan energie worden getransporteerd; men spreekt dan van elektromagnetische straling. Voorbeelden van elektromagnetische straling zijn radar- en radiogolven, (zichtbaar) licht en röntgenstraling. Ook UV straling is een vorm van elektromagnetische straling.

Elektromagnetische straling wordt gekarakteriseerd door de frequentie (f). In plaats van de frequentie wordt ook de golflengte in het luchtledige (λ) gebruikt. Tussen beide grootheden bestaat een eenvoudig verband, namelijk:

$$f = c/\lambda,$$

waarbij $c = 3 \times 10^8$ m/s (lichtsnelheid in vacuum). De diverse vormen van elektromagnetische straling zijn naar frequentie (en golflengte) gerangschikt in figuur 1. We zien uit de figuur dat de UV straling het golflengtegebied tussen het (zichtbaar) licht en de röntgenstraling beslaat.

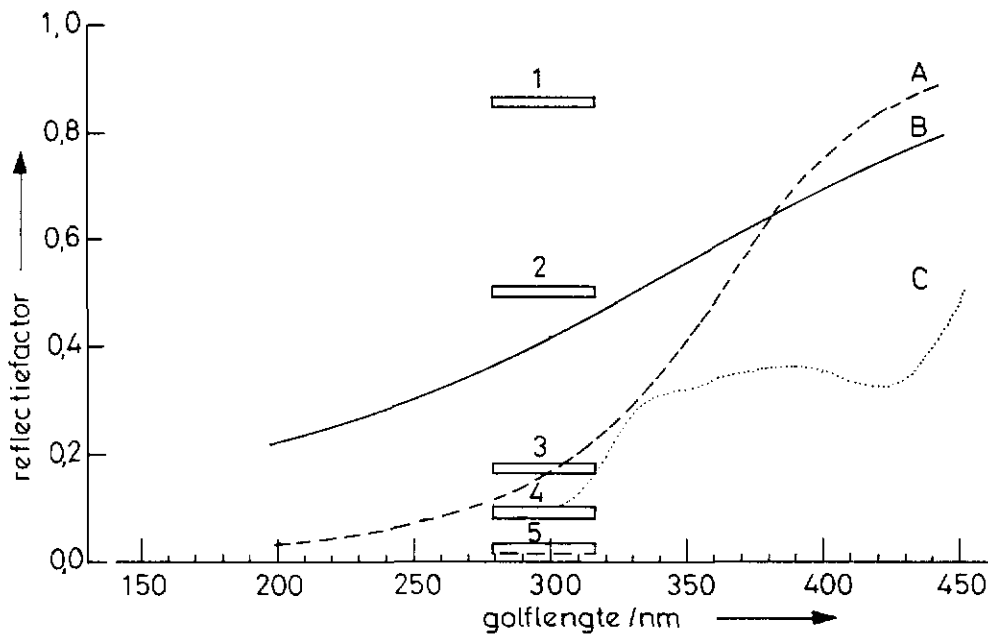
Een stralingsbron zendt in het algemeen straling van verscheidene golflengten uit. De intensiteit van de uitgezonden straling als functie van de golflengte wordt stralingspectrum genoemd. Het stralingsspectrum op een bepaalde plaats hangt af van de aard van de stralingsbron en van de absorptie en verstrooiing die de straling heeft ondergaan (bijvoorbeeld in de lucht).



Figuur 1 Elektromagnetische straling gerangschikt naar frequentie en golflengte en de bijbehorende toepassingsgebieden.

Verstrooiing, reflectie, absorptie, fluorescentie

Komt UV straling in aanraking met materie (bijvoorbeeld met de huid of het oog) dan kan zowel de voortplantingsrichting, als de intensiteit, als de golflengte van de straling veranderen. Bij verstrooiing wordt slechts de richting van de straling gewijzigd. Een speciaal geval van verstrooiing is reflectie aan oppervlakken. In figuur 2 is de reflectiefactor voor een aantal materialen gegeven. De reflectiefactor is sterk afhankelijk van de golflengte.



Figuur 2 Reflectiefactor voor loodrecht invallende UV straling als functie van de golflengte voor (A) witte olieverf (Ko85), (B) witte waterverf en behang (Ko85), (C) blanke huid (Ja55). Reflectiefactor voor UVB straling voor (1) verse sneeuw, (2) oude sneeuw, (3) helder droog duinzand, (4) helder nat zand, (5) gras en hei (ontleend aan Sl80).

.....

Bij absorptie wordt de stralingsenergie aan de materie overgedragen (geabsorbeerd). Er kunnen dan fotochemische reacties volgen, maar ook kan een deel van de stralingsenergie (direct) als elektromagnetische straling worden uitgezonden. Men spreekt dan van fluorescentie. De golflengte van de uitgezonden straling is groter dan die van de oorspronkelijke straling.

.....

Soorten UV straling

Door biologen en fysici is het UV-stralingsgebied op verscheidene manieren onderverdeeld. Een verdeling gebaseerd op verschillen in biologische effecten is die in A, B en C (CI70):

UVC: 100 nm - 280 nm;

UVB: 280 nm - 315 nm;

UVA: 315 nm - 400 nm.

In diverse publikaties worden afwijkende grenzen genoemd, hetgeen niet verwonderlijk is daar er slechts sprake is van graduele verschillen in biologische respons. De onderverdeling geeft dus een globale karakterisering van spectraalgebieden.

.....

5.2 Grootheden en eenheden

Blootstelling aan UV straling wordt beschreven door de grootheden bestralingssterkte (Engels: irradiance) en bestralingsdosis (Engels: radiant exposure) (CI70). De bestralingsdosis is de hoeveelheid door de UV straling getransporteerde energie die een bepaald (vlak) oppervlak bereikt, uitgedrukt per eenheid van oppervlakte. In het internationale systeem van eenheden (SI) wordt de bestralingsdosis uitgedrukt in J/m^2 . Het aanbevolen symbool is H^* . De bestralingssterkte geeft de verandering van de bestralingsdosis met de tijd. De SI-eenheid

.....

* Indien er kans bestaat op verwarring met symbolen voor fotometrische grootheden wordt een subscript e toegevoegd. In dit rapport kan die toevoeging achterwege blijven.

.....

is W/m^2 . Het aanbevolen symbool is E . In het geval van een gerichte bundel UV straling die onder een hoek θ met de normaal invalt op het beschouwde oppervlak, is de bestralingssterkte evenredig met $\cos \theta$.

Zowel de bestralingsdosis als de bestralingssterkte zijn over het UV-stralingsspectrum geïntegreerde grootheden. Is $E_\lambda d\lambda$ de bestralingssterkte in een zeer nauwe golflengteband $d\lambda$ bij golflengte λ , dan kan E worden geschreven als:

$$E = \int_S E_\lambda d\lambda .$$

E_λ is een spectrale dichtheidsfunctie en wordt de spectrale bestralingssterkte genoemd. Het symbool S bij het integraalteken duidt integratie over het gehele UV-spectrum aan. Eenzelfde uitdrukking kan worden geschreven voor het verband tussen de bestralingsdosis H en de spectrale bestralingsdosis H_λ .

De biologische effecten van UV straling zijn afhankelijk van de golflengte. Als maat voor deze effecten zijn zogenoemde effectieve of biologisch werkzame grootheden ingevoerd (DI79). Zo kan men een effectieve bestralingssterkte E_{eff} definiëren als:

$$E_{eff} = \int_S s(\lambda) E_\lambda d\lambda$$

en evenzo een effectieve bestralingsdosis H_{eff}

$$H_{eff} = \int_S s(\lambda) H_\lambda d\lambda .$$

De effectieve bestralingsdosis is ook gelijk aan de integraal van de effectieve bestralingssterkte over de bestralingstijd. $s(\lambda)$ wordt de relatieve spectrale werkingsfunctie of het actiespectrum genoemd. De bruikbaarheid van de effectieve grootheden hangt af van de mate waarin straling van verschillende golflengten onafhankelijk van elkaar tot het effect bijdraagt. Het actiespectrum is specifiek voor een bepaald biologisch effect.

.....

.....

5.3 UV straling van de zon

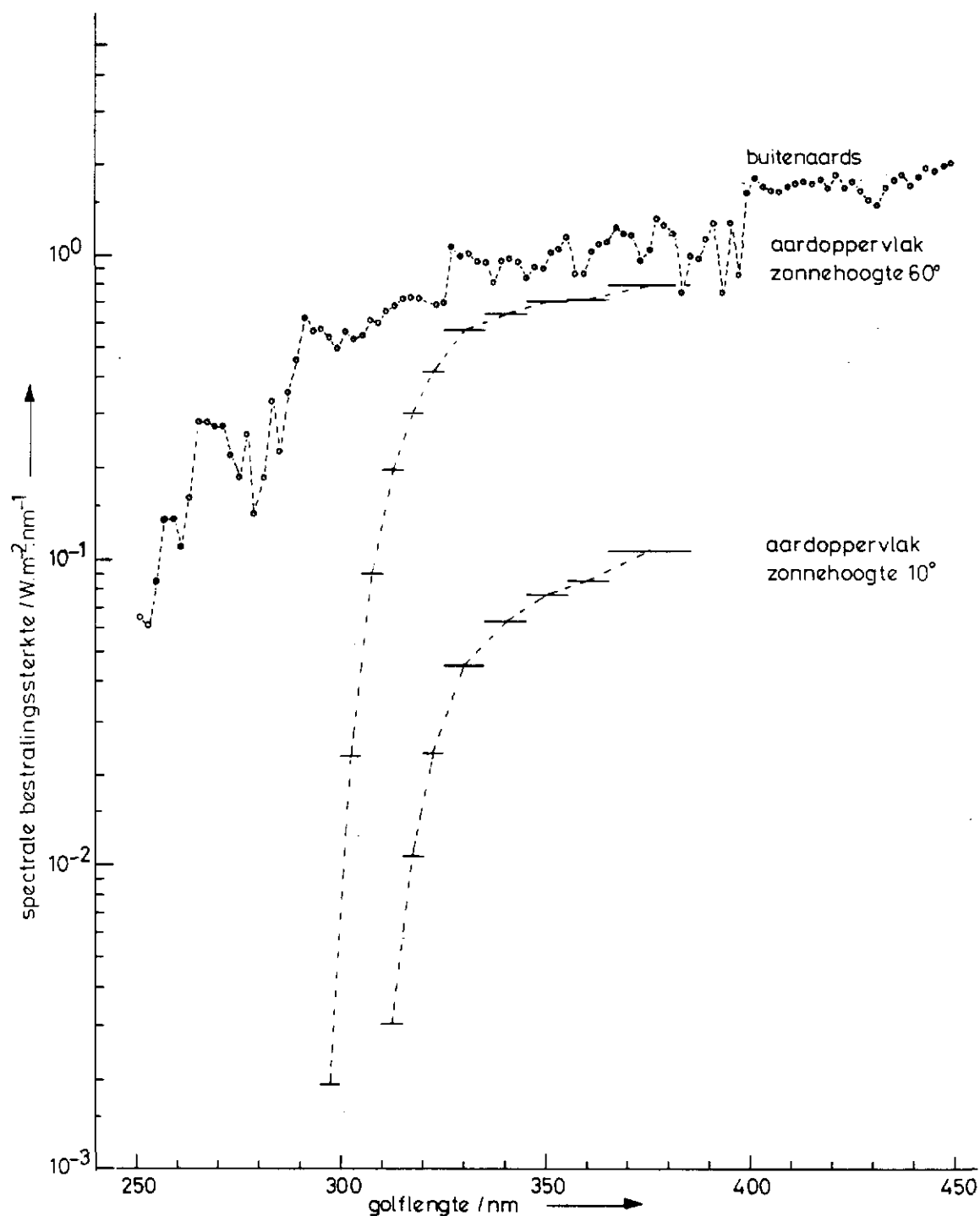
De belangrijkste bron van UV straling op aarde is de zon. Het stralingsspectrum van de zon buiten de aardse atmosfeer komt ongeveer overeen met dat van een (zwart) voorwerp met een temperatuur van 5900 K. De maximale intensiteit bevindt zich in het zichtbare deel van het spectrum bij een golflengte van ongeveer 500 nm. In de atmosfeer wordt een deel van de straling selectief geabsorbeerd; de kortgolvlige (UVB) straling wordt geabsorbeerd door ozon. Naast absorptie treedt ook verstrooiing in de atmosfeer op.

Het spectrum op het aardoppervlak verschilt dus van het spectrum buiten de atmosfeer (figuur 3). Verder verschilt het spectrum ook van plaats tot plaats op aarde en verandert het met het tijdstip van de dag en met de tijd van het jaar. Dit hangt samen met verschillen in samenstelling van de atmosfeer en de hoek waaronder de zonnestraling invalt, waardoor absorptie en verstrooiing variëren. Naast deze factoren zullen ook de mate van bewolking, de luchtverontreiniging en de reflectie door het aardoppervlak van invloed zijn op het spectrum. Binnenshuis zal het stralingsspectrum van de zon nog beïnvloed worden door absorptie (en reflectie) door het glas van de ramen. Voorbeelden van het stralingsspectrum van de zon op het aardoppervlak zijn gegeven in figuur 3.

.....

5.4 Overzicht van kunstmatige UV-bronnen

Voor praktisch alle kunstmatige bronnen van UV straling geldt dat straling van verschillende golflengten wordt uitgezonden verdeeld over een breed spectraal gebied. Veelal strekt het stralingsspectrum zich tot het zichtbare en infrarode spectraal gebied uit. Er worden wel filters gebruikt om de voor een bepaalde toepassing minder gewenste delen van het stralingsspectrum te verwijderen.

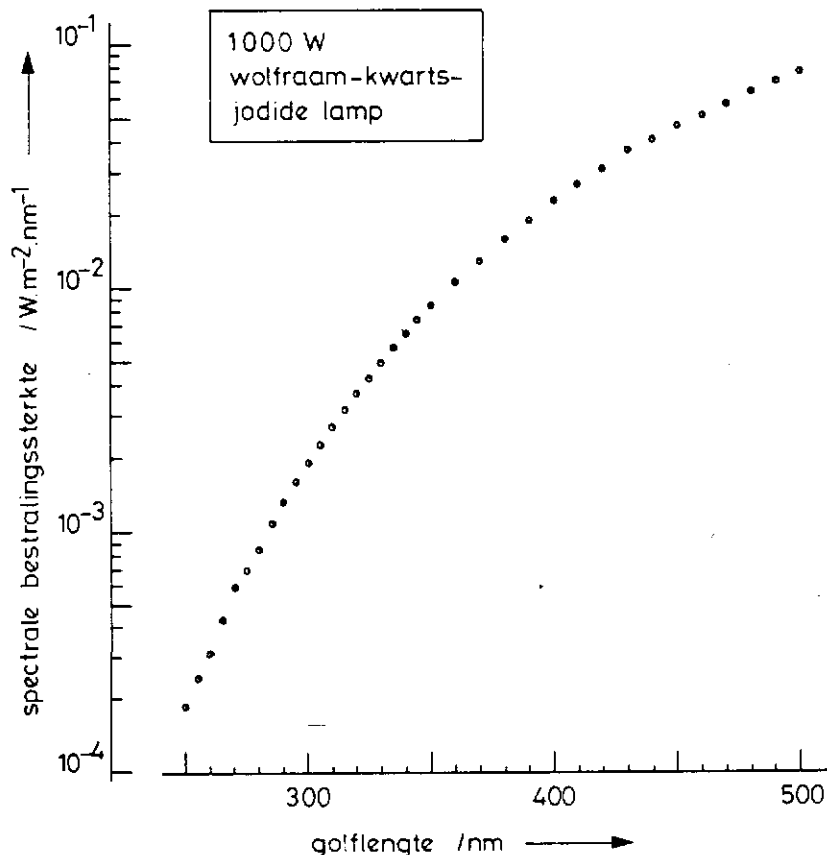


Figuur 3 Bestralingssterkte van de zon buiten de atmosfeer en op het aardoppervlak. Voor het laatste geval zijn de spectra gegeven voor een zonnehoogte van 60° en van 10° , ruwweg overeenkomend met het middaguur van een heldere dag eind juni, resp. een heldere dag eind december (De83, Gr80).

De kunstmatige UV-bronnen kunnen in drie groepen worden ingedeeld, te weten:

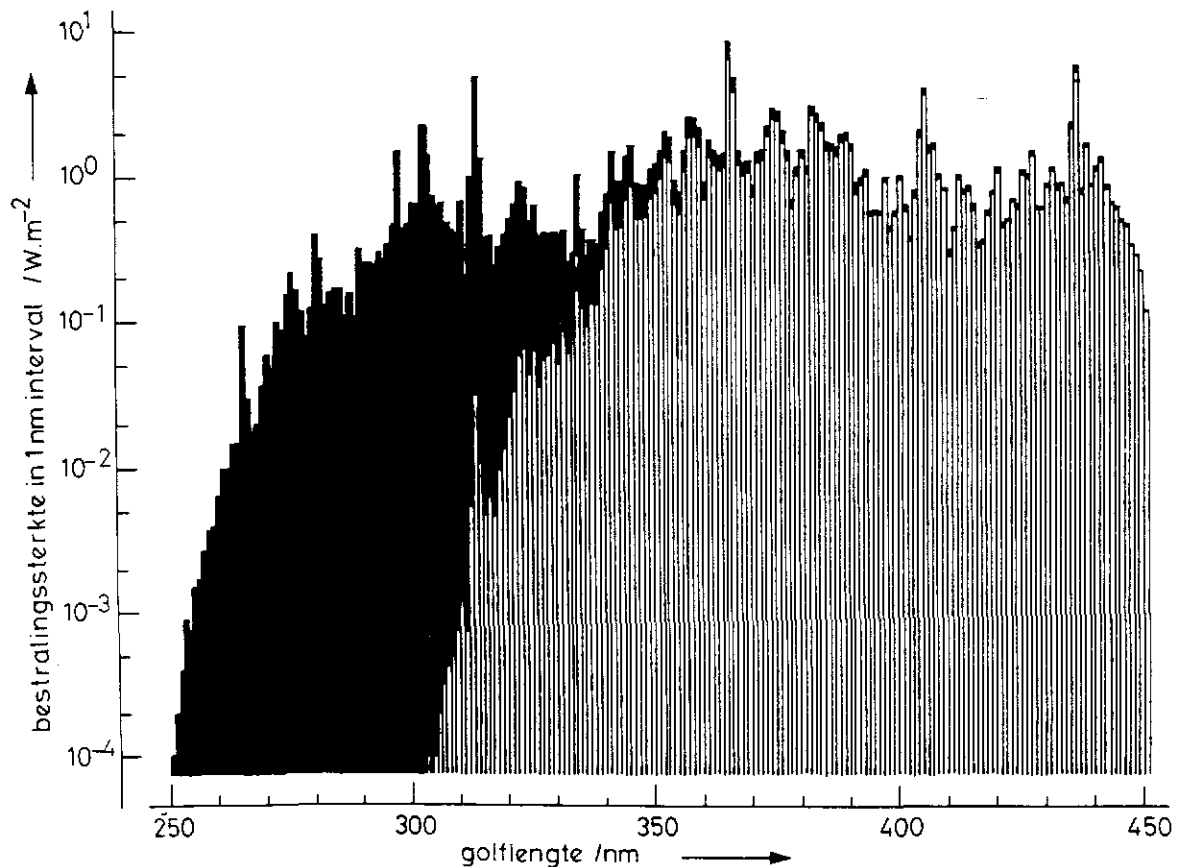
- gloeilampen;
- gasontladingslampen;
- speciale bronnen.

In gloeilampen wordt elektromagnetische straling opgewekt door het verhitten van materiaal, meestal in de vorm van een gloeidraad. Het uitgezonden spectrum heeft een continu karakter. Een voorbeeld van een gloeilamp met een relatief belangrijke emissie in het UV spectraal gebied is gegeven in figuur 4.



Figuur 4 UV spectrum van een wolfram-kwarts-jodide gloeilamp. De wolfram-gloeidraad bevindt zich binnen een kwartsomhulling gevuld met jodiumgas. Deze lamp heeft een relatief hoge emissie van UV straling onder meer vanwege de doorlaatbaarheid van kwartsglas. De gegevens zijn ontleend aan S180.

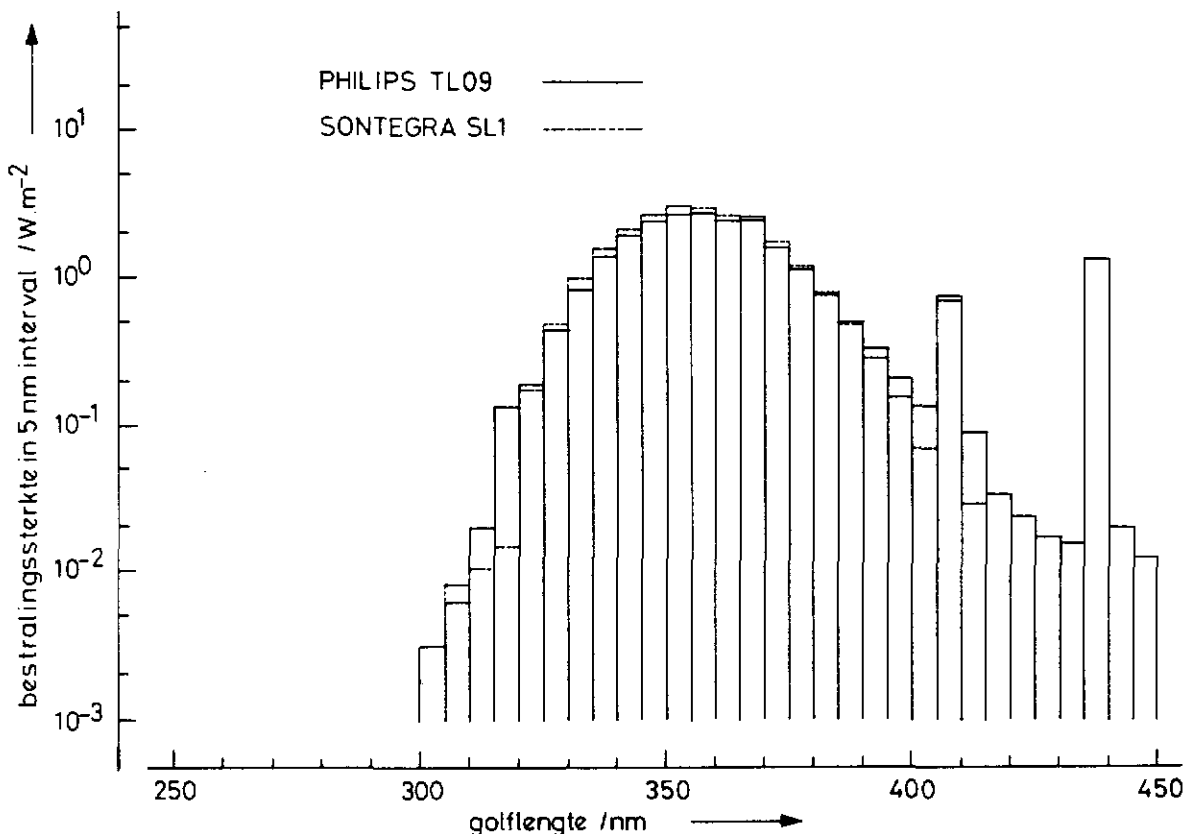
Bij de gasontladingslampen wordt de straling opgewekt door een elektrische ontlading in een gas. Indien het gas onder lage druk aanwezig is dan bestaat het spectrum uit een aantal voor het desbetreffende gas karakteristieke lijnen. Bij toenemende druk van het gas krijgt het spectrum een meer continu karakter. Het spectrum van een UV-bron zal ook worden beïnvloed door de absorptie in de omhulling van de bron. Een voorbeeld ziet men in figuur 5.



Figuur 5 Spectrum van een metaalhalogenide-gasontladingslamp. De lamp bevat kwik en enkele metaalhalogenides in een kwartsomhulling. De druk van het gas is zo hoog dat het spectrum een enigszins continu karakter heeft. De lamp zelf heeft een belangrijke emissie in het UVC en UVB spectraal gebied. Bij gebruik in bijvoorbeeld gelaatsbruiners worden met behulp van een filter deze componenten (zwart in de figuur) uit het stralingsspectrum verwijderd. Gegevens verstrekt door Philips.

Een bijzonder geval van verandering van het spectrum door de omhulling is de fluorescentielamp. De in kwikdamp opgewekte UV straling wordt door een aan de binnenzijde van de omhulling aangebrachte fluorescerende stof omgezet in een continu spectrum met grotere golflengten. Zie figuur 6.

De overige stralingsbronnen behoren tot de groep speciale bronnen. Voorbeelden zijn lasbogen, die aanzienlijke hoeveelheden straling in het UVB en het UVC gebied kunnen uitzenden, en UV-lasers.



Figuur 6 Spectra van UV fluorescentielampen. De omhulling bevat kwikdamp met een lage druk. De hierin opgewekte straling (bij 254 nm) doet in de fosfor fluorescentiestraling ontstaan. De bestralingssterkte in het UVB spectraal gebied is minder dan 0,5% van die in het UVA spectraal gebied. Deze lampen worden in zonnebanken en zonnehemels gebruikt, maar ook in de medische praktijk (PUVA-therapie). Gegevens verstrekt door Philips en door Schotten.

.....

UV-stralingsbronnen voor bruining zijn in het algemeen fluorescentiebuizen of hogedruk-kwikhalogenide-lampen voorzien van filters teneinde de UVC straling en (een deel van) de UVB straling te verwijderen. De fluorescerende stoffen en filters zijn zo gekozen dat het spectrum een door de fabrikant gewenst geachte hoeveelheid UVB straling bevat naast UVA straling. Voorbeelden zijn gegeven in de figuren 5 en 6. In het bijzonder in Europa is de laatste jaren een tendens te constateren naar een gebruik van bronnen die een steeds geringere fractie UVB straling uitzenden.

Voor sterilisatiedoeleinden gebruikt men vooral een gasontladingslamp gevuld met kwikdamp onder lage druk, die een sterke emissie bij 254 nm vertoont. Bij diverse technische toepassingen treft men meestal gasontladingslampen met emissie in het UVB en UVA spectraal gebied. 'Zwart licht' lampen zijn fluorescentiebuizen met een emissie in het UVA spectraal gebied en worden gebruikt om via fluorescentie allerlei lichteffecten teweeg te brengen.

Ook stralingsbronnen voor verlichtingsdoeleinden, zoals gloeilampen en fluorescentiebuizen, zenden een zekere hoeveelheid UV straling uit. Bij normaal gebruik geeft deze UV straling meestal geen aanleiding tot waarneembare biologische effecten. Bij bronnen met een hoge intensiteit of bij gasontladingslampen waarvan de buitenste omhulling beschadigd is geraakt, zijn acute effecten niet uitgesloten.

.....

.....

.....

6 EFFECTEN VAN UV STRALING OP DE HUID

.....

6.1 Overzicht

In biologische weefsels wordt UV straling veelal in lagen met een dikte van minder dan 1 mm vrijwel volledig geabsorbeerd. De effecten van UV straling op de mens verlopen daarom via wisselwerking met de huid en met het oog. In dit hoofdstuk worden de effecten op en via de huid besproken. Deze paragraaf geeft ter introductie een overzicht.

De effecten van UV straling kunnen thermisch of fotochemisch van aard zijn. In het eerste geval gaat het om een verhoging van de temperatuur van het (huid)weefsel door absorptie van de stralingsenergie. Bestralingssterkten van 1 kW/m² geven een merkbare warmtesensatie (S180). Verbranding van de huid zal pas bij hogere bestralingssterkten optreden. In dit hoofdstuk wordt de aandacht verder beperkt tot fotochemische effecten. Daarbij wordt het effect veroorzaakt door een chemische omzetting van bepaalde verbindingen in de huid na absorptie van stralingsenergie.

De inwerking van UV straling op de huid speelt een belangrijke rol bij de vorming van vitamine-D in het lichaam; deze stof is nodig voor de botvorming. Andere in de literatuur gemelde gezondheidbevorderende invloeden van UV straling, zoals een vermindering van griep en verkoudheden en een verhoging van het prestatievermogen, zijn wetenschappelijk minder goed onderzocht. Of daarbij bestraling door de zon of een kunstmatige lichtbron een rol speelt, is niet goed bekend.

In de huid wekt UV straling ook reacties op die de invloed van de straling op de huid beperken. Door de verdikking van de huid kan de straling minder ver in de levende huid

doordringen. Daarnaast is er het verschijnsel van pigmentvorming (bruining), waardoor er een grotere absorptie van UV straling in de opperhuid optreedt.

Erytheem of zonnebrand is een schadelijk effect van UV straling waarmee vrijwel ieder te maken heeft gehad. Dit effect manifesteert zich korte tijd na de blootstelling bij overschrijding van een bepaalde bestralingsdosis. Die drempelwaarde is afhankelijk van het huidtype.

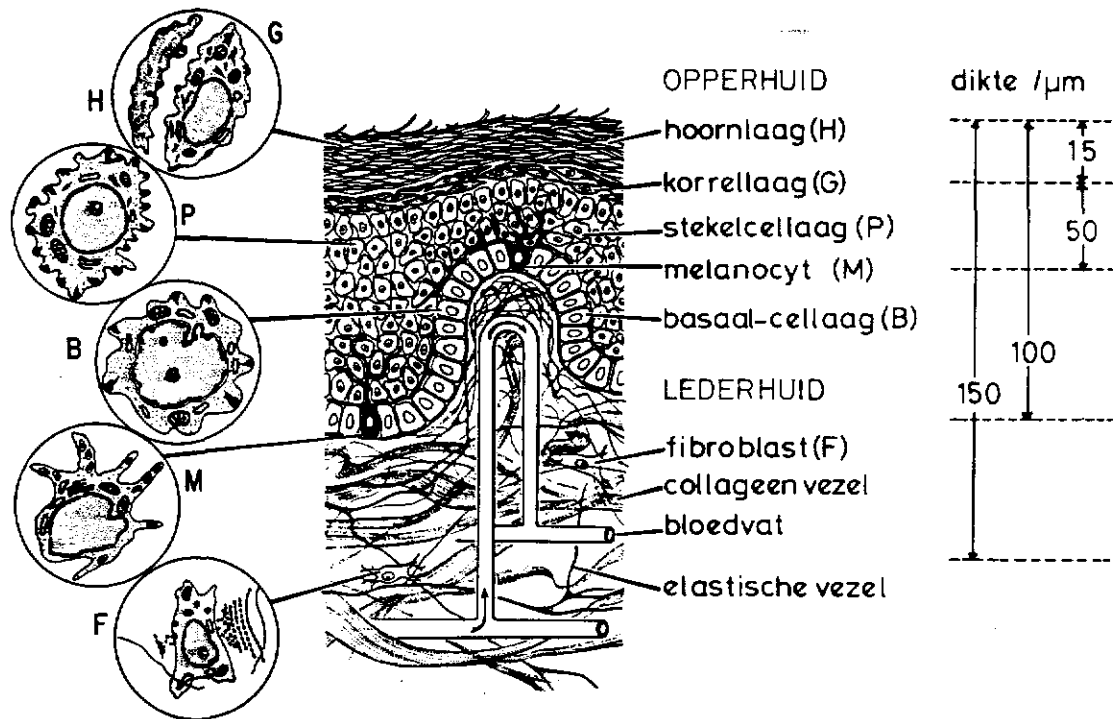
UV straling is voorts de belangrijkste factor bij het ontstaan van huidcarcinomen. Tussen de inwerking van de straling op de huid en het optreden van de huidkanker verloopt een geruime tijd (veelal tientallen jaren). Gegevens over het optreden van huidcarcinomen zijn voornamelijk ontleend aan dierproeven en aan epidemiologisch onderzoek naar de relatie met bestraling door de zon. Ook bij het ontstaan van melanomen (kwaadaardige tumoren van de pigmentcellen) speelt zonnestraling vermoedelijk een rol, zij het op een andere en meer gecompliceerde wijze dan bij het ontstaan van andere vormen van huidkanker.

6.2 De huid

6.2.1 De opbouw van de huid

Een schematische doorsnede van de huid is gegeven in figuur 7. De levende cellen van de epidermis of opperhuid worden van de buitenwereld afgeschermd door een laag afgestorven, verhoornde cellen, het stratum corneum of hoornlaag. De hoornlaag vormt onder meer een optische barrière voor de op de huid vallende UV straling. De opperhuid bestaat voornamelijk uit keratine ('hoorn') vormende cellen, de keratinocyten of stekelcellen, die door celdeling in de basale laag in ongeveer drie weken opschuiven naar de hoornlaag.

In de basale laag bevinden zich ook de zogenoemde melanocyten. Deze cellen vormen melanine en geven deze kleurstof door aan de stekelcellen. Onder invloed van UV straling neemt de vorming van melanine toe. De constitutionele huidskleur van de mens wordt bepaald door de grootte, het aantal en de ver-



Figuur 7 Schematische doorsnede van de menselijke huid met de voornaamste celtypen in opperhuid (epidermis) en lederhuid (dermis). De verhoornde cellen (H) slijten voortdurend van de huid af. In de korrellaag is het verhoorningsproces van de stekelcellen voltooid (G). De onderling verbonden stekelcellen of keratinocyten (P) worden gevormd door celdelingen in de basale laag (B). In die laag bevinden zich ook de melanocyten (M). De opper- en lederhuid zijn gescheiden door een membraan. In de lederhuid zijn de door de bindweefselcellen of fibroblasten (F) gevormde vezels te zien. De bloedvoorziening in de lederhuid bestaat uit sterk vertakte capillaire vaatjes. Vrij naar Gi76.

.....

deling van de pigmentkorrels. Blootstelling aan zonnestraling of andere omgevingsfactoren spelen daarbij geen rol. De facultatieve huidskleur of 'bruining' wordt veroorzaakt door een toename van kleurstof in de huid boven het erfelijk bepaalde, constitutionele niveau.

Onder de basale laag bevindt zich de dermis of lederhuid, die voor het grootste deel uit bindweefselvezels bestaat. Deze vezels zorgen voor de stevigheid en de elasticiteit van de huid. In de lederhuid bevinden zich tevens bloedvaten, lymfevaten, zenuwen, talg- en zweetklieren.

.....

6.2.2 Typering van de huid

De invloed van UV straling op de huid en op het organisme is onder meer afhankelijk van de structuur van de huid. Typering vindt veelal plaats op basis van de mate van pigmentvorming en de gevoeligheid voor het optreden van erytheem onder invloed van straling van de zon. Een veel gebruikte typering is gegeven in tabel 2 (Cr81). Hoewel er een zekere relatie tussen uiterlijke huidkenmerken en deze huidtypering is, is het niet mogelijk om het huidtype uitsluitend aan de hand van deze kenmerken vast te stellen.

Andere methoden om in verband met het onderzoek naar de effecten van UV straling de huid te typeren maken gebruik van de oppervlaktestructuur van de huid (Ho84a).

.....

6.2.3 Optische eigenschappen van de huid

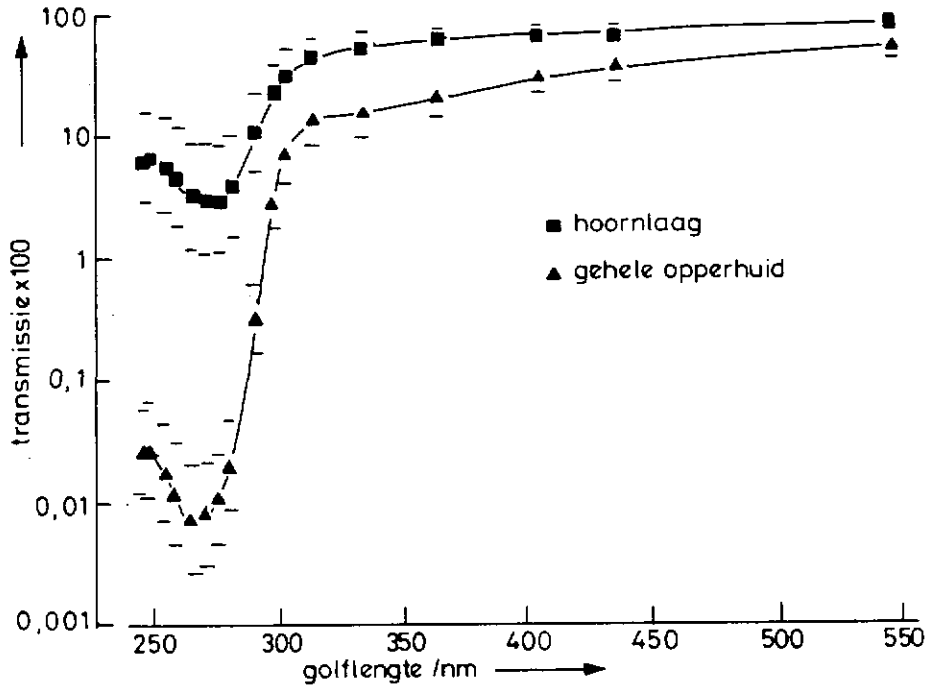
De reflectie van UV straling aan het huidoppervlak en de absorptie en verstrooiing van de straling in de huid worden bepaald door de structuur en samenstelling van de huid en door de golflengte van de straling. Door deze processen neemt de penetratie van UV straling in de huid als functie van de diepte op een van de golflengte afhankelijke wijze af. Deze afhankelijkheid is voor de hoornlaag en voor de opperhuid in zijn geheel weergegeven in figuur 8 (Br82). Een schematisch beeld van de doordringing van UV straling in de huid geeft figuur 9. Het verschil in penetratie is van invloed op de biologische effecten, daar de wisselwerking tussen de UV straling en de

.....

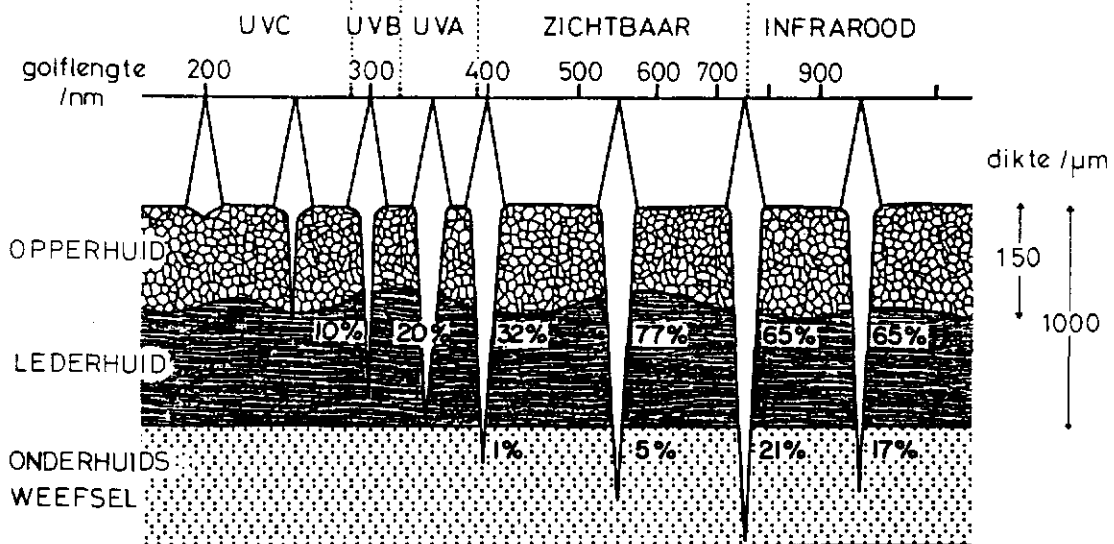
.....

Tabel 2 Typering van de huid op basis van de gevoeligheid voor de vorming van erytheem en van pigment onder invloed van UV straling (Cr81).

Huid-type	Beschrijving effect bij blootstelling aan de zon (op grond van anamnese en inspectie van de huid)	Voorbeelden van bevolkingsgroepen waarbij een bepaald huidtype veel voorkomt
I	Altijd zonnebrand, nooit bruining	Roodharige, sproetige personen van Keltische (Iers-Schotse) afkomst
II	Altijd zonnebrand, minimale bruining	Blanken met een lichte huid, blond haar en blauwe ogen
III	Matige zonnebrand, geleidelijke bruining (tot lichtbruin)	Blanken met een wat donkerder huid
IV	Minimale zonnebrand, goede bruining (tot matig bruin)	Blanken van Mediterrane afkomst
V	Zelden zonnebrand, snelle bruining (tot donkerbruin)	Personen afkomstig uit het Midden-Oosten, sommige Latijns-Amerikaanse en Indo-Europese typen
VI	Nooit zonnebrand, donkere huidskleur	Personen met zwarte huid



Figuur 8 Transmissie van de hoornlaag en de opperhuid als geheel voor blanken (Br82). De streepjes bij de meetpunten geven de spreiding van de experimentele resultaten weer.



Figuur 9 Transmissie van elektromagnetische straling door de diverse lagen van de huid. Merk op dat een aanzienlijke hoeveelheid UV straling tot de lederhuid doordringt en dat straling met grotere golflengten het onderhuidse weefsel bereikt. Vrij naar Gi76 en Pa78.

.....
huid op verschillende diepten in de huid met andere verbindingen plaatsvindt.

.....
6.3 Gezondheidsbevorderende effecten

Bij de gezondheidbevorderende effecten verdient de produktie van vitamine-D₃ in de huid onder invloed van UV straling aparte aandacht. Dat effect is namelijk goed gedocumenteerd. Andere positieve effecten van UV straling op de gezondheid zijn niet goed wetenschappelijk vastgesteld.

.....
6.3.1 Vorming van vitamine-D

Het zogenoemde vitamine-D is eigenlijk geen echt vitamine, daar het in het lichaam gesynthetiseerd kan worden. De actieve metabolieten van vitamine-D spelen een belangrijke rol bij de calcium- en fosfaatstofwisseling. Een tekort aan vitamine-D geeft problemen bij de botvorming; rachitis of 'Engelse ziekte' bij kinderen is daar een gevolg van. Bij volwassenen is een gebrek aan vitamine-D als factor genoemd bij osteoporose (ontkalking van het bot).

In de huid, voornamelijk in de opperhuid, wordt onder invloed van UV straling uit de verbinding 7-dehydrocholesterol (pro-vitamine-D genoemd) het pre-vitamine-D₃ gevormd. Daaruit ontstaat, afhankelijk van de temperatuur, vitamine-D₃. Omzetting van deze verbinding in de lever en de nier leidt tot de actieve metaboliet 1,25-dihydroxy-vitamine-D₃. Figuur 10 geeft een schematisch beeld van deze processen. Het met de voeding opgenomen vitamine-D wordt op dezelfde wijze in lever en nier omgezet.

Door fotochemische reacties van het pre-vitamine-D met UV straling kunnen andere, niet actieve, verbindingen worden gevormd. Deze concurrerende reacties zijn vermoedelijk te beschouwen als onderdeel van een fotoregulering van de concentratie van pre-vitamine-D in de lichaamsvloeistoffen (Sl85).

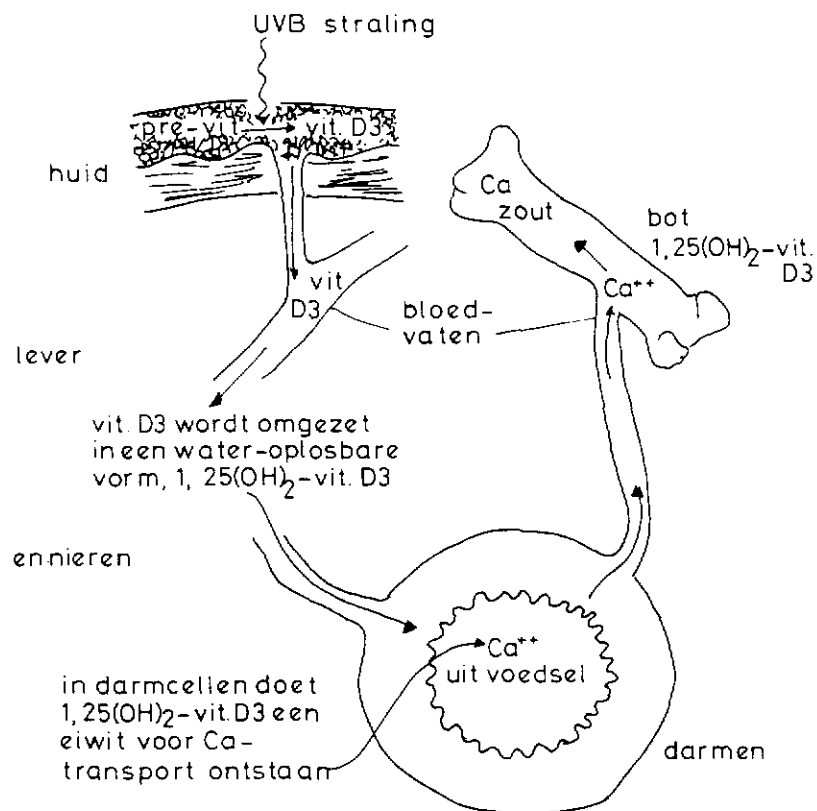
Het actiespectrum voor de vorming van vitamine-D₃ in de huid is niet goed bekend. Uit een vergelijking van de literatuurgegevens over onderzoek bij ratten en bij menselijke cellen in vitro concluderen Slaper en Van der Leun (Sl85) dat

.....

het actiespectrum op dat van erytheem lijkt. Dit houdt in dat in het bijzonder UVB straling effectief is. Bij de fotoregulering van de vitamine-D concentratie speelt de langgolvlige UV straling (UVA) een speciale rol. De maximale hoeveelheid provitamine-D die in de huid in pre-vitamine-D wordt omgezet is bij een UV-stralingsspectrum dat is beperkt tot een smalle band bij 295 tot 300 nm veel groter dan bij een spectrum gelijkend op dat van zonnestraling (Ma82).

Over de produktie van vitamine-D in de huid zijn weinig kwantitatieve gegevens beschikbaar. De hoeveelheid UV straling nodig om voldoende vitamine-D te vormen kan dan ook

.....



Figuur 10 Schematisch beeld van de vorming en de omzetting van vitamine-D in het lichaam. Vrij naar Gi76.

.....

slechts worden geschat. Slaper en Van der Leun (Sl85) concluderen tot een erytheem-effectieve bestralingsdosis* van 12 kJ/m² gespreid over een jaar met een onzekerheid van 50% naar beide zijden. Deze waarde geldt voor een blanke in ons land met een 'gewone' (type III) huid. Voor mensen met een van nature gepigmenteerde huid ligt in verband met de absorptie van de UV straling door het pigment de benodigde bestralingsdosis vermoedelijk een factor 4 hoger.

.....

6.3.2 Overige effecten

In de afgelopen 50 jaar is in diverse publikaties melding gemaakt van gunstige fysiologische, biochemische en ook psychologische effecten door inwerking van UV straling op het menselijk organisme. In sommige van de studies wordt een verband gelegd met de produktie van vitamine-D. Een voorbeeld daarvan is het onderzoek van Ronge, waarbij schoolkinderen met UV-bronnen werden bestraald (Ro48). De geringe verbetering van de fysieke toestand bij de bestraalde kinderen werd in een later Scandinavisch onderzoek niet bevestigd (Be63). Hieruit blijkt dat, indien de blootstelling aan UV straling al enig effect heeft op het lichamelijk functioneren, het slechts één van de vele factoren is die een rol spelen.

Veel onderzoeken die een verbetering van de lichamelijke en geestelijke prestaties (o.a. Gre82) of van de lichamelijke weerstand tegen infecties (Be75) door UV straling aangeven, vertonen methodologische tekortkomingen, of zijn onvoldoende gedocumenteerd om een oordeel te kunnen vormen over het gemelde resultaat.

.....

6.4 Bescherming tegen UV straling

UV straling brengt in de huid twee soorten beschermende effecten tegen de inwerking van de straling op de huid teweeg, namelijk verdikking van in het bijzonder de opperhuid en een toeneming van de pigmentatie (bruining). Het eerste effect is het belangrijkste. Bij de pigmentatie zal ook het ver-

.....

* Dit begrip wordt in paragraaf 6.6 nader toegelicht.

.....

schijnsel van de zogenoemde directe pigmentatie worden besproken waarvan de functie onduidelijk is.

.....

6.4.1 Verdikking van de huid

Bij blootstelling van de huid aan UVB straling wordt in eerste instantie het aantal celdelingen onderdrukt. Na enkele uren is de cellulaire activiteit weer normaal, waarna een periode van verhoogde celdeling volgt. Deze verhoogde activiteit duurt enkele dagen tot ongeveer een week. Daardoor verdikt zowel het dode als het levende deel van de opperhuid. Die verdikking vermindert de penetratie van UV straling in de huid en geeft dus een verhoogde bescherming van de dieper gelegen cellagen tegen de schadelijke effecten van UV straling. Bij het uitblijven van verdere bestraling verdwijnt de huidverdikking weer in enkele maanden.

Een eenmalige blootstelling van de huid aan UVB straling blijkt de hoornlaag een factor 1,5 tot 3 te kunnen verdikken. Bij herhaalde bestraling kan dit effect nog een factor 2 toenemen (zie het overzicht in Sl85). Door de verdikking kan de transmissie van de hoornlaag wel met een factor 10 afnemen. De mate van verdikking als functie van de golflengte van de UV straling is niet goed bekend. Uit waarnemingen bij mensen blijkt dat vooral UVB effectief is en UVA straling veel minder (Ka78). Huidverdikking treedt op bij alle huidtypen.

.....

6.4.2 Pigmentatie

Pigmentatie van de huid ontstaat zowel door migratie van pigment vanuit de basale laag naar meer aan de huidoppervlakte gelegen cellagen, als door een toeneming van de hoeveelheid pigment. Absorptie in de huid van UV straling speelt daarbij een initiërende rol. Men neemt aan dat een herhaalde blootstelling aan UV straling ook een toeneming van het aantal melanocyten tot gevolg heeft. Ook hormonen kunnen de facultatieve huidskleur beïnvloeden.

Bij de verkleuring van de huid onder invloed van UV straling kunnen we de directe en de vertraagde pigmentatie onderscheiden. Het eerste effect wordt binnen enkele minuten

.....

blootstelling aan bijvoorbeeld zonlicht zichtbaar. De vertraagde pigmentatie of bruining treedt pas na enkele dagen aan het licht.

.....

Directe pigmentatie

De directe pigmentatie begint 5 tot 10 minuten na de blootstelling en neemt toe gedurende het daaropvolgende uur. De donkere kleur (veelal grijsbruin) blijft gedurende enkele dagen na de bestraling aanwezig. De directe pigmentatie is het best waarneembaar bij personen met een van nature donkere huid; bij mensen met een blanke huid is het verschijnsel niet altijd even duidelijk.

Deze pigmentverdonkering kan worden veroorzaakt door straling met golflengten tussen 320 en 700 nm en is het sterkst bij blootstelling aan straling met golflengten tussen 380 en 500 nm. Directe pigmentatie treedt op bij een (UVA) bestralingsdosis van meer dan ongeveer 40 kJ/m^2 (Ka79). De ontstaanswijze van de directe pigmentatie is niet opgehelderd. Veelal denkt men aan een foto-oxidatie van het reeds aanwezige melanine en een herverdeling van het pigment (Pa69, Pa78). Onlangs is daaraan echter weer getwijfeld (Hö84).

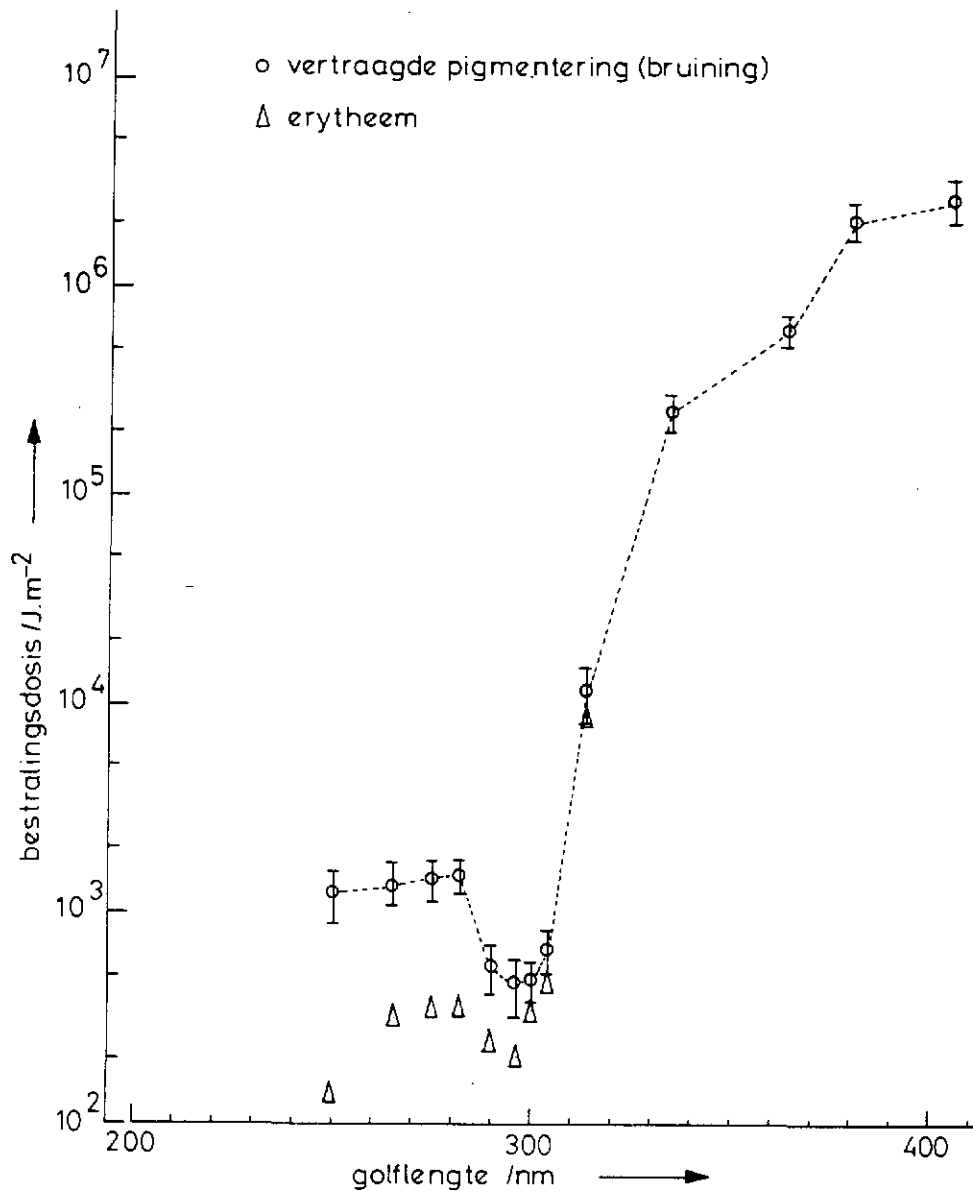
In hoeverre directe pigmentatie beschermt tegen de schadelijke effecten van UV straling op lange termijn is niet duidelijk. Er is gemeld dat geen reductie van de gevoeligheid voor erythemvorming werd waargenomen (Sp78).

.....

Vertraagde pigmentatie (bruining)

Bij dit verschijnsel, ook wel 'echte melanogenese' genoemd, vindt een toeneming van de produktie van melanine plaats. Ongeveer 3 dagen na de blootstelling aan UV straling wordt de bruining van de huid zichtbaar.

De voor bruining minimaal benodigde bestralingsdosis, als gemeten bij blanke proefpersonen, is als functie van de golflengte uitgezet in figuur 11 (Pa82). UVC en UVB straling blijken reeds bij waarden tussen 0,5 en 2 kJ/m^2 bruining te bewerkstelligen, terwijl de benodigde bestralingsdoses voor UVA straling een factor 1000 groter zijn. Bij een herhaalde



Figuur 11 Bestralingsdosis minimaal benodigd voor vertraagde pigmentatie (bruining) van de huid van blanke proefpersonen als functie van de golflengte (Pa82). Bij elk meetpunt is de spreiding (± 1 standaarddeviatie) aangegeven. De driehoekjes geven de bestralingsdosis minimaal benodigd voor het waarnemen van erytheem na 8 h. In het UVA spectraal gebied zijn deze waarden niet getekend, daar deze nagenoeg met de bestralingsdoses voor pigmentering samenvallen. De minimale bestralingsdoses voor erytheem na 24 h blijken in het UVA spectraal gebied groter te zijn dan bestralingsdoses voor pigmentering.

.....

blootstelling blijkt de drempelwaarde van de bestralingsdosis voor bruining af te nemen. Vergeleken met de vorming van erytheem is in het UVB spectraal gebied de drempelwaarde van de bestralingsdosis voor bruining hoger; in het UVA spectraal gebied is dat juist andersom.

De door UVC straling geïnduceerde bruining wordt ongeveer één dag na de bestraling zichtbaar, is in het algemeen zwak en verdwijnt binnen enkele dagen tot twee weken. Het bruiningseffect van UVB en UVA straling is het duidelijkst na 3 tot 4 dagen. De bruining is hier dieper van kleur en kan enkele weken tot maanden zichtbaar blijven.

De beschermende werking van de bruining hangt samen met de vermindering van de penetratie van UV straling tot de dieper gelegen cellagen van levende stekelcellen of tot de bloedvaten in de lederhuid. Bij blootstelling aan UVB straling gaat de pigmentatie gepaard met huidverdikking. Dit laatste verschijnsel heeft echter een veel groter beschermend effect. Men heeft gemeten dat door UVA straling geïnduceerde bruining een bescherming van een factor 2 tot 5 kan bieden tegen erytheemvorming door UVB straling (Ka78, Ro82).

.....

6.5 Veranderingen van huidcellen

Inwerking van UV straling op de huid blijkt beschadiging van de huidcellen te veroorzaken. Een specifiek verschijnsel is de vorming van de zogenoemde zonnebrandcellen. Deze cellen komen verspreid in de buitenste lagen van de opperhuid voor. Karakteristiek voor deze cellen is een glazige homogene celvloeistof en een gedegenererde (pyknotische) kern. De verhoornde stekelcellen vertonen gelijksoortige kenmerken. Vandaar dat het verschijnsel wordt gezien als individuele celdood.

De veranderingen van de huidcellen in de opperhuid worden met name veroorzaakt door UVC en UVB straling. Ook indien de bestralingsdosis wordt gewogen met het actiespectrum voor erytheem (zie paragraaf 6.6) is het effect van UVA straling relatief beperkt. De effecten van UVA straling doen zich daarentegen relatief sterk gelden in de lederhuid. De vorming

.....

van zonnebrandcellen wordt wel gebruikt als een maat voor het schadelijk effect van UVB straling, onder meer bij het onderzoek naar de effectiviteit van anti-zonnebrandmiddelen.

.....

6.6 Erytheem

.....

6.6.1 Ontstaanswijze

Indien de UV-bestralingdosis een bepaalde drempelwaarde overschrijdt, wordt de huid na een latentieperiode van enkele uren rood. Dit verschijnsel, erytheem ('zonnebrand') genoemd, blijft beperkt tot de bestraalde gebieden van de huid en wordt veroorzaakt door een verwijding van de huidbloedvaten, hetgeen de bloedinhoud van de huid doet toenemen. In het algemeen verdwijnt het erytheem binnen enkele dagen tot weken (in geval van hoge bestralingsdoses). Het erytheem kan gepaard gaan met irritatie van de huid en een pijnlijk brandend gevoel en kan gevolgd worden door blaarvorming en vervelling.

Men neemt aan dat, in elk geval bij blootstelling aan UVB straling, er eerst een fotochemische reactie plaatsvindt in de opperhuid. Absorptie van de straling in de stekelcellen kan vervolgens leiden tot het vrijkomen van stoffen, die tussen de cellen diffunderen naar de lederhuid en daar verwijding van de bloedvaten teweeg brengen. Deze opvatting wordt ondersteund door het bestaan van een latentieperiode en doordat UVB straling geabsorbeerd wordt in de opperhuid. Een directe beschadiging van de celwanden van de bloedvaten of van andere delen van de lederhuid, bijvoorbeeld bij door UVA straling geïnduceerd erytheem, is echter niet uitgesloten.

De reactie van de bloedvaten verloopt in twee fasen. Een direct optredende verhoogde doorlaatbaarheid van de vaatwanden van voorbijgaande aard wordt na een latentieperiode van 2 tot 8 uur gevolgd door een langdurige vergrote doorlaatbaarheid en verwijding van bloedvaten. Het directe effect wordt toegeschreven aan het vrijkomen van verbindingen als histamines, serotonine en mogelijk kinine. Bij de vertraagde reactie spelen vermoedelijk prostaglandines een rol.

.....

.....

6.6.2 Minimaal benodigde bestralingsdosis

De hoeveelheid energie (bestralingsdosis) nodig voor de inductie van erytheem varieert met de golflengte, de gevoeligheid van de huid en de grootte van de bestraalde velden. De plaats van de huid op het lichaam en de leeftijd zijn relevante variabelen (Ba79a, Ba79b). Bij één individu bestaan grote variaties in de tijd, onder meer afhankelijk van de voorafgaande blootstelling (mate van gewenning van de huid) aan UV straling.

De voor erytheemvorming minimaal benodigde bestralingsdosis is afhankelijk van de werkdefinitie die men voor erytheem kiest; de mate van begrenzing en de felheid van het erytheem en de sinds de blootstelling verlopen tijd spelen daarbij een rol. Men heeft de gebruikelijke visuele waarneming van erytheem vergeleken met een meting van de diffuse reflec-

.....

.....

Tabel 3 Relatieve gemiddelde minimaal benodigde bestralingsdosis voor de vorming van erytheem als functie van het huidtype (zie tabel 2). Als stralingsbron werd een xenonlamp gebruikt, waarbij door filters het UV-spectrum van de zon zo goed mogelijk is benaderd. Bij het meten van de bestralingsdosis is geen weging toegepast met een spectrale werkingsfunctie of actiespectrum (Cr81)

Huid- type	Aantal proefpersonen	Minimale benodigde bestralingsdosis voor erytheem t.o.v. type I huid
I	21	1,0
II	27	1,7
III	10	2,5
IV/V	5	3,9
VI	2	9,7

.....

tie van de huid. Het bleek dat de resultaten redelijk overeenkwamen (Wa83).

Een voorbeeld van de verschillen in de voor erytheem benodigde bestralingsdoses bij personen met een verschillend huidtype is gegeven in tabel 3 (Cr81). Bij personen met een type IV huid is een ongeveer vier maal grotere bestralingsdosis nodig dan bij personen met een type I huid. Ook verdwijnt het erytheem minder snel (Wi81).

UVC en UVB straling blijken veel effectiever erytheem te vormen dan UVA straling. Bij blootstelling aan zonnestraling is vrijwel uitsluitend de UVB component verantwoordelijk voor het optreden van zonnebrand, daar de bijdrage van de UVA straling nauwelijks meetelt en de UVC straling vrijwel geheel door de aardse atmosfeer wordt geabsorbeerd (zie paragraaf 5.3). Er zijn vrij veel gegevens over de spectrale gevoeligheid van de huid. Diverse resultaten zijn weergegeven in figuur 12.

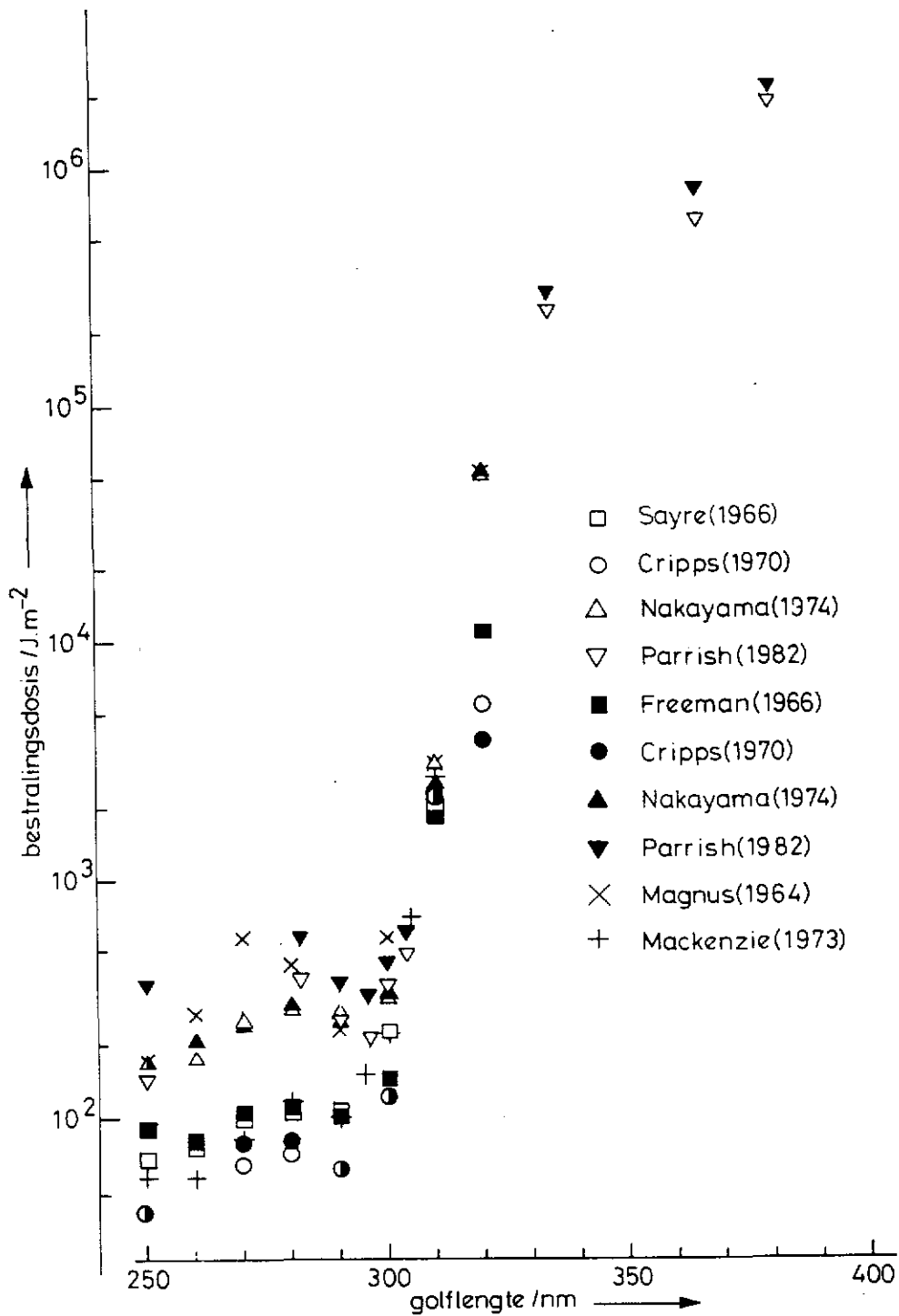
.....

6.6.3 Polychromatische bestraling

In de praktijk zal men vrijwel steeds aan polychromatische UV straling worden blootgesteld. Het is daarom van belang te weten wat het effect is van diverse golflengten te zamen.

Door Sayre (Sa66) werd het erythemale effect van drie verschillende golflengten in het UVB en het UVC spectraal gebied bepaald, zowel bij afzonderlijke als bij 'gemengde' bestralingen. Bij de gemengde bestralingen bleek het effect door optelling van de bijdrage van de afzonderlijke golflengten beschreven te kunnen worden. Niet duidelijk is het of de additie ook voor felle vormen van erytheem geldt.

Het toenemend gebruik door het publiek van stralings toestellen met een belangrijke UVA component maakt de vraag naar het effect van UVA straling te zamen met dat van UVB straling (bijvoorbeeld door de zon) actueel. De resultaten zijn op dat punt tegenstrijdig. Zo meldt Van Weelden (We80), dat bij gelijktijdige blootstelling aan UVA en UVB straling (of UVA na UVB) het effect minder dan additief is. Anderen



Figuur 12 Minimaal benodigde bestralingsdosis voor de vorming van erytheem als functie van de golflengte (Ma64, Sa66, Fr66, Cr70, Ma73, Na74, Pa82). De open symbolen hebben betrekking op na 8 h waarneembaar erytheem en de gesloten symbolen op na 24 h waarneembaar erytheem. Bij de kruis- en de plustekens is de periode tussen bestraling en waarneming variabel.

.....

spreken van additie, zij het met een indicatie voor een verminderd erythemaal effect (Pa82). Maar ook wordt een versterking van het effect gevonden (o.a. Ka75, Bo81). Gewenningseffecten (o.a. huidverdikking) zijn bij deze onderzoeken niet beschouwd.

Vooralsnog lijkt additie echter de meest praktische wijze om de effectiviteit van polychromatische straling voor erytheemvorming te bepalen. Tot nu toe gerapporteerde afwijkingen van de additiviteit zijn niet groter dan $\pm 30\%$.

.....

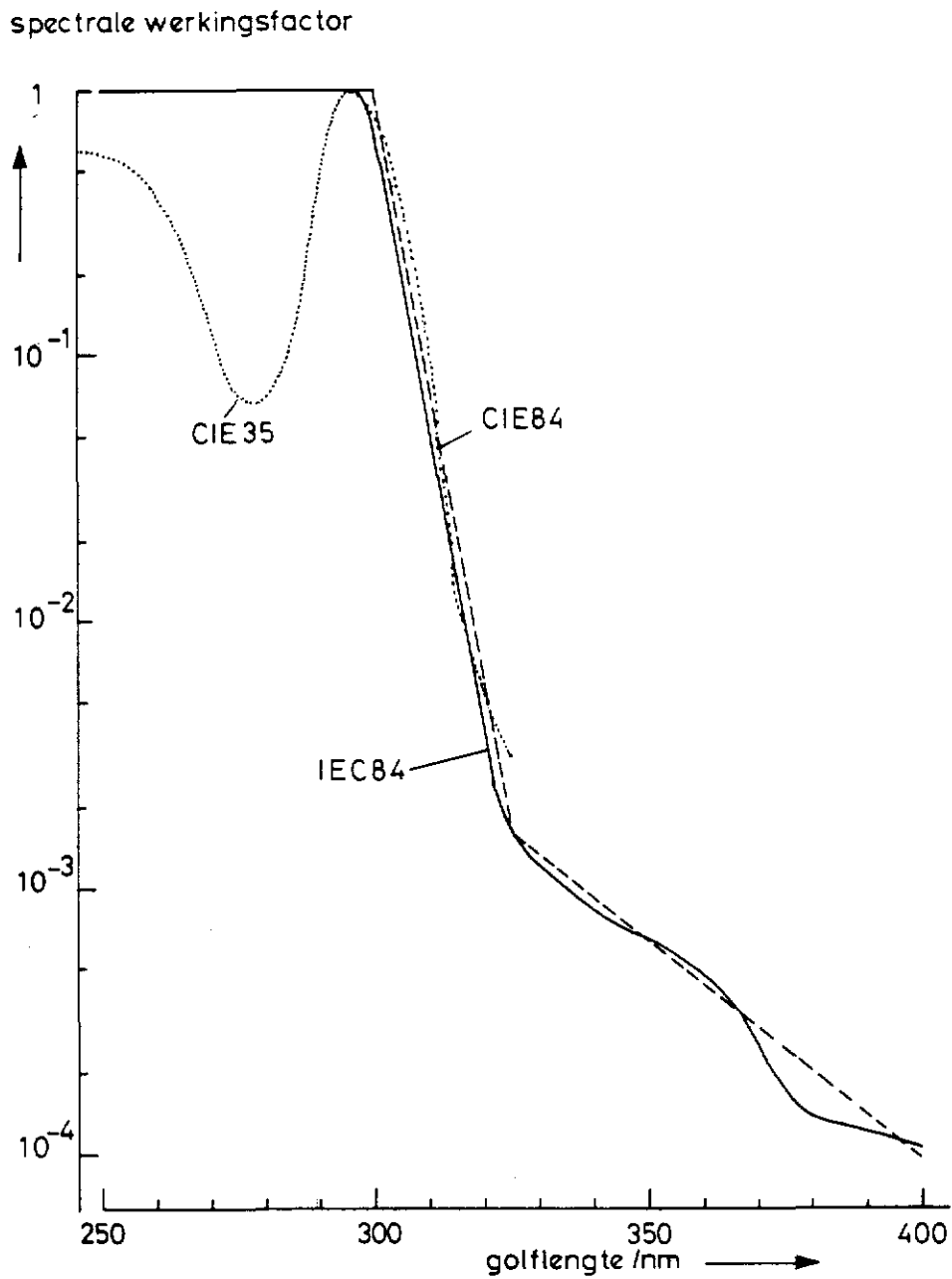
6.6.4 Actiespectrum en MED

Indien de verschillende golflengten additief tot de vorming van erytheem bijdragen, is het mogelijk het stralingspectrum te wegen met behulp van een spectrale werkingsfunctie of actiespectrum en zo een effectieve bestralingssterkte en effectieve bestralingsdosis te bepalen (zie paragraaf 5.2). Het actiespectrum voor erytheem kan worden bepaald uit de reciproke waarden van de minimaal benodigde bestralingsdoses bij de diverse golflengten. Meestal wordt het actiespectrum bij een bepaalde golflengte op 1 genormeerd.

In het verleden is het actiespectrum, dat in 1935 in de Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) besproken werd, veel gebruikt. Dit spectrum is te zamen met recente voorstellen weergegeven in figuur 13. De in de CIE en in de International Electrotechnical Commission (IEC) thans in bespreking zijnde voorstellen vertonen onderling grote overeenkomst; het voornaamste verschil is dat men in het CIE-voorstel is uitgegaan van een benadering van de meetresultaten door een functie bestaande uit een aantal lijnstukken. In alle gevallen is het erytheem-actiespectrum genormeerd op 1 bij 297 nm.

In figuur 14 zijn de meetwaarden van figuur 12 weergegeven na weging met het 'IEC-'actiespectrum. Het merendeel van de waarden bevindt zich tussen de 50 en 350 J/m^2 . De waarden zijn te beschouwen als de voor erytheemvorming minimaal benodigde effectieve bestralingsdosis.

Om een bestralingsdosis te kunnen waarderen in termen van het optreden van erytheem is het wenselijk een referentie-



Figuur 13 Actiespectra voor de vorming van erytheem. Curve CIE35 is het actiespectrum dat in 1935 in de Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) werd besproken; de curve CIE84 wordt thans besproken binnen de CIE; de curve IEC84 wordt thans besproken binnen de International Electrotechnical Commission (IEC).

.....

waarde van de voor erytheemvorming minimaal benodigde erytheem-effectieve bestralingsdosis te definiëren. Deze referentiewaarde, MED genoemd, zou beschouwd kunnen worden als de bestralingsdosis die bij een licht gepigmenteerde, niet recent aan UV straling blootgestelde huid van een blanke juist erytheem geeft. Uitgaande van deze definitie lijkt een waarde voor de MED van 200 J/m^2 niet onredelijk. In de binnen de CIE in bespreking zijnde voorstellen wordt voor de MED een waarde van 100 J/m^2 gehanteerd. De commissie geeft de voorkeur aan de waarde van 200 J/m^2 . Bij het vergelijken van deze voorstellen met de experimentele resultaten moet men bedenken, dat de referentiewaarde is bedoeld voor de meest aan het zonlicht blootgestelde huid (hoofd, nek, handen), terwijl de meeste metingen aan de gevoeliger huid van buik of rug zijn verricht.

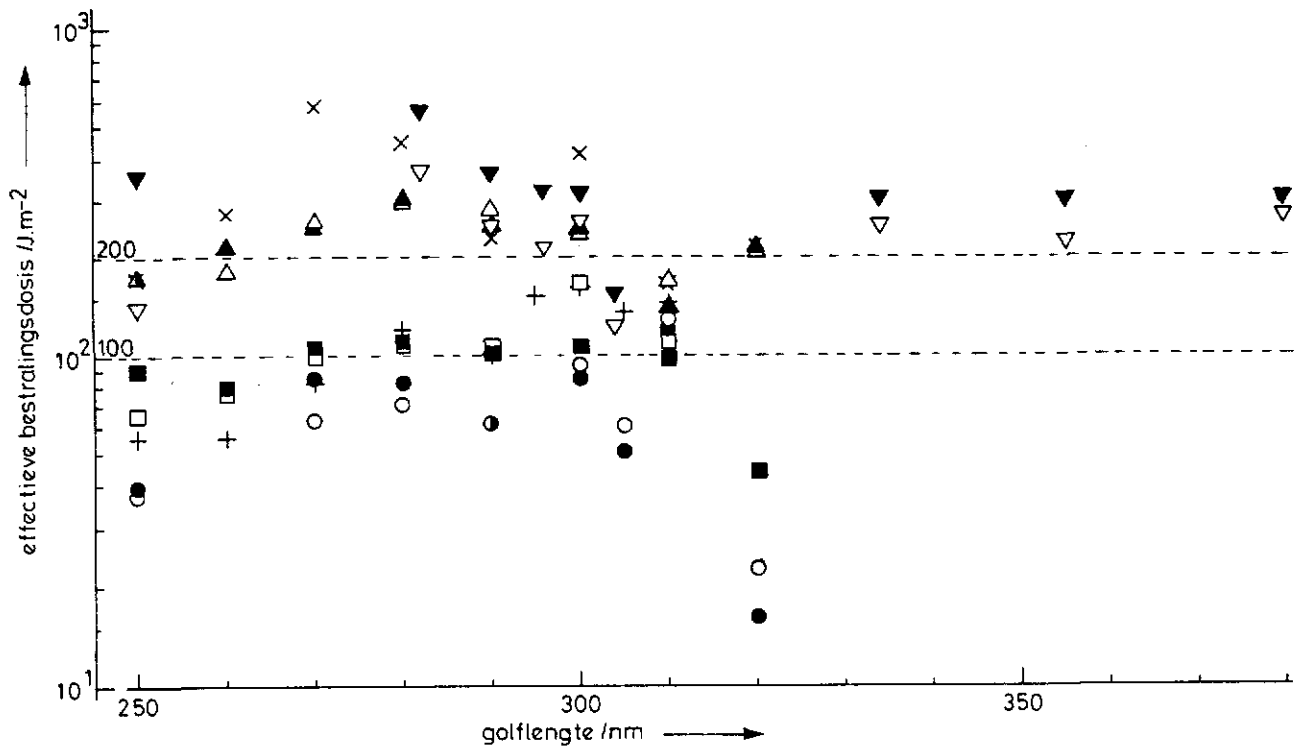
.....

6.7 Chronische effecten van UV straling

Erytheem veroorzaakt door blootstelling aan UV straling treedt op bij overschrijding van een bepaalde drempeldosis. Het effect is tevens reversibel. Bij de chronische schade is de dosis-effectrelatie veel minder duidelijk. Zowel de gecumuleerde bestralingsdosis als de verdeling van de blootstelling aan de UV straling over de tijd zijn van invloed op het effect. Bovendien zijn de effecten onomkeerbaar.

De chronische effecten die in dit rapport aan de orde komen, zijn huidveroudering en huidkanker. Bij dat laatste kunnen we onderscheiden huidcarcinomen en melanomen. Een carcinoom is een kwaadaardig gezwel (kwaadaardige tumor) van epitelcellen. Een melanoom is een kwaadaardig gezwel van pigmentcellen (melanocyten). Huidcarcinomen worden in paragraaf 6.8 en melanomen van de huid in paragraaf 6.9 besproken.

Huidveroudering is op zich een natuurlijk verschijnsel, en is te beschouwen als een degeneratie van de huid. Onder invloed van UV straling treedt huidveroudering versneld op. Aanwijzingen daarvoor vindt men door mensen die relatief veel aan de zon zijn blootgesteld, zoals agrariërs, wegwerkers en zeelieden, te vergelijken met weinig door de zon bestraal-



Figuur 14 Erytheem-effectieve bestralingsdosis waarbij juist erytheem optreedt als functie van de golflengte. De waarden zijn verkregen door de meetwaarden uit figuur 12 te vermenigvuldigen met de spectrale werkingsfunctie IEC84 gegeven in figuur 13.

den.

De huidveroudering uit zich onder meer in een verlies van elasticiteit, rimpeling en een onregelmatige pigmentatie. Een vergevorderd stadium van deze veroudering wordt in de dermatologie wel aangeduid als 'zeemanshuid' of 'landmanshuid'. Door de beschermende werking van het huidpigment treden er raciale verschillen op. Huidverouderingsverschijnselen zijn het sterkst bij mensen met een lichte huid.

Ook bij proefdieren is de versnelde veroudering van de huid door UV straling aangetoond. Een actiespectrum is niet bekend.

.....

.....

6.8 Huidcarcinomen

.....

6.8.1 Aard en voorkomen

De twee meest voorkomende typen van huidcarcinomen zijn het basaalcelcarcinoom en het plaveiselcelcarcinoom. Het eerste type ontstaat in de basale laag van de opperhuid (zie figuur 7). Het gezwel groeit slechts langzaam uit en geeft zelden uitzaaiing. De plaveiselcelcarcinomen komen voort uit gedifferentieerde stekelcellen en groeien in het algemeen sneller dan de basaalcelcarcinomen. Er is een niet verwaarloosbaar risico van uitzaaiing.

Het optreden van huidcarcinomen bedraagt in Nederland vermoedelijk 400 tot 500 per miljoen inwoners per jaar (gegevens uit Oost-Brabant en Noord-Limburg over 1976-1980; SO81). Speciale onderzoeken in onder andere de Verenigde Staten van Amerika hebben uitgewezen dat de registratie van het optreden van huidcarcinomen veelal verre van volledig is. De werkelijke incidentie in Nederland ligt daarom mogelijk hoger. De incidentie neemt sterk toe met de leeftijd.

De sterfte door huidcarcinomen is vermoedelijk van de orde van grootte van 1% van de incidentie. Volgens de gegevens van het Centraal Bureau van de Statistiek (CB85) is de sterfte sinds 1950 gedaald van ongeveer 10 per 1 000 000 per jaar tot 6 per 1 000 000 per jaar. De daling wordt groter indien we corrigeren voor de verandering van de leeftijdsopbouw van de bevolking gedurende de afgelopen 35 jaar. De sterfte door huidcarcinomen stijgt namelijk met toenemende leeftijd van ongeveer 1 per 10 miljoen per jaar omstreeks het twintigste levensjaar tot 1 per 10 000 per jaar omstreeks de 85-jarige leeftijd (cijfers gemiddeld over 1970-1979). De daling van de sterfte aan huidcarcinomen kan mogelijk toegeschreven worden aan behandeling van de kanker in een vroegtijdig stadium.

.....

6.8.2 Relatie met UV straling

Er zijn sterke aanwijzingen dat UV straling de belangrijkste oorzaak is van huidcarcinomen. Dit blijkt onder meer

.....

uit epidemiologisch onderzoek. Zowel basaalcelcarcinomen als plaveiselcelcarcinomen komen voor meer dan 80% voor op huidgedeelten die geregeld aan het zonlicht worden blootgesteld. Verder is gevonden dat de mate van blootstelling aan straling van de zon, de leeftijd en de huidskleur van invloed zijn. De incidentie van huidcarcinomen is hoger bij mensen met buitenberoepen dan bij binnenshuis werkenden. Bij vergelijkbare groepen is de kans op huidcarcinomen groter in zonniger gebieden; mensen met een type I en type II huid zijn daarbij bijzonder gevoelig. Bij donkergekleurde blanken en personen van het negroïde ras is de incidentie van huidkanker lager (Pa78, WH79).

Onderzoek met proefdieren, met name met muizen, bevestigt de relatie tussen de blootstelling aan UV straling en het optreden van huidcarcinomen (zie o.a. Gru82). In de volgende paragraaf wordt nader ingegaan op de afhankelijkheid van de golflengte (actiespectrum).

Op grond van hetgeen nu bekend is over het optreden van huidkanker in relatie tot blootstelling aan UV straling, kan niet worden aangenomen dat onder een bepaalde drempelwaarde van de gecumuleerde bestralingsdosis of de gemiddelde dagelijkse bestralingsdosis het effect nooit optreedt. Er is steeds een zeker risico op het ontstaan van kwaadaardige huidtumoren. De grootte van dit risico is afhankelijk van de UV-bestralingsdosis.

.....

6.8.3 Ontstaanswijze, actiespectrum en dosis-effectrelatie

Personen met de erfelijke ziekte xeroderma pigmentosum kunnen reeds op jonge leeftijd huidkanker krijgen bij geringe blootstelling aan straling van de zon. Onderzoek heeft aangetoond dat bij deze patiënten defecten voorkomen in de systemen die beschadigingen van het cellulaire DNA repareren. Dit zou wijzen op een mechanisme voor het ontstaan van huidkanker waarbij door UV straling geïnduceerde DNA-schade een rol speelt.

Daarnaast zijn er aanwijzingen dat door UV straling veroorzaakte veranderingen in het immuunsysteem een rol spelen

.....

bij de UV-carcinogenese. Op cellulaire effecten en de effecten op het immuunsysteem bij blootstelling aan UV straling wordt in bijlage A kort ingegaan.

.....

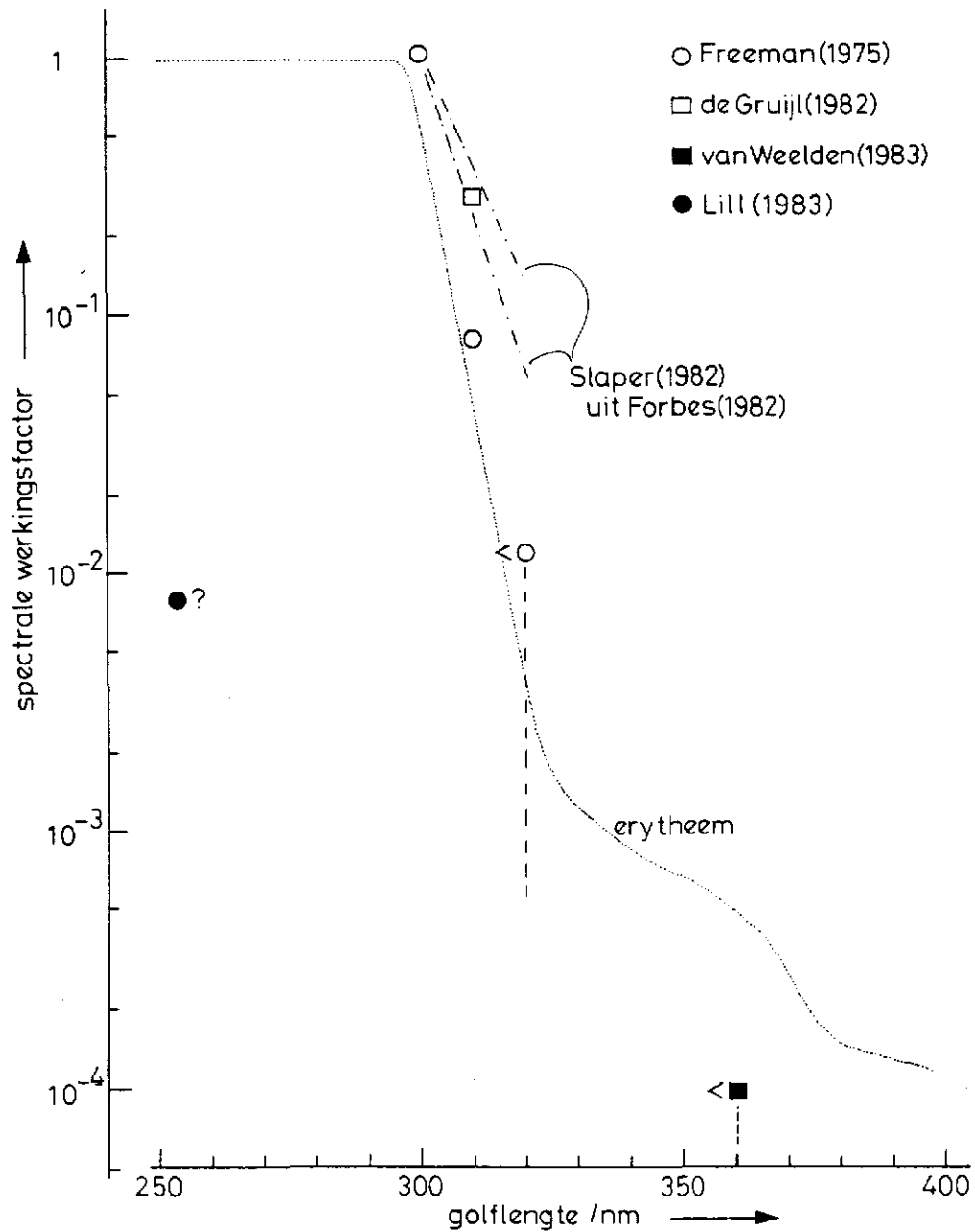
Actiespectrum.

Uit onderzoek bij muizen blijkt bij blootstelling aan UVB straling een grotere kans op inductie van huidcarcinomen dan bij eenzelfde (ongewogen) bestralingsdosis UVA straling (tot een factor van de orde van grootte van 1000 (We83)). Ander Nederlands onderzoek met menselijke huidcellen (Si84) wijst op een mutagene werking van UVA straling, zij het met een geringere effectiviteit dan van UVB straling. In het UVC spectraal gebied is het carcinogene effect van UV straling vermoedelijk wat geringer dan dat van UVB straling.

De beperkte gegevens over het actiespectrum voor UV-carcinogenese zijn samengevat in figuur 15. Tevens is in deze figuur het actiespectrum voor UV-erytheem (zie figuur 13) getekend. Uit de figuur valt op te maken, dat het actiespectrum voor erytheem de spectrale effectiviteit voor het optreden van huidcarcinomen niet onredelijk weergeeft.*

.....

* Kort geleden publiceerde Cole (Co86) een actiespectrum voor UV-carcinogenese, dat via berekeningen was afgeleid uit een grote verzameling gegevens over carcinomen, geïnduceerd in muizen met UV straling van verschillende spectrale samenstelling. Het vertoont een sterke overeenkomst met het actiespectrum voor erytheem bij de mens, en dus ook met het actiespectrum 'IEC84' in figuur 13. Het actiespectrum van Cole loopt echter slechts tot 330 nm; voor langere golflengten wordt alleen een bovengrens voor de carcinogene effectiviteit berekend. Omdat het UVA in toenemende mate wordt toegepast in kunstmatige bronnen van UV straling, blijft de commissie de voorkeur geven aan het actiespectrum 'IEC84', dat in het gehele van belang zijnde golflengtegebied is gedefiniëerd.



Figuur 15 Spectrale werkingsfactoren voor de inductie van huidcarcinomen, gebaseerd op experimenten met muizen. De 'punt-streep' lijnstukken zijn door Slaper berekend uit metingen van Forbes. Het teken < bij de meetpunten van Freeman en van Van Weelden geeft aan dat tumoren zijn waargenomen, maar dat de spectrale werkingsfactor kleiner is dan de aangegeven waarde. Lill heeft een ander soort muizen dan de andere onderzoekers gebruikt; vandaar het vraagteken. Referenties: Fr78, Fo82, Gru82, Li83, We83; de berekeningen van Slaper (1982) zijn vermeld in Sl85. De gestippelde curve is het actiespectrum voor erytheem dat thans besproken wordt in de IEC (vgl. figuur 13).

.....

.....

Dosis-effectrelatie.

Slaper en Van der Leun (Sl85) bespreken uitvoerig de dosis-effectrelatie voor het optreden van huidcarcinomen. Zowel experimenten met proefdieren, als epidemiologische gegevens over huidkanker bij mensen worden behandeld. De resultaten geven duidelijk aan dat we te maken hebben met een stochastisch effect; de kans op het optreden van een huidcarcinoom is een functie van de UV-bestralingdosis en van de tijd die verlopen is sinds de blootstelling.

Uit experimenten met muizen blijkt het verband tussen de mediane tumor-inductietijd, t_m , en de dagelijkse bestralingsdosis, h , beschreven te worden door:

$$t_m = k_1 h^{-0,6},$$

waarin k_1 een constante is. Hieruit is te zien dat voor het verschijnen van de tumoren niet de geaccumuleerde dosis ($h \times t$) bepalend is, maar het produkt $h^{0,6} \times t$; t is de tijd verlopen sinds het begin van de dagelijkse bestralingen.

In het experimentele werk is t_m een heel bruikbare maat voor het carcinogene effect. Een beter op de problematiek bij de mens gerichte maat is de incidentie, het aantal personen in een bepaalde bevolkingsgroep (meestal 100 000 personen) waarbij huidcarcinomen optreden. Zowel bij muizen (laboratoriumonderzoek), als bij mensen (epidemiologisch onderzoek) blijkt het aantal huidtumoren beschreven te kunnen worden door:

$$I_{cum} = k_2 h^c t^d,$$

waarin t de periode sinds het begin van de bestralingen is (bij mensen de leeftijd). De parameter c beschrijft de dosis-afhankelijkheid van de incidentie, en de parameter d de leeftijd-afhankelijkheid; k_2 is een constante. De exponent c blijkt bij de mens een waarde te hebben van ongeveer 2 voor basaalcelcarcinomen en van ongeveer 3 voor plaveiselcelcarcinomen (voor muizen is de laatstgenoemde waarde nog hoger); de

.....

exponent d heeft bij de mens waarden van ongeveer 5 en 6, respectievelijk voor basaalcelcarcinomen en plaveiselcarcinomen.

Voor de dosis-afhankelijkheid betekenen deze resultaten dat de incidentie van basaalcelcarcinomen bij de mens ongeveer evenredig is met het kwadraat van de regelmatig ontvangen bestralingsdosis en de incidentie van plaveiselcelcarcinomen zelfs met de derde macht van de dosis (S186).

De gevoeligheid van de huid voor het optreden van huidcarcinomen zal niet voor alle delen van het lichaam gelijk zijn. Verschillen in dikte van de huid, zowel van nature aanwezig verschillen als de door blootstelling aan UV straling veroorzaakte, zullen daarbij een rol spelen. In verband met de voortdurende blootstelling aan straling van de zon zal in het algemeen het risico op het optreden van huidcarcinomen bij aan de zon blootgestelde lichaamsdelen, te weten hoofd, nek en handen, het grootst zijn. Dat geldt in het algemeen ook voor het extra risico veroorzaakt door een blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling. Pas indien andere lichaamsdelen, zoals de romp, veelvuldig aan aanzienlijke bestralingsdoses worden blootgesteld, zullen deze lichaamsdelen een rol van betekenis bij het huidkankerrisico gaan spelen. Het relatief grote oppervlak van de romp is daarbij een factor van belang.

.....

6.9 Melanomen

Tumoren van pigmentcellen, de melanomen, komen minder vaak voor dan basaalcel- en plaveiselcelcarcinomen. De gezwellen zijn echter agressiever en zaaien eerder uit. Uit een Nederlands onderzoek (SO81) blijkt een incidentie van ongeveer 35 per miljoen inwoners per jaar. Het Centraal Bureau voor de Statistiek meldt een sterfte van 16 per miljoen inwoners per jaar. Uit onderzoek in de Verenigde Staten volgt, dat bij een diagnose op een eerder tijdstip en daardoor een vroegtijdige behandeling van de tumor de sterfte lager zou kunnen worden.

De sterfte aan melanomen is Nederland de afgelopen jaren gestegen van 20 in 1950 tot 284 in 1983; de gemiddelde stijging bedroeg ongeveer 7 per jaar. Slechts 20% van deze

.....

stijging hangt samen met de verandering in leeftijdsopbouw van de bevolking (CB85). Deze stijging doet zich ook in andere landen voor (St84). De oorzaak zoekt men veelal in een verhoogde blootstelling aan straling van de zon. Evenals bij huidcarcinomen neemt de sterfte aan melanomen met de leeftijd toe. In de leeftijdsgroep van 15-19 jaar is de sterfte van de orde van 1 per miljoen per jaar om te stijgen tot 1 per 10 000 op 85-jarige leeftijd (cijfers gemiddeld over 1970-1979).

Voor de melanomen is de relatie met de blootstelling aan UV straling (van bijvoorbeeld de zon) veel minder duidelijk dan bij de huidcarcinomen. Blootstelling aan zonnestraling lijkt van invloed, vermoedelijk in samenwerking met andere, thans nog onbekende factoren. Eén type melanoom, het lentigo maligna, komt vooral voor op de veelvuldig aan zonlicht blootgestelde huidgedeelten (Ho84b). De overige typen melanomen lijken bij voorkeur te ontstaan op onregelmatig door de zon bestraalde huidgedeelten (romp bij mannen, benen bij vrouwen).

Uit diverse studies blijkt dat melanomen het meest voorkomen bij mensen met een relatief hoge sociaal-economische status die in hoofdzaak binnenshuis werken. Hieruit is de gedachte gegroeid dat bij het ontstaan van melanomen een onregelmatige blootstelling met hoge piekexposities, die leidt tot zonnebrand, een rol speelt (Ko84). De suggestie dat de UV-component van door fluorescentielampen uitgezonden straling een rol zou spelen bij de het optreden van melanomen bij kantoorwerkers (Be82) is in gericht onderzoek niet bevestigd (Ri83).

De relatie tussen het ontstaan van melanomen en UV straling is dus met veel onzekerheden omgeven. Van het actiespectrum is vrijwel niets bekend en de vermoedelijke relatie tussen UV-bestralingsdosis en effect lijkt grillig. Het is daarom niet mogelijk om het risico van melanoominductie te betrekken bij de normering van de blootstelling aan UV-stralingsbronnen. Wel is aandacht voor deze zaak gewenst, gezien de stijgende incidentie in de geïndustrialiseerde landen.

.....

.....

7 EFFECTEN VAN UV STRALING OP HET OOG

.....

7.1 Inleiding

Bij blootstelling aan UV straling kan, naast inwerking op de huid, ook inwerking van de straling op het oog optreden. UVC en UVB straling wordt daarbij voornamelijk in de buitenste cellagen van het oog (hoornvlies) geabsorbeerd, maar UV straling met grotere golflengten kan dieper doordringen en zelfs het netvlies bereiken.

De ligging van de ogen in de oogkassen geeft een beschutting tegen de ultravioletrijke bestraling door de hoge zon (of hooggepositioneerde kunstmatige UV-bronnen) (Ur69). Daarnaast kunnen reacties op (zichtbaar) licht, als de knipperreflex, het fronsen en de pupilreflex ook bijdragen aan de bescherming van het oog tegen UV straling. Verder geeft de bij het ouder worden, mede onder invloed van UV straling (Gr72), optredende vergeling van de lens een zekere bescherming van dieper gelegen delen van het oog door absorptie van de straling. Deze laatste bescherming ontbreekt bij mensen bij wie de lens operatief is weggenomen.

Sinds het door de Gezondheidsraad in 1978 uitgebrachte advies (Gr78) zijn er over de schadelijke werking van UV straling op de ogen weinig nieuwe gegevens ter beschikking gekomen. Met betrekking tot drempelwaarden voor schadelijke effecten en actiespectra kan de commissie daarom niet met wezenlijk andere of beter onderbouwde conclusies komen dan in genoemd rapport.

Veel UV-stralingsbronnen zenden ook (zichtbaar) licht uit, dat uiteraard tot het netvlies kan doordringen. De afgelopen jaren zijn er meer gegevens beschikbaar gekomen over de

.....

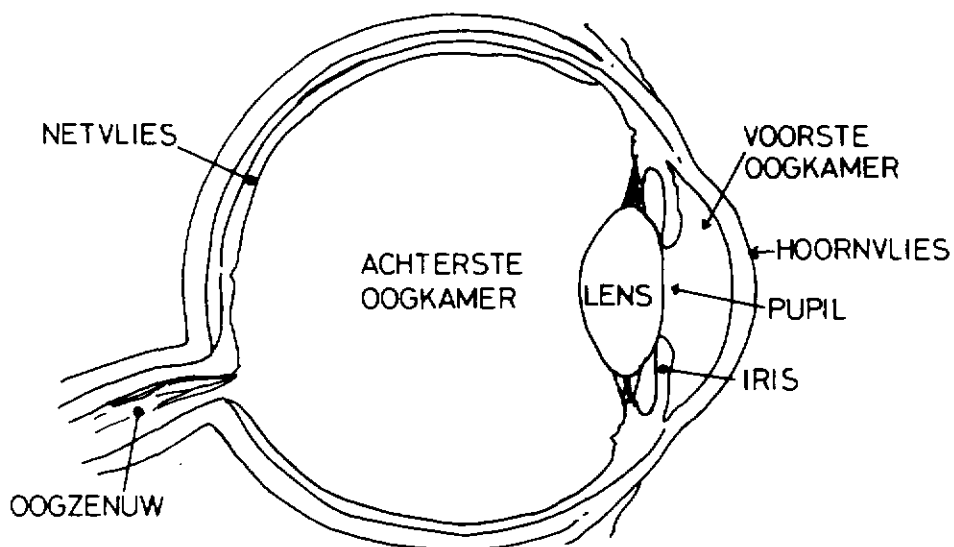
mogelijke schadelijke inwerking van in het bijzonder kortgol-
vig (zichtbaar) licht op het netvlies. De gegevens zijn echter
onvoldoende consistent om er een gefundeerde normstelling uit
te kunnen afleiden (La78, Ma85).

.....

7.2 Opbouw van het oog en optische eigenschappen

Het oog is een bolvormig orgaan met een diameter van
ongeveer 2,5 cm. Figuur 16 geeft een schematische doorsnede.
Voor het functioneren van het oog (het zien) is het nodig dat
(zichtbaar) licht het netvlies met zo weinig mogelijk ver-
strooiing bereikt.

.....



Figuur 16 Schematische doorsnede van het linkeroog van bovenaf
gezien.

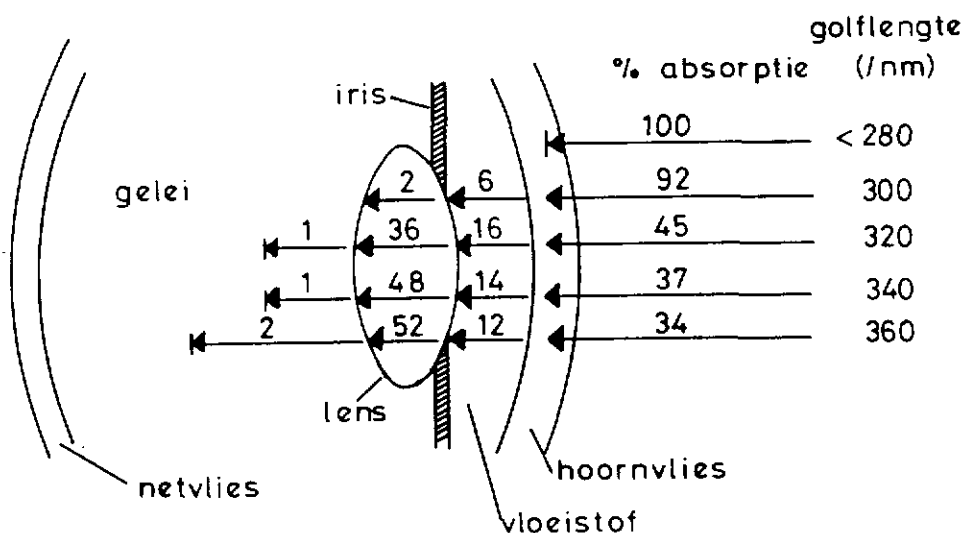
.....

Het oog is omgeven door een stevig vlies. Aan de voor-
zijde is dit vlies transparant en wordt hoornvlies genoemd
(figuur 16). Het hoornvlies bestaat uit een buitenste laag
epitheelcellen van 50 tot 100 μm dikte en een laag collageen
vezels van ongeveer 500 μm (stroma). In deze laag bevinden
zich fijn vertakte zenuwvezels, die tot in het epitheel door-
dringen. De epitheelcellen worden na enkele dagen vervangen en

afgevoerd via het traanvocht. Het hoornvlies sluit aan op het bindvlies, dat het oogwit en de binnenzijde van de oogleden bedekt.

De lens bestaat uit eiwitvezels, die door epitheelcellen aan de buitenzijde van de lens worden gevormd. Door spierbewegingen kan de lens van vorm veranderen; op deze wijze wordt de scherpte van de afbeelding op het netvlies geregeld. De hoeveelheid licht die door de lens wordt doorgelaten en het netvlies bereikt, hangt af van de pupilgrootte; deze wordt kleiner door samentrekking van de iris. Het netvlies bevat de cellen die de lichtenergie omzetten in elektrische zenuwpulsen.

Tussen het hoornvlies en de lens, in de voorste oogkamer, bevindt zich een vloeistof die voornamelijk bestaat uit water. Deze vloeistof wordt voortdurend ververst. De ruimte tussen lens en netvlies, de achterste oogkamer, is vrijwel geheel gevuld met een kleurloze collageengelei, die grotendeels uit water bestaat.



Figuur 17 Doordringing van UV straling in het oog voor diverse golflengten. De getallen geven het percentage van de stralingsenergie dat in het traject aangegeven door de pijl wordt geabsorbeerd. Vrij naar S180.

.....

De aard van de inwerking van UV straling op het oog hangt samen met de mate van doordringing in het oog. Een schematisch beeld van de verandering van de absorptie met de golflengte geeft figuur 17. Straling in het UVC spectraal gebied wordt vrijwel geheel door het hoornvlies geabsorbeerd. Een klein deel van de UVB straling bereikt de lens en wordt daar geabsorbeerd. UVA straling wordt voor meer dan 50% door het hoornvlies doorgelaten; een belangrijk deel treft de lens.

De mate van absorptie in de lens hangt samen met de leeftijd. Mede door inwerking van UV straling treedt een vergeling van de lens op, hetgeen voor een verhoogde absorptie van UV straling zorgt (Gr72). Bij volwassenen zal daarom praktisch geen UVA straling het netvlies bereiken. Bij kinderen zal een deel van de UVA straling wel op het netvlies kunnen inwerken. Dit geldt eveneens voor mensen waarbij de ooglens is verwijderd, of vervangen door een lens van een meer transparant materiaal.

.....

7.3 Hoornvlies- en bindvliesontsteking

De absorptie van UV straling kan leiden tot ontsteking van het hoornvlies en het bindvlies (respectievelijk keratitis en conjunctivitis). Dit pijnlijke effect staat ook bekend als sneeuwblindheid of lasogen, aangezien bij reflectie van de zonnestraling door de sneeuw en bij lasprocessen de drempeldoses voor de ontsteking overschreden kunnen worden.

Na de blootstelling is er in het algemeen een latentieperiode van 6 tot 12 uur. Naarmate de geabsorbeerde bestralingdosis groter is, neemt de latentieperiode af. De ontsteking is erg pijnlijk en gaat gepaard met tranen, afkeer van licht en onwillekeurig knippen met de ogen. Deze symptomen duren ongeveer 6 tot 24 uur na de blootstelling; na 48 uur is het gezichtsvermogen meestal weer geheel hersteld.

Bij bestralingdoses aanzienlijk groter dan de drempelwaarde voor ontsteking van het hoornvliesepitheel kunnen ook de dieper gelegen lagen van het hoornvlies worden beschadigd. Dit kan blijvende gevolgen voor het gezichtsvermogen hebben. Weefseltransplantatie kan nodig zijn om de doorlatendheid voor

.....

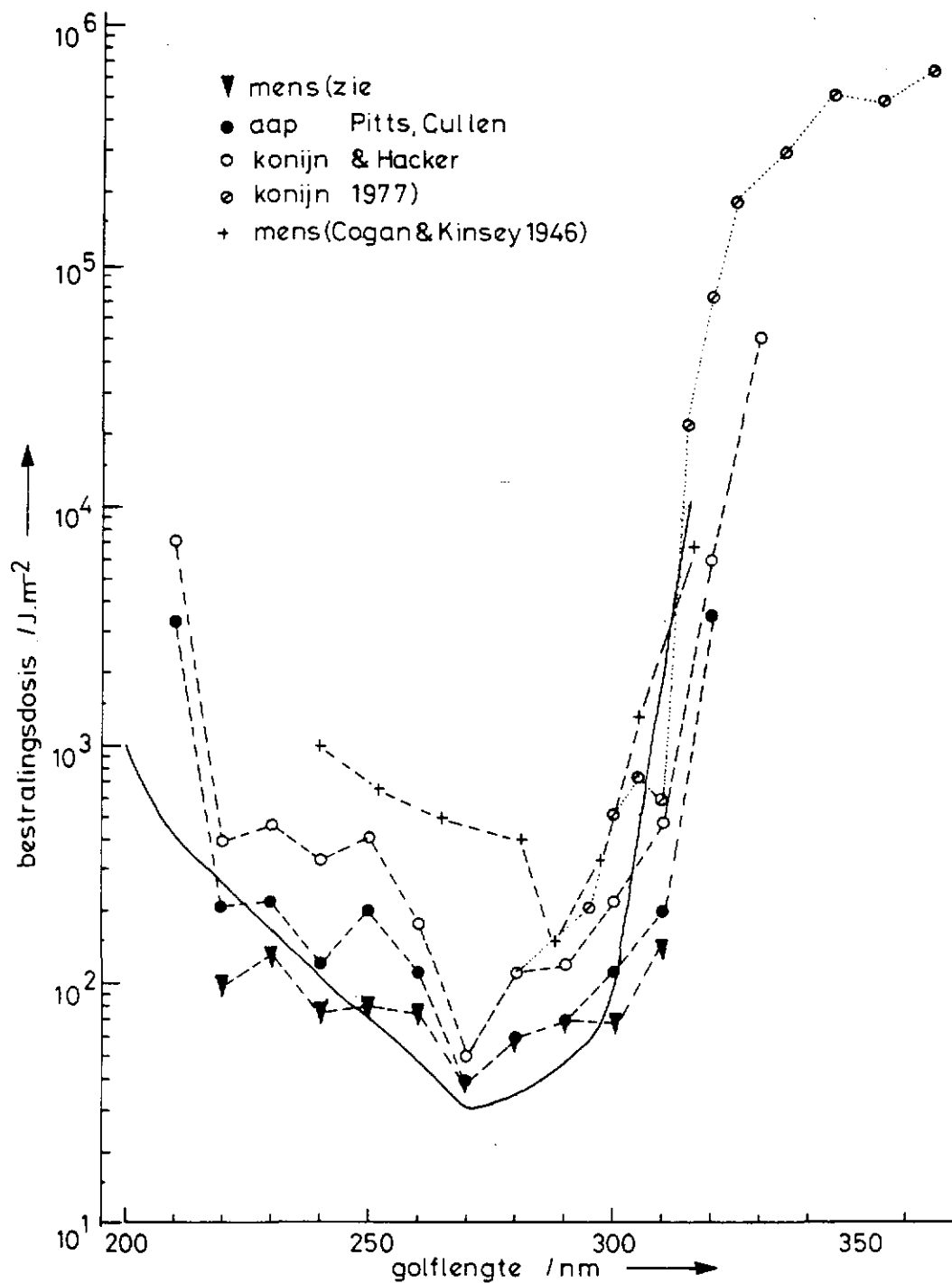
licht van het hoornvlies te herstellen.

In figuur 18 zijn een aantal gegevens over de drempeldosis voor ontsteking van het hoornvlies bijeengebracht. De resultaten van Pitts (Pi77) en van Cogan en Kinsey (Co46) bij de mens verschillen voornamelijk in de grootte van de drempeldosis; de verandering van de drempeldosis met de golflengte komt veel beter overeen. De verschillen in grootte zijn vermoedelijk terug te voeren op een verschil in maatstaf voor de drempelwaarde (Pi69).

Door Steck (St85b) is aangevoerd dat, indien de drempelwaarden van Pitts voor de mens juist zouden zijn, zelfs een kort verblijf in de zon tot hoornvliesontsteking zou leiden, hetgeen tegen het algemeen ervaren ingaat. Tegen de meetresultaten van Cogan en Kinsey (Co46) pleit, dat deze onderzoekers dusdanig grote bandbreedten hebben gebruikt dat in het bijzonder in het meest kritische golflengtegebied van 300 tot 320 nm hun waarden van de spectrale drempeldosis niet betrouwbaar moeten worden geacht.

Aangezien het in dit hoofdstuk gaat om gegevens ten behoeve van het voorkomen of beperken van de schadelijke effecten van UV straling op het oog, lijkt het het meest aangegeven uit te gaan van de metingen van Pitts bij de mens. Boven 300 nm zou een wat steiler oplopen van het drempeldosispectrum kunnen worden aangenomen; het is immers redelijk te veronderstellen dat door de eindige bandbreedte ook de metingen van Pitts de verandering van de spectrale drempeldosis met de golflengte onvoldoende weergeven.

In feite komt deze benadering in het golflengtegebied tussen 300 en 320 nm neer op het geen onderscheid maken tussen de drempelwaarde van de bestralingsdosis voor hoornvliesontsteking en voor erytheem van de huid (vgl. Gr78). De grenswaarden voor onbedoelde blootstelling aan UV straling van de American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, zie IN85 en hoofdstuk 8), die eveneens in figuur 18 zijn aangegeven, passen goed bij deze gedachtengang. Blootstelling aan van de zon afkomstige (globale) UV straling (bij 60° zonnehoogte, zie paragraaf 5.3; horizontale kijkrichting



Figuur 18 Drempelwaarden van de bestralingsdosis voor ontsteking van het hoornvlies als functie van de golflengte. Referenties: Pi77, Co46. De getrokken lijn geeft de blootstellingslimiet voorgesteld door de ACGIH (zie IN85) weer.

.....

met enigszins geknepen ogen) gedurende vele uren is dan mogelijk zonder dat hoornvliesontsteking optreedt. De bezwaren van Steck (St85b) zijn daarmee weggenomen.

Voor bindvliesontsteking ontbreken gepubliceerde metingen van drempelwaarden voor de bestralingsdosis als functie van de golflengte (St85a). De argumenten die worden aangevoerd, om toch een apart, van de gevoeligheid voor erytheem afgeleid, drempeldosisspectrum te definiëren (St85a, He42), zijn niet overtuigend. Door de drempelwaarden voor hoornvliesontsteking aan te houden zal het risico van bindvliesontsteking echter voldoende zijn ingeperkt.

.....

7.4 Troebeling van de lens

Door inwerking van UV straling op de lens van het oog treedt een geelachtige verkleuring op (Gr72, Le80). Dit effect heeft een beschermende werking, doordat de doorlatendheid van de lens voor UVA straling vermindert en zo inwerking van UV straling op het netvlies wordt voorkomen (Vo84).

De verkleuring van de lens kan echter overgaan in troebeling, de zogenoemde bruine staar (of cataract). Dit kan zowel een metabolische oorzaak hebben, als worden veroorzaakt door inwerking van UV straling. Dit laatste blijkt onder meer uit diverse epidemiologische gegevens, die een verband aangeven tussen het optreden van dit type staar en de blootstelling aan straling van de zon (voor een overzicht: Zi83). Gezien de transmissie-eigenschappen van het oog (zie figuur 17) zou de relatief langgolvlige UVA straling de lenstroebeling veroorzaken. Kwantitatieve conclusies over de dosis-effectrelatie zijn uit de beschikbare gegevens niet te trekken.

De gegevens verkregen uit onderzoek met proefdieren (Pi77) laten slechts de conclusie toe, dat acute schadelijke effecten op de ooglens door de inwerking van UV straling geen reëel risico vormen onder de grenswaarden voor hoorn- en bindvliesontsteking.

Voor het optreden van chronische effecten onder invloed van UV straling ontbreekt ieder kwantitatief aanknopingspunt. In het Gezondheidsraadrapport over micrometerstra-

.....

ling (Gr78) werd als enig onderzoek een proefneming van Zigman (Zi74) vermeld. Hierbij werden muizen voortdurend blootgesteld aan UV straling van 365 nm met een bestralingssterkte van 4 W/m^2 . Na een periode van 35 weken werden troebelingen in het lenskapsel waargenomen. Daaruit werd in genoemd Gezondheidsraadrapport geconcludeerd, dat bij chronische blootstelling (langer dan 10 jaar) aan UV straling van kunstmatige bronnen de bestralingssterkte tot $0,4 \text{ W/m}^2$ beperkt zou moeten worden om het risico van staar ten opzichte van een mogelijk van nature aanwezig risico verwaarloosbaar te doen zijn. In hoofdstuk 15 wordt in plaats daarvan 1 W/m^2 voorgesteld.

.....

7.5 Beschadiging van het netvlies

Zeer langgolvlige UV straling -voor zover deze tot het netvlies kan doordringen-, maar in het bijzonder het kortgolvlige (zichtbare) licht kan bij langdurige bestraling met hoge intensiteit permanente schade aan het netvlies toebrengen. Men kan daarbij denken aan zowel thermische als fotochemische effecten. De eerstgenoemde (netvliesverbranding) kunnen hier buiten beschouwing blijven, omdat het risico op het optreden ervan bij de hier aan de orde zijnde lichtbronnen verwaarloosbaar is.

De fotochemische effecten, de zogenoemde lichtschade, hangen samen met het ontstaan van fototoxische stoffen (gedacht wordt aan onder meer zuurstofradicalen) die bij hoge bestralingsintensiteit onvoldoende snel kunnen worden afgebroken. Een goed inzicht in het mechanisme ontbreekt nog en ook de relatie tussen bestralingsdosis of bestralingssterkte en effect vertoont nog grote onzekerheden (La78, Ma85).

Bij het treffen van maatregelen om de ogen tegen UV straling te beschermen, zal ook rekening moeten worden gehouden met de in deze paragraaf besproken effecten. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat voor een 'UV-bril' eisen aan de absorptie in het zichtbare spectraal gebied moeten worden gesteld.

.....

.....

7.6 Andere oogaandoeningen

Behalve de hierboven besproken hoornvlies- en bindvliesontsteking en staar zijn ook andere oogaandoeningen in verband gebracht met blootstelling van de ogen aan UV straling. Bij bevolkingsgroepen in noordelijke streken, maar ook wel elders, zijn degeneratieve veranderingen in het hoornvlies waargenomen. Deze effecten zouden samenhangen met een chronische blootstelling aan gereflecteerde (sneeuw, zand) UV straling (Fo72, Fr73).

De oogaandoening pterygium, waarbij een woekering van het bindvlies zich over het hoornvlies uitstrekt en blindheid kan veroorzaken, komt verhoogd voor bij de inheemse bevolking in tropische streken. Dit zou op een inwerking van UV straling op het oog duiden (Du65, Mo84). Recent is melding gemaakt van een verhoogd optreden van de aandoening bij lassers (Ka84), maar anderen hebben een dergelijke relatie niet gevonden (Em81).

Onlangs werden de resultaten gepubliceerd van een studie naar het voorkomen van melanomen in het oog (Tu85). Blootstelling aan zonlicht zou een risicofactor vormen. Meer onderzoek is echter nodig om deze veronderstelling te bevestigen.

Gezien de beperkte, ten dele vage, gegevens en het feit dat er geen aanwijzingen zijn, dat deze oogaandoeningen in de Nederlandse situatie problematisch zijn, zal met deze verschijnselen in dit rapport verder geen rekening worden gehouden.

.....

7.7 Bijzondere blootstellingssituaties

Hierboven is reeds genoemd dat personen bij wie de ooglenzen, meestal in verband met staar, operatief is verwijderd, het risico lopen van netvliesbeschadigingen door UV straling. Bescherming van het oog door UV straling absorberende lenzen is geboden. Tegenwoordig worden met dat doel speciale gele inplantlenzen vervaardigd (We83).

Een andere groep personen met een mogelijk verhoogd risico van oogbeschadiging door UV straling zijn psoriasis

.....

patiënten die met psoralenen en UVA straling worden behandeld. Bij dierproeven is gebleken dat bij grote bestralingsdoses hoornvlies- en lenstroebelingen kunnen optreden. Bij de mens zijn daarvoor ook aanwijzingen gevonden (Br85).

8 ACTIESPECTRA EN DREMPELDOSES

In de voorgaande twee hoofdstukken zijn de effecten van UV straling op de huid en het oog besproken. De kennis over actiespectra en drempeldoses is daarbij naar voren gebracht. Dit hoofdstuk bevat de conclusies die de commissie uit de wetenschappelijke gegevens trekt voor wat betreft de uitgangspunten voor richtlijnen voor blootstelling aan UV straling.

Bedoelde blootstelling aan UV straling heeft betrekking op bestraling van de huid. De ogen kunnen daarbij in principe afdoende tegen de schadelijke inwerking van de straling worden beschermd. Bij de richtlijnen voor bedoelde blootstelling gaat de commissie uit van het bij de IEC in bespreking zijnde actiespectrum voor de vorming van erytheem (zie figuur 13). De commissie meent dat dit actiespectrum op grond van de thans beschikbare gegevens vooralsnog ook als actiespectrum voor de inductie van huidcarcinomen door UV straling kan worden gehanteerd.

Zoals figuur 13 laat zien verschilt het 'IEC'-actiespectrum niet in belangrijke mate van het thans bij de CIE in bespreking zijnde spectrum. De commissie ziet echter geen noodzaak de experimentele gegevens te benaderen door een curve van een voorgeschreven vorm zoals in de CIE-voorstellen wordt gedaan. Het evalueren van door stralingsbronnen uitgezonden spectra wordt daardoor niet in bijzondere mate vereenvoudigd.

Voor golflengten kleiner dan 250 nm ontbreken gegevens over de bestralingsdoses waarbij erytheem optreedt; er zijn enige aanwijzingen dat de drempeldoses bij deze golflengten hoger zijn dan in het UVB gebied. Aangezien echter de meeste bronnen voor bedoelde blootstelling bij golflengten kleiner dan 250 nm geen, of vrijwel geen, straling uitzenden acht de

.....

commissie het juist in dat gebied aan het actiespectrum gemakshalve de waarde 1 toe te kennen.

De commissie geeft tevens de voorkeur aan een waarde voor de MED van 200 J/m^2 in plaats van de binnen de CIE voorgestelde waarde, die een factor 2 kleiner is. Het gaat bij de MED immers om een referentiewaarde voor de gehele bevolking. De referentiesituatie moet daarom betrokken worden op personen met een 'normale' blanke huid (type II/III), en op de meest aan zonlicht blootgestelde huidgedeelten (hoofd, nek, handen). De meeste waarden in figuur 12 hebben betrekking op de huid van de romp waarvoor het optreden van erytheem bij lagere bestralingsdoses te verwachten is.

Bij de onbedoelde blootstelling aan UV straling moet zowel met bestraling van de huid als van de ogen rekening gehouden worden. In hoofdstuk 7 heeft de commissie aangegeven dat één drempeldosiscurve kan worden gehanteerd voor erytheem en voor hoorn- en bindvliesontsteking. De commissie acht die curve een goed uitgangspunt voor normstelling.

In het UVA spectraal gebied is erytheem bepalend voor de drempeldosiscurve. De commissie stelt voor de in de vorige alinea genoemde drempeldosiscurve voor golflengten groter dan 310 nm het erytheem-actiespectrum te laten volgen. De commissie acht het niet nodig in de drempeldosiscurve een risico voor het ontstaan van cataract ten gevolge van de (chronische) blootstelling aan UVA straling te verwerken.

Door de reciproke waarde van het drempeldosispectrum te nemen krijgt men een op een actiespectrum gelijkende functie, die als 'huid/oog-actiespectrum' zal worden aangeduid. Deze functie wordt bij 270 nm op 1 genormeerd. Met behulp ervan is het mogelijk huid/oog-effectieve bestralingsdoses te berekenen. De drempelwaarde van de huid/oog-effectieve bestralingsdosis is 30 J/m^2 . Aan het gebruik van een actiespectrum ligt de veronderstelling van additiviteit van de effecten veroorzaakt door straling van verschillende golflengten ten grondslag. De commissie meent dat bij gebruik van het 'huid/oog-actiespectrum' voor beschermingsdoeleinden bij onbedoelde blootstelling aan UV straling deze benadering het risi-

co afdoende verdisconteert.

In het Gezondheidsraadrapport over micrometerstraling (Gr78) werd bij golflengten kleiner dan 270 nm een constante drempeldosis van 30 J/m^2 voorgesteld, zoals ook thans nog gebruikelijk is bij blootstellingslimieten voor lasers (IN85b; zie ook IN85a). De commissie acht de voorgestelde drempeldosiscurve echter het best aansluiten bij de beschikbare wetenschappelijke gegevens en ziet geen aanleiding tot het aanbevelen van lagere drempelwaarden in het UVC spectraal gebied. Daarbij komt nog dat de constante drempelwaarde voor blootstelling aan laserstraling vermoedelijk geboren is uit de wens de toch al gecompliceerde normstelling voor lasers zo eenvoudig mogelijk te houden (Sc84).

In het Gezondheidsraadrapport uit 1978 (Gr78) achtte men het niet nodig om bij blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling gedurende perioden korter dan 10 jaar het mogelijk risico van staar in het huid/oog-actiespectrum te verwerken. De commissie meent dat de wetenschappelijke gegevens geen aanleiding geven dat standpunt te verlaten. Op dit punt wijkt de commissie dus af van de internationale aanbevelingen (IN85a).

In tabel 4 is het actiespectrum voor bedoelde blootstelling gegeven. Tevens zijn in de tabel bestralingsdoses vermeld, overeenkomend met een erytheem-effectieve bestralingsdosis van 200 J/m^2 . Tabel 5 geeft overeenkomstige waarden voor onbedoelde blootstelling. De kolom met bestralingsdoses vermeldt waarden overeenkomend met een huid/oog-effectieve bestralingsdosis van 30 J/m^2 .

.....

.....

Tabel 4 Actiespectrum te gebruiken bij bedoelde blootstelling (erytheem-actiespectrum) en bestralingsdoses overeenkomend met een erytheem-effectieve bestralingsdosis van 200 J/m^2 (1 MED).

golflengte (nm)	actiespectrum	bestralingsdosis gelijk aan 1 MED (J/m^2)
≤ 297	1,000	200
298	0,975	205
299	0,887	225
300	0,730	274
301	0,565	354
302	0,437	458
303	0,337	593
304	0,260	769
305	0,200	100×10^1
306	0,154	130 "
307	0,118	169 "
308	$0,911 \times 10^{-1}$	220 "
309	0,701 "	285 "
310	$0,540 \times 10^{-1}$	370×10^1
311	0,417 "	480 "
312	0,323 "	619 "
313	0,250 "	800 "
314	0,194 "	103×10^2
315	0,150 "	133 "
316	0,115 "	174 "
317	$0,881 \times 10^{-2}$	227 "
318	0,672 "	298 "
319	0,515 "	388 "
320	$0,400 \times 10^{-2}$	500×10^2
321	0,318 "	629 "
322	0,262 "	763 "
323	0,221 "	905 "
324	0,192 "	104×10^3
325	0,171 "	117 "
326	0,155 "	129 "
327	0,143 "	140 "
328	0,134 "	149 "
329	0,127 "	157 "

(vervolg tabel 4)

330	$0,121 \times 10^{-2}$	165×10^3
331	0,117 "	171 "
332	0,112 "	179 "
333	0,108 "	185 "
334	0,104 "	192 "
335	$0,997 \times 10^{-3}$	201 "
336	0,958 "	209 "
337	0,923 "	217 "
338	0,891 "	224 "
339	0,862 "	232 "
340	$0,835 \times 10^{-3}$	240×10^3
341	0,810 "	247 "
342	0,786 "	254 "
343	0,765 "	261 "
344	0,744 "	269 "
345	0,725 "	276 "
346	0,707 "	283 "
347	0,689 "	290 "
348	0,672 "	298 "
349	0,655 "	305 "
350	$0,639 \times 10^{-3}$	313×10^3
351	0,623 "	321 "
352	0,607 "	329 "
353	0,591 "	338 "
354	0,575 "	348 "
355	0,558 "	358 "
356	0,542 "	369 "
357	0,525 "	381 "
358	0,508 "	394 "
359	0,490 "	408 "
360	$0,473 \times 10^{-3}$	423×10^3
361	0,455 "	440 "
362	0,436 "	459 "
363	0,417 "	480 "
364	0,398 "	503 "
365	0,379 "	528 "
366	0,358 "	559 "
367	0,335 "	597 "
368	0,312 "	641 "
369	0,288 "	694 "

(vervolg tabel 4)

370	$0,265 \times 10^{-3}$	755×10^3
371	0,243 "	823 "
372	0,223 "	897 "
373	0,205 "	976 "
374	0,189 "	106×10^4
375	0,175 "	114 "
376	0,164 "	122 "
377	0,154 "	130 "
378	0,147 "	136 "
379	0,142 "	141 "
380	$0,139 \times 10^{-3}$	144×10^4
381	0,137 "	146 "
382	0,135 "	148 "
383	0,134 "	149 "
384	0,132 "	152 "
385	0,130 "	154 "
386	0,128 "	156 "
387	0,127 "	157 "
388	0,125 "	160 "
389	0,124 "	161 "
390	$0,122 \times 10^{-3}$	164×10^4
391	0,121 "	165 "
392	0,119 "	168 "
393	0,118 "	169 "
394	0,116 "	172 "
395	0,115 "	174 "
396	0,113 "	177 "
397	0,112 "	179 "
398	0,110 "	182 "
399	0,109 "	183 "
400	$0,108 \times 10^{-3}$	185×10^4

.....

.....

Tabel 5 Actiespectrum te gebruiken bij onbedoelde blootstelling (huid/oog-actiespectrum) en bestralingsdoses overeenkomend met een huid/oog-effectieve bestralingdosis van 30 J/m^2 (drempelwaarde).

golflengte (nm)	actiespectrum	drempelwaarde bestralingsdosis (J/m^2)
180	0,03	1 000
190	0,03	1 000
200	0,03	1 000
205	0,051	590
210	0,075	400
215	0,095	320
220	0,12	250
225	0,15	200
230	0,19	160
235	0,24	130
240	0,30	100
245	0,36	83
250	0,43	70
254	0,50	60
255	0,52	58
260	0,65	46
265	0,81	37
270	1,0	30
275	0,96	31
280	0,88	34
285	0,77	39
290	0,64	47
295	0,54	56
297	0,46	65
300	0,30	100
303	0,12	250
305	$0,69 \times 10^{-1}$	500
308	$0,26 \times 10^{-1}$	1200
310	$0,15 \times 10^{-1}$	2000
313	$0,69 \times 10^{-2}$	4300
315	$0,42 \times 10^{-2}$	7200
320	$0,11 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^4$
325	$0,48 \times 10^{-3}$	$6,3 \times 10^4$
330	$0,34 \times 10^{-3}$	$8,9 \times 10^4$
335	$0,28 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^5$
340	$0,23 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^5$
345	$0,20 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^5$

(vervolg tabel 5)

350	$0,18 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^5$
355	$0,16 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^5$
360	$0,13 \times 10^{-3}$	$2,3 \times 10^5$
365	$0,11 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^5$
370	$0,74 \times 10^{-4}$	$4,1 \times 10^5$
375	$0,49 \times 10^{-4}$	$6,2 \times 10^5$
380	$0,39 \times 10^{-4}$	$7,8 \times 10^5$
385	$0,36 \times 10^{-4}$	$8,3 \times 10^5$
390	$0,34 \times 10^{-4}$	$8,9 \times 10^5$
395	$0,32 \times 10^{-4}$	$9,4 \times 10^5$
400	$0,30 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^6$

.....

.....

9 BLOOTSTELLING AAN UV STRALING VAN DE ZON

Blootstelling aan (UV) straling van de zon is ten dele onvermijdelijk. De mate van blootstelling zal afhangen van leefomstandigheden en gedrag. Een bovengrens van de bestralingsdosis van de zon op een bepaalde plaats wordt verkregen door integratie van de bestralingssterkte op die plaats over de tijd. De bestralingssterkte zal variëren met het tijdstip van de dag, de meteorologische omstandigheden en de samenstelling van de atmosfeer. In figuur 19 is het verloop van de erytheem-effectieve bestralingssterkte van de zonnestraling voor een heldere dag in de zomer en in de winter in Nederland gegeven. Bewolking is afwezig verondersteld en bij de berekening is uitgegaan van een dikte van de ozonlaag van 6 g/m^2 (overeenkomend met een dikte van 3 mm bij standaard temperatuur en druk) (Gr80).

De maximale dagelijkse erytheem-effectieve bestralingsdosis op onze breedtegraad bedraagt ongeveer 20 MED (4 kJ/m^2). Over het gehele jaar genomen is in Nederland ongeveer 1650 MED (330 kJ/m^2) beschikbaar (Sl85). Daarbij is gecorrigeerd voor de verzwakking door de bewolking.

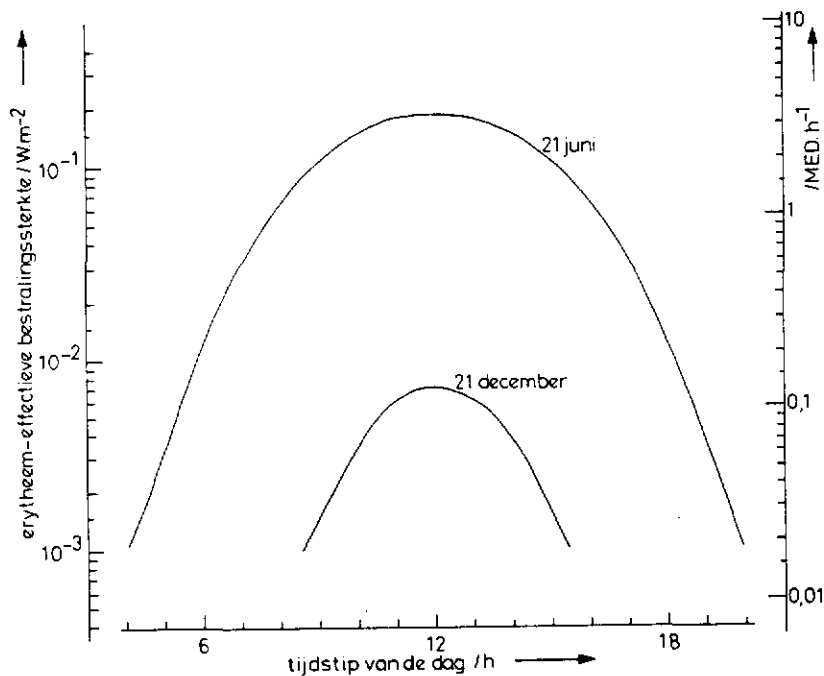
De feitelijke blootstelling van personen zal lager zijn. Daarbij spelen factoren als de tijdstippen en de tijdsduur van het buitenshuis verkeren een rol. Verder zal ook niet elk gedeelte van de huid in dezelfde mate worden bestraald, afhankelijk van de kleding die wordt gedragen. Tot op zekere hoogte zal de mate van invloed van deze factoren kenmerkend zijn voor een groep personen, zoals bij agrariërs en wegwerkers, die beroepshalve buiten verkeren. Veelal zullen de factoren echter van individu tot individu sterk verschillen en daarmee grote verschillen in de feitelijke bestralingsdosis

.....

met zich meebrengen. Verandering in het gedrag van mensen in onze maatschappij gedurende de afgelopen jaren heeft geleid tot een verhoogde blootstelling aan UV straling van de zon. Denk daarbij aan de toegenomen vrije tijd, de populariteit van 'zonzakanties' en het dragen van luchtige kleding.

Op grond van beperkte experimentele gegevens in samenhang met berekeningen wordt de jaarlijkse erytheem-effectieve bestralingsdosis (op hoofd en handen) in Nederland voor buitenwerkenden geschat op 300 MED (60 kJ/m^2) en voor binnenwerkenden op ongeveer 100 MED (20 kJ/m^2) (Sl85). Dit zijn gemiddelde waarden, waar omheen een grote spreiding mogelijk is. Een 'zonzakantie' van 3 weken in Zuid-Frankrijk of Spanje geeft een geschatte erytheem-effectieve bestralingsdosis van

.....



Figuur 19 Berekende erytheem-effectieve bestralingssterkte als functie van het tijdstip van de dag voor $52,5^{\circ}\text{NB}$ op 21 juni en 21 december. Bewolking is afwezig verondersteld en er is uitgegaan van een ozonlaag van 6 g/m^2 . Berekening volgens Gr80.

60 MED tot 75 MED (12-15 kJ/m²). Houdt men zich daarbij voornamelijk op het strand op dan zijn bestralingsdoses van 100 MED tot 150 MED (24-30 kJ/m²) niet uitgesloten.

Deze gegevens over de bestraling door de zon zullen in de volgende delen van dit advies gebruikt worden als referentie voor normen voor blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling.

.....

.....

.....

DEEL 3 BEDOELDE BLOOTSTELLING AAN UV STRALING DOOR
PARTICULIEREN

.....

10 UV-stralingsbronnen en particulieren

.....

11 Richtlijnen in het buitenland

.....

12 Uitgangspunten voor richtlijnen

.....

13 Richtlijnen

.....

.....

.....

10 UV-STRALINGSBRONNEN EN PARTICULIEREN

.....

10.1 Begripsbepaling en beoogde effecten

Dit hoofdstuk en de twee hiernavolgende handelen over het gebruik van UV-stralingsbronnen, zoals hoogtezonnen, zonnebanken en solaria, door particulieren. Hierbij wordt bedoeld op een bewuste blootstelling aan UV straling, hetzij in de privésfeer, hetzij in een commerciële instelling. De hier besproken bestralingen worden gekenmerkt door de afwezigheid van medische begeleiding.

De doeleinden van de bestraling laten zich ruwweg onderverdelen in bevordering van de gezondheid en in bruining. Mengvormen treden daarbij echter op. Bij de bestraling vanuit gezondheidsoogmerk gaat het veelal om een compensatie van het gemis aan zonnestraling. Zoals in paragraaf 6.3 is aangegeven kan er wetenschappelijk gezien slechts van vage associaties tussen de (UV-)bestraling door de zon en effecten op het organisme gesproken worden. De vorming van vitamine-D onder invloed van UV straling vormt daarbij een uitzondering.

De achtergrond van het oogmerk bruining moet waarschijnlijk worden gezocht in het feit dat in de westerse geïndustrialiseerde landen een gebruinde huid wordt gezien als een teken van vitaliteit en maatschappelijke status. Een andere reden voor bruining kan het verkrijgen van bescherming tegen de zon zijn. In paragraaf 6.4 is echter aangegeven dat bescherming tegen UV straling van de zon in eerste instantie wordt verkregen door verdikking van de huid en in mindere mate door (vertraagde) bruining. De directe pigmentatie, veroorzaakt door UVA straling, lijkt geheel geen beschermend effect te hebben.

.....

.....

10.2 Onderzoek

Het lijkt plausibel dat de opvatting over de werking van de zon op het organisme en over het genoegen van zonnebaden het gebruik van UV-stralingsbronnen door de bevolking zullen beïnvloeden. Deze veronderstelling wordt ondersteund door onderzoek van Greiter (Gr82). Bij enquêtes in verschillende landen bleek gemiddeld 40% van de ondervraagden te menen dat zonnebaden de gezondheid bevordert. Een derde van de ondervraagden gaf aan dat, hoewel mogelijk schadelijk, het zonnebad desondanks plezierig is.

Mede op initiatief van de commissie is door de Stichting Consument en Veiligheid onderzoek verricht naar het gebruik van UV-toestellen door particulieren in Nederland (Be86)*. Daaruit bleek dat in 221 van de 1507 ondervraagde huishoudens één of meer personen (in totaal 346) zich in 1984 (vanaf december 1983 tot december 1984) met een UV-lamp hadden laten bestralen. Geëxtrapoleerd naar de totale Nederlandse bevolking komt dat neer op 1 miljoen personen (7%) in 0,7 miljoen huishoudens (13%).

Van de ondervraagden die zich hadden laten bestralen, geeft ongeveer driekwart (72%) als reden voor de bestraling het verkrijgen van een gebruinde huid op, terwijl een volgende 9% naast bruining ook bevordering van de gezondheid noemt. Ongeveer 18% noemt bevordering van de gezondheid als enige reden. Overigens bleek daarvan de helft (10%) zich te bestralen in verband met huidaandoeningen. Deze groep valt eigenlijk buiten de huidige beschouwing, aangezien dat soort bestralingen meestal op medisch advies worden uitgevoerd. Geconcludeerd kan worden dat in Nederland bruining van de huid het voornaamste motief vormt voor het toepassen van kunstmatig opgewekte UV straling door particulieren.

.....

* Dit onderzoek is verricht in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en begeleid door de commissie.

.....

In het onderzoek is ook gevraagd naar de lokatie waar men zich liet bestralen. Meer dan de helft (58%) blijkt als 'thuisbestraler' aangeduid te kunnen worden; bestraling vindt plaats in de eigen woning of bij een vriend of kennis. Van degenen die zich in een commerciële instelling laten bestralen, geeft ongeveer 90% aan dat met bruining als reden te doen.

In de volgende paragrafen van dit hoofdstuk zullen nog andere resultaten van dit onderzoek naar voren worden gebracht.

.....

10.3 Stralingstoestellen

Voor bestraling thuis werd in het verleden veelal de hoogtezon gebruikt, een lamp met een relatief belangrijke UVB-component (zie hoofdstuk 5). Bij bestraling door particulieren in Nederland wordt deze lamp nog in een kwart van de gevallen toegepast, vrijwel in alle gevallen bij bestraling thuis. Het motief voor het gebruik van dit toestel is in meerderheid bevordering van de gezondheid (Be86). Mensen die zich bestralen in verband met huidaandoeningen gebruiken daartoe meestal een hoogtezon.

De laatste jaren zijn steeds meer toestellen in de handel gekomen met een relatief grote UVA-component. Legt de fabrikant op algemene bevordering van de gezondheid de nadruk (Wo--) dan is de resterende fractie UVB straling meestal groter dan indien slechts bruining het verkoopargument vormt (Ph--). De gebruikte lampen zijn meestal fluorescentielampen. Zijn hoge intensiteiten gewenst (bijvoorbeeld bij gelaatsbruining in een korte tijd of bij ruimtebestraling) dan maakt men gebruik van hogedruk-kwikhalogenide lampen voorzien van een filter. Dergelijke 'snelbruiners' treft men voornamelijk bij commerciële instellingen aan.

De gelaatsbruiner en de hoogtezon zijn toestellen voor partiële lichaamsbestraling. Daarnaast kunnen we onderscheiden:

- de zonnebank, waarbij men op een transparante kunststofplaat ligt, waaronder zich de UV (fluorescentie) lampen bevinden;
- de zonnehemel, waarbij men (meestal) van boven wordt bestraald;

- kleinere toestellen in de vorm van een tafelmodel of op een standaard.

Zonnebank en zonnehemel worden wel gecombineerd waardoor alzijdige bestraling van het lichaam mogelijk is. De zonnebank en de zonnehemel zijn de meest gebruikte apparaten met name bij bestraling in verband met bruining van de huid (Be86). In commerciële instellingen treft men onder de naam solarium (ook wel onder de naam zonnehemel) toestellen aan met hogedruk-kwikhalogenide lampen voorzien van een filter (Co86).

.....

10.4 Schatting van de bestralingsduur

In het Nederlands onderzoek (Be86) heeft men getracht om informatie over het aantal bestralingsbeurten en de bestralingsduur te verkrijgen. Het blijkt dat mensen zich gemiddeld tussen de 25 en 30 maal per jaar laten bestralen. Per type apparaat treden echter verschillen op. Zo wordt de zonnebank gemiddeld 30% minder vaak gebruikt, de zonnehemel een 20% vaker en de kleine UVA-toestellen zelfs 50% meer dan het gemiddelde van alle apparaten te zamen. Het gebruik van de hoogtezon komt met het totaal gemiddelde overeen. Deze verschillen hangen vermoedelijk samen met het gemak van een bepaald type apparaat voor de gebruiker.

De spreiding om de gemiddelde waarden is aanzienlijk. Een gebruik van een zonnebank van meer dan 25 maal per jaar komt voor; het extreem was 72 maal. Een zonnehemel wordt door iets minder dan een kwart van de gebruikers meer dan 50 maal per jaar benut. Een paar maal werd zelfs een aantal bestralingsbeurten van omstreeks 170 opgegeven. Het gebruik van een hoogtezon voor bruining bleef meestal tot minder dan 30 bestralingsbeurten per jaar beperkt, met een enkele uitzondering van 120 bestralingsbeurten per jaar. Bij gebruik van de hoogtezon in verband met huidandoeningen ligt het jaarlijks aantal bestralingsbeurten veel hoger; het gemiddelde ligt dan tussen de 40 en 50.

Uit het aantal aangegeven beurten kan een bestralingsduur worden afgeleid. Bij de zogenoemde UVA-apparaten ligt de

.....

bestralingstijd op 20 tot 30 minuten per bestraling. Dit betekent dan dat zonnebanken gemiddeld ongeveer 350 minuten per jaar worden benut en UVA-zonnehemels en de kleinere toestellen ruim 3 maal zo lang. Het gebruik van de hoogtezon is aanmerkelijk korter. Veel kuurvoorschriften geven een gemiddelde van twee minuten per bestraling aan. Bij apparaten met een geringere intensiteit kan dit oplopen tot 10 minuten. Afhankelijk van de aard van de lamp zal een hoogtezon per jaar tussen de 50 en 150 minuten gebruikt worden voor bruiningsdoeleinden.

.....

10.5 Schatting van de bestralingsdosis

Het schatten van een bestralingsdosis uit de informatie verkregen in het Nederlandse onderzoek (Be86) is een hachelijke zaak. De bestralingssterkte ter plaatse van de gebruiker en het stralingsspectrum is immers veelal niet bekend. Onder meer gebruikmakend van de opgave van het type apparaat (voor zover gedaan) is geprobeerd toch een indruk van de erytheem-effectieve bestralingsdosis te krijgen. Voor de UVA-apparaten komt men dan op ongeveer 0,8 MED (150 J/m^2) per bestralingsbeurt, terwijl voor de hoogtezonnen gebruikt voor bruining 2 MED (400 J/m^2) wordt geschat. Gemiddeld is de erytheem-effectieve bestralingsdosis voor UVA-zonnehemels en gelaatsbruinners ongeveer wat minder dan 30 MED (6 kJ/m^2) per jaar. Voor hoogtezonnen gebruikt voor bruining komt de schatting uit op 55 MED (11 kJ/m^2) per jaar.

Deze schattingen geven aan dat het gebruik van UV-toestellen voor bruining of algemene bevordering van de gezondheid per jaar gemiddeld een erytheem-effectieve bestralingsdosis van tussen de 20 en 60 MED (4 tot 12 kJ/m^2) met zich meebrengt. In vrijwel alle gevallen zal de jaarlijkse bestralingsdosis van een bepaald individu de 100 MED (20 kJ/m^2) niet overschrijden.

Er zij tot slot nogmaals op gewezen dat deze schatting niet meer dan een ruwe indicatie is. Nader onderzoek is nodig om meer betrouwbare getallen te verkrijgen.

.....

.....

10.6 Problemen ten gevolge van de bestraling

De jaarlijkse bestralingsdosis kan enige informatie geven over de chronische risico's (huidkanker) die samenhangen met het toepassen van UV-stralingsbronnen. Daarnaast is het optreden van acute effecten een risicobepalende factor.

In het Nederlandse onderzoek (Be86) zegt 85% van de mensen die zich in 1984 lieten bestralen geen problemen daarvan te hebben ondervonden. Van degenen die wel problemen hadden liet een vijfde zich in een ziekenhuis of door de huisarts behandelen. Het aantal personen is te gering voor een betrouwbare nadere statistische analyse. Als verschijnselen worden genoemd jeuk, een pijnlijke huid, een uitgedroogde huid en zonnebrand. Ook pijnlijke ogen komen voor. De zonnehemel en de hoogtezon gaven de meeste problemen.

.....

.....

11 RICHTLIJNEN IN HET BUITENLAND

.....

11.1 Overzicht

In enkele landen bestaan officiële richtlijnen voor de constructie en het gebruik van UV-toestellen voor bestraling van particuliere personen. De status van deze regelingen verschilt van land tot land. In sommige landen betreft het wettelijk vastgestelde produkteisen, terwijl elders sprake is van een officiële norm of van aanbevelingen voor de toepassing van de UV-stralingsbronnen. Een overzicht van de regelingen geeft tabel 6. Hoewel het overzicht niet pretendeert compleet te zijn, geeft het waarschijnlijk een representatief beeld van de aard van de regelingen in de (westerse) geïndustrialiseerde landen.

Zweden kent de strengste regeling. Voor het in bezit hebben en het toepassen van een UV-toestel is een vergunning vereist, tenzij het een toestel van een goedgekeurd type betreft. In de andere landen geldt geen vergunningstelsel.

.....

11.2 Bestralingssterkte

In verscheidene regelingen worden eisen gesteld aan de bestralingssterkte, zowel totaal als wat betreft de verdeling over het spectrum. In tabel 7 wordt een overzicht gegeven. Uit de tabel blijkt dat de diverse regelingen nogal verschillen. De verschillen aan de kortgolvlige zijde van het spectrum zijn van minder belang, gezien de absorptie van de straling door de lucht. Zo heeft men onlangs in de Verenigde Staten om het gebruik van kostbare apparatuur bij de controle van de UV-toestellen te vermijden, de ondergrens van het golflengtegebied van 180 naar 200 nm verhoogd.

.....

.....

Tabel 6 Overzicht van de officiële richtlijnen buiten Nederland voor het gebruik van UV-toestellen voor bruiningsdoel-einden.

land	jaar- tal	golflengte- bereik	regelingen
USA	1980	180-320 nm	produkteisen, wettelijk ver- plicht gesteld
Canada	1980	180-320 nm	produkteisen, wettelijk ver- plicht gesteld
Zweden	1982	200-400 nm	produkteisen; typegoedkeuring wettelijk verplicht gesteld
UK	1982	100-400 nm	aanbevelingen voor uitvoering, onderhoud en toepassing van UV-toestellen in commerciële instellingen; de aanbevelingen vormen een manier om aan alge- mene wettelijke verplichtingen te voldoen
BRD	1982	200-400 nm	meting, aanduiding en classi- ficering van UV-toestellen; ontwerp Duitse industriële norm (DIN)
Australië	1983	100-400 nm	onderhoud en toepassing van UV-toestellen in commerciële instellingen; Australische norm (een norm met produkt- eisen is in voorbereiding)
USA	1985	200-400 nm	produkteisen, wettelijk ver- plicht gesteld (wijziging van de voorschriften van 1980)

.....

.....

Tabel 7 Overzicht van richtlijnen voor de bestralingssterkte ter plaatse van de bestraalde persoon in de diverse officiële richtlijnen.

USA De totale bestralingssterkte in het golflengtegebied van 180-260 nm mag niet meer dan 0,3% bedragen van de totale bestralingssterkte in het gebied van 260-320 nm. In de wijziging van 1985 geldt de voorwaarde voor het gebied van 200-260 nm.

Canada Als in de USA.

Zweden De spectrale bestralingssterkte wordt gewogen met een voorgeschreven actiespectrum. De totale effectieve bestralingssterkte in het golflengtegebied van 200-280 nm mag niet meer bedragen dan 0,002 W/m², in het gebied van 280-315 nm niet meer dan 0,05 W/m². In het golflengtegebied van 315-400 nm mag de (ongewogen) bestralingssterkte niet meer bedragen dan 200 W/m², maar moet groter dan 20 W/m² zijn.

Australië De spectrale bestralingssterkte dient te worden gemeten met een voorgeschreven meetinstrument. In het golflengtegebied van 100-280 nm mag de zo gemeten totale bestralingssterkte niet meer bedragen dan 0,01% van de zo gemeten bestralingssterkte in het gebied van 100-400 nm; in het gebied van 280-300 nm is deze fractie 0,1% en in het gebied van 300-315 nm 1%. De totale bestralingssterkte in het gebied van 100-400 nm mag niet meer bedragen dan 200 W/m².

.....

De Zweedse en Australische regelingen schrijven (praktisch gesproken) een bovengrens van de (totale) bestralingssterkte van 200 W/m² voor. In Zweden kiest men daarbij voor een zo nauwkeurig mogelijke meting van de spectrale bestralingssterkte, en vervolgens in het UVC en UVB spectraal gebied een gewogen integratie. In Australië schrijft men een meetprocedure ter bepaling van de (totale) bestralingssterkte voor. Die verschillen in aanpak vloeien vermoedelijk voort uit het feit dat in Zweden de type-goedkeuring gebeurt op basis van me-

tingen door het nationale ijkwezen, terwijl de Australische norm zich richt op de exploitant en op controle ter plaatse.

De Duitse norm geeft een methode ter evaluatie van UV-toestellen door middel van de bepaling van een erytheem-effectieve en een pigment-effectieve bestralingssterkte. Men maakt daarbij gebruik van in de norm vastgelegde actiespectra, in het laatste geval voor de zogenoemde directe pigmentatie. Daarbij is de effectiviteit voor erytheem boven de 325 nm nihil verondersteld, terwijl onder de 300 nm de effectiviteit voor directe pigmentatie nihil is. De evaluatie bepaalt de type-aanduiding van de UV-toestellen.

De commissie tekent bij de Duitse norm aan, dat het gebruik van een actiespectrum voor directe pigmentatie op een misvatting berust. Het effect dat door mensen wordt beoogd, is vertraagde pigmentatie (bruining), waarbij UVB straling zeer effectief is, in tegenstelling tot bij directe pigmentatie. Het toepassen van de Duitse norm leidt ten onrechte tot het aanprijzen van toestellen die vrijwel uitsluitend UVA straling emitteren als bijzonder effectief voor bruining.

.....

11.3 Uitschakeling

De regelingen schrijven in het algemeen een limitering van de bestralingsduur voor. Deze limitering kan worden gerealiseerd met een instelbare tijdschakelaar. Daarnaast kan het uit veiligheidsoogpunt gewenst zijn de bestraling onmiddellijk te kunnen beëindigen. Dat kan met een zich binnen handbereik van de bestraalde persoon bevindende schakelaar, de zogenoemde noodschakelaar. Tabel 8 geeft een overzicht van de geldende regelingen.

.....

11.4 Oogbescherming

In diverse regelingen wordt het gebruik van oogbescherming (brillen, e.d.) verplicht gesteld. In het zichtbare deel van het spectrum dient de oogbescherming voldoende licht door te laten, zodat etiketten en andere aanduidingen leesbaar blijven. Zie tabel 9 bij paragraaf 13.5.

.....

.....

Tabel 8 Richtlijnen met betrekking tot het uitschakelen van het UV-toestel.

regeling	tijdschakelaar verplicht	bovengrens in te stellen tijd	noodschakelaar verplicht
USA (1980)	ja	10 min	nee
Canada (1980)	ja	10 min	nee
Zweden (1982)	ja	30 min	nee
UK (1982)	ja	-*	ja
Australië (1983)	ja	30 min	ja
USA (1985)	ja	-*	ja

* bovengrens door de fabrikant vast te stellen op grond van de aard van het UV-toestel.

.....

.....

11.5 Informatie

In de regelingen wordt ook aangegeven welke informatie aan de gebruiker van het toestel moet worden verstrekt. Een uitzondering vormt de Duitse norm, die zich uitsluitend richt op de technische controle van het UV-toestel. De gebruiker wordt geïnformeerd via etiketten op het toestel en via de handleiding. In Australië dient in commerciële instellingen een contract tussen de client en de beheerder van de desbetreffende instelling te worden gesloten; via het contract bevestigt de cliënt kennis te hebben genomen van de risico's die de bestraling met zich meebrengt.

Bij de informatie aan de gebruiker komen de volgende zaken aan de orde. Een aanduiding:

- dat UV straling wordt toegepast;
- van oogschade;
- van erytheem (zonnebrand);
- van huidveroudering en huidkanker;
- van de invloed van het huidtype op het effect van de bestraling;

-
- van de invloed van medicijnen;
 - van de invloed van cosmetica;
 - om bij problemen een arts te raadplegen.

.....

11.6 De kuur

In de Australische regeling worden aanwijzingen voor de bestralingskuur (in commerciële instellingen) gegeven. Voor de eerste bestralingsbeurt geldt daarbij een grenswaarde van de totale bestralingsdosis van 50 kJ/m^2 en voor elke volgende bestraling van 200 kJ/m^2 . De bestralingsdosis dient bepaald te worden uit een meting van de spectrale bestralingssterkte met een voorgeschreven meetinstrument. Tussen twee opeenvolgende bestralingen dient tenminste een tijdsinterval van 48 uur te liggen.

.....

11.7 Referenties

.....

USA (1980)

21 CFR, part 1040.20, Sunlamp products and ultraviolet lamps intended for use in sunlamp products (7 mei 1980)

.....

Canada (1980)

P.C. 1980-1652, part XI, Sunlamps (19 juni 1980)

.....

Zweden (1982)

SSI FS 1982: 1, The regulations of the Swedish national institute of radiation protection concerning sunlamps (februari 1982)

.....

UK (1982)

Guidance note GS 18 from the Health and Safety Executive, Commercial ultra-violet tanning equipment (december 1982)

.....
.....
BRD (1982)

Entwurf DIN 5050, Nichttherapeutische UV-Bestrahlungs-
geräte für den menschlichen Körper; Messung, Kenn-
zeichnung, Typeneinteilung (november 1982)

.....
Australië (1985)

Australian Standard 2635-1983, The installation, main-
tenance and operation of solarium for cosmetic purposes
(1983)

.....
USA (1985)

21 CFR part 1040.20, Sunlamp products; performance
standard: final rule, 50 Federal Register 36548-36552
(6 september 1985)

.....

.....

.....

12 **UITGANGSPUNTEN VOOR RICHTLIJNEN**

.....

12.1 Te beschouwen effecten

Mensen stellen zich voornamelijk aan kunstmatig opgewekte UV straling bloot om bruining van de huid te bewerkstelligen (paragraaf 10.2). Het is daarbij goed mogelijk om de ogen afdoende tegen de inwerking van UV straling te beschermen. Daarom kan bij het beschouwen van de wenselijkheid en de aard van richtlijnen voor een dergelijke bestraling de aandacht in de eerste plaats gericht worden op effecten in de huid.

Bij de hier bedoelde bestralingen zijn (acute) ongewenste huideffecten niet uitgesloten (zie paragraaf 10.6). Of blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling leidt tot chronische effecten als huidveroudering en huidkanker, is niet uit directe waarneming bij mensen bekend. Bij proefdieren is het optreden van huidkanker wel aangetoond (paragraaf 6.8). Gezien deze gegevens en de gevonden associatie tussen bestraling door de zon en huidkanker en huidveroudering gaat de commissie ervan uit dat ook blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling tot het risico van deze effecten bijdraagt.

Anderzijds bevordert UV straling in de huid de noodzakelijke produktie van vitamine-D in het lichaam (paragraaf 6.3). Een tekort aan UV straling kan dus evenzeer nadelig voor het organisme zijn. De commissie ziet geen reden om wat dit betreft een onderscheid te maken tussen 'natuurlijke' UV straling (van de zon) en kunstmatig opgewekte UV straling. In het bijzonder UVB straling is effectief bij de produktie van vitamine-D.

.....

Voor de acute schadelijke effecten geldt algemeen dat deze onder een bepaalde drempeldosis afwezig zijn. Deze drempeldosis kan onder invloed van allerlei omstandigheden, in het bijzonder het gebruik van bepaalde cosmetica en medicijnen, veranderen. Voor de chronische negatieve effecten geldt geen drempelwaarde. Het risico van huidkanker neemt toe met toenemende bestralingsdosis.

Als algemene uitgangspunten voor richtlijnen kiest de commissie:

- het vermijden van acute ongewenste effecten;
- het beperken van het risico van chronische effecten.

.....

12.2 Afweging van voor- en nadelen

Het achterliggende doel dat mensen met de bruining van de huid beogen te bereiken is in veel gevallen vermoedelijk de bevordering van het eigen welbevinden. Daarnaast kan de bestraling bijdragen aan de produktie van vitamine-D; een eventueel oogmerk van de bestraling als algemene bevordering van de gezondheid wordt daardoor gedekt. Het gewennen van de huid aan UV straling (zonlicht) kan ook een doel van het gebruik van UV-toestellen zijn. Bij het overwegen om van een UV-stralingsbron gebruik te maken, zal iemand deze voordelen van de bestraling tegenover de nadelen moeten plaatsen. Als de bestraling zo kan plaatsvinden dat acute effecten worden voorkomen, hebben de nadelen voornamelijk betrekking op het eventueel optreden van en overlijden aan huidkanker. De overheid zal bij het beoordelen van de wenselijkheid en de toelaatbaarheid van het gebruik van UV straling voor bruining en algemene bevordering van de gezondheid eveneens voor- en nadelen uit het oogpunt van de volksgezondheid moeten afwegen.

Voor het individu zal het praktisch onmogelijk zijn om bewust het voordeel van bruining tegen het nadeel van huidkanker af te wegen. Ook voor de overheid vormt een dergelijke afweging geen eenvoudige zaak. Voor het bereiken van de beoogde effecten is in het algemeen een blootstelling aan een erythem-effectieve bestralingsdosis van enkele tientallen MED

.....

(enkele kJ/m^2) per jaar noodzakelijk (zie hoofdstuk 6, hoofdstuk 10 en paragraaf 12.4 hierna). Deze waarde is kleiner dan het verschil in bestralingsdosis tussen binnen- en buitenwerkers veroorzaakt door de zon (zie hoofdstuk 9).

Een conclusie omtrent de wenselijkheid of de toelaatbaarheid van bedoelde blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling acht de commissie buiten haar werkterrein en dat van de Gezondheidsraad te vallen. Wel wordt hierna een mogelijke normstelling besproken, waarbij van de toelaatbaarheid van de bestraling wordt uitgegaan.

.....

12.3 Wenselijkheid en aard van richtlijnen

Het optreden van huidkanker, in elk geval dat van huidcarcinomen, hangt samen met de cumulatieve bestralingsdosis (zie paragraaf 6.8). Elke blootstelling zal het risico van dat effect in principe doen toenemen. Er is dus aanleiding de blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling te beperken zonder dat de met de bestraling beoogde effecten praktisch onmogelijk gemaakt worden.

De maatregelen om de bestraling te beperken, zijn van tweeërlei aard. De eerste soort betreft eisen aan de apparatuur, de tweede betreft voorlichting aan de gebruiker (en eventueel de exploitant van de apparatuur). Deze laatste soort maatregelen is van bijzonder belang, aangezien de bestraling in principe niet onder deskundig toezicht staat. Niets belet de gebruiker een bestraling veelvuldig te herhalen.

.....

12.4 De voor vitamine-D vorming benodigde bestralingsdosis

In paragraaf 6.3.1 is geschat dat een erytheem-effectieve bestralingsdosis door de zon van ongeveer 60 MED (12 kJ/m^2) in een jaar, op hoofd en handen bij blanken voldoende produktie van vitamine-D geeft. Deze schatting is gebaseerd op bestraling door de zon, dat wil zeggen door een bron waarbij de UVB component een belangrijke rol speelt.

Er zijn mensen met een relatief geringe blootstelling aan straling van de zon, bijvoorbeeld mensen die binnenshuis werken en weinig recreatieve activiteiten in de open lucht

.....

uitvoeren. De commissie acht het waarschijnlijk dat bij deze mensen blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling van enkele tientallen MED (5 tot 10 kJ/m²) een gunstige werking op het organisme heeft via de bijdrage aan de vorming van vitamine-D. Het is dan wel noodzakelijk dat het spectrum van de gebruikte stralingsbron een niet verwaarloosbare UVB component heeft.

.....

12.5 Uitgangspunt voor de richtlijnen

Een referentiepunt voor richtlijnen zou de natuurlijke blootstelling aan UV straling kunnen zijn. Op die manier wordt tevens rekening gehouden met de epidemiologische gegevens over het huidkankerrisico. In hoofdstuk 9 is geschat dat binnenshuis werkenden jaarlijks een erytheem-effectieve bestralingsdosis ontvangen van ongeveer 100 MED (20 kJ/m²) en buiten werkenden van ongeveer 300 MED (60 kJ/m²). Het verschil in huidkankerrisico samenhangend met een verschil in blootstelling aan straling van de zon is in het algemeen niet van invloed op de beroepskeuze (overgevoeligheden buiten beschouwing gelaten). Ook heeft de overheid het tot op heden niet noodzakelijk geacht speciale beschermende maatregelen te nemen voor meer aan de straling van de zon blootgestelden.

Deze overwegingen brengen de commissie ertoe als uitgangspunt voor richtlijnen een norm voor de erytheem-effectieve bestralingsdosis van 100 MED (20 kJ/m²) per jaar voor te stellen. Een dergelijke waarde valt binnen het verschil tussen buiten en binnen werkenden en maakt het bereiken van de gewenste effecten van de bestraling niet onmogelijk. De hierna voor te stellen richtlijnen zijn op deze norm gebaseerd.

Door Slaper en Van der Leun zijn berekeningen uitgevoerd van het huidkankerrisico volgens de methode beschreven in een recent artikel van deze onderzoekers (Sl86). Indien (binnenshuis werkende) groepen van de bevolking zich regelmatig (gedurende vele jaren) zouden blootstellen aan een extra bestralingsdosis van een honderdtal maal de MED per jaar, kan het risico op het optreden van huidcarcinomen bij deze groepen ongeveer verviervoudigen. De commissie acht een dergelijke

.....

situatie, mede op grond van de gegevens van het in hoofdstuk 10 genoemde onderzoek, echter niet waarschijnlijk.

Om een beter idee te krijgen van het risico van het gebruik van UV-toestellen onder de bevolking heeft men de gevolgen nagegaan van een blootstelling van 1 miljoen 15- tot 55-jarigen in de Nederlandse bevolking aan een erytheem-effectieve bestralingsdosis van 30 MED (6kJ/m^2). Vindt deze blootstelling jaar in jaar uit bij een dergelijke (niet noodzakelijkerwijs steeds dezelfde) groep plaats dan zal 5 tot 6% van het aantal huidcarcinomen in de Nederlandse bevolking met die blootstelling samenhangen. Daarbij is wel aangenomen dat de bestraalde groep de gebruikelijke verdeling van buiten- en binnenwerkers heeft. Gaat men er daarentegen vanuit dat juist binnenshuis werkenden gebruik maken van de UV-stralingsbronnen dan daalt de bijdrage tot het optreden van huidcarcinomen tot ongeveer 2%. In het laatste geval betreft het ongeveer 150 gevallen van huidkanker per jaar, en in het eerste ongeveer 350 gevallen per jaar. Het aantal extra sterfgevallen door huidcarcinomen zal met enkele per jaar toenemen. Ten overvloede zij hier opgemerkt, dat over een mogelijke toeneming van het optreden van melanomen door de bestraling geen uitspraak kan worden gedaan.

.....

.....

.....

13 RICHTLIJNEN

.....

13.1 Inleiding

In dit hoofdstuk doet de commissie aanbevelingen ter bevordering van het veilig gebruik van de UV-apparatuur. Daarbij blijft de aandacht beperkt tot aspecten die direct met de bestraling samenhangen. Voor andersoortige veiligheidsaspecten, onder andere met betrekking tot de elektrische veiligheid, zij verwezen naar de Nederlandse normen NEN 6101 (NE84a), NEN 6127 (NE84b) en de door het Internationaal Elektrotechnisch Comité uitgegeven aanvulling op de overeenkomstige IEC-normen (IE84).

Als hieronder wordt gesproken van UV-lamp wordt de eigenlijke bron van straling in het UV-toestel bedoeld. Het begrip kuur duidt een samenhangende serie bestralingsbeurten met bepaalde onderlinge tussenpozen aan. Met gebruiker wordt de persoon bedoeld die zich laat bestralen.

.....

13.2 Kuur

.....

Aanbeveling: De door de leverancier (en bij het commercieel uitvoeren van bestralingen door de exploitant) te verstrekken richtlijnen voor een bestralingskuur en het aantal kuren per jaar, dienen uit te gaan van een beperking van de jaarlijkse erytheem-effectieve bestralingsdosis tot 100 MED (20 kJ/m^2).

.....

Deze aanbeveling biedt een zekere mate van flexibiliteit, waardoor rekening gehouden kan worden met de aard van de apparatuur en de diverse gebruikswijzen. Het is niet wenselijk en ook niet goed mogelijk de algemene door de commissie voor-

.....

gestelde norm uit te werken in een strikte reglementering van een kuur.

De richtlijnen voor een kuur zullen in het algemeen worden uitgedrukt in aan te houden bestralingstijden. Bij het aangeven van die tijden dient rekening te worden gehouden met vermindering van de bestralingssterkte door veroudering van de lampen. Van belang is ook de afstand tot de stralingsbron. Aangezien bij diverse UV-toestellen deze afstand niet door de constructie van het apparaat is vastgelegd, is een duidelijke instructie over de ten opzichte van de stralingsbron in te nemen positie noodzakelijk. De aanbevelingen van de commissie hebben betrekking op de bestralingssterkte en de bestralingsdosis ter plaatse van de gebruiker.

.....

Aanbeveling: De erytheem-effectieve bestralingsdosis bij de eerste bestralingsbeurt van een kuur dient beperkt te blijven tot 0,5 MED (100 J/m^2).

.....

Aanbeveling: De erytheem-effectieve bestralingsdosis van elke volgende bestralingsbeurt mag ten hoogste 1,5 maal de bestralingsdosis van de direct voorafgaande bestralingsbeurt bedragen.

.....

Aanbeveling: Tussen de eerste en de tweede bestralingsbeurt van een kuur dient een periode van tenminste twee etmalen in acht genomen te worden. Daarna dient tussen opeenvolgende bestralingsbeurten van een kuur tenminste een periode van één etmaal in acht genomen te worden.

.....

Deze aanbevelingen beogen te bereiken dat een overgevoeligheid voor UV straling, leidend tot ongewenste acute effecten, bij een zo kleine mogelijke bestralingsdosis wordt opgespoord. De voorgestelde bestralingsdosis voor de eerste bestralingbeurt zal bij sommige personen reeds acute effecten, zoals erytheem, kunnen veroorzaken.

Een toeneming van de bestralingsdosis kan nodig zijn om te compenseren voor de gewenning van de huid (huidverdik-

king, bruining). Deze compensatie is echter niet altijd in dezelfde mate nodig en kan bijvoorbeeld bij apparatuur waarbij de UVB component vrijwel uit het spectrum is verdwenen, veelal achterwege blijven. De aanbevolen grens voor de toeneming beoogt te sterke huidreacties te voorkomen.

Tenslotte dient nog te worden opgemerkt dat een wachperiode van één dag tussen opeenvolgende bestralingsbeurten niet altijd voldoende is om een acute huidreactie van de straling met foto-actieve stoffen in de huid op te sporen. Het is daarom gewenst de kuur direct te beëindigen bij het waarnemen van dergelijke huidreacties.

.....
Aanbeveling: Bestraling dient achterwege te blijven bij gebruik van foto-actieve medicamenten. In geval van twijfel winne men eerst medisch advies in.

.....
 Diverse medicamenten bevatten stoffen die de gevoeligheid voor de inwerking van UV straling verhogen. Dit betreft zowel uitwendig aangebrachte geneesmiddelen als ingenomen medicijnen. In bijlage C zijn enkele voorbeelden vermeld.

.....
Aanbeveling: Tenminste 3 uur voor aanvang van de bestraling dient de huid gereinigd te zijn van cosmetica.

.....
 Voor cosmetica geldt hetzelfde als voor medicijnen. De periode van 3 uur hangt samen met het feit dat cosmetica de huid kunnen binnendringen en dus niet eenvoudig door wassen te verwijderen zijn. Beter is het om gedurende de periode van de dag voorafgaand aan de bestraling geen cosmetische middelen te gebruiken.

.....
Aanbeveling: Het gebruik van anti-zonnebrandmiddelen tijdens een bestraling dient te worden afgeraden.

.....
 Anti-zonnebrandmiddelen geven een vermindering van de spectrale bestralingssterkte, die voor de verschillende delen van het spectrum verschillend kan zijn. Bij gebruik van een

.....

dergelijk middel zijn de kuurvoorschriften, die gebaseerd zijn op een onbehandelde huid, niet meer toepasbaar. Bovendien bevatten sommige preparaten foto-actieve verbindingen die bij de bestraling tot ongewenste reacties aanleiding zouden kunnen geven.

.....

13.3 Bijzondere situaties

.....

Aanbeveling: Personen met een bijzonder gevoelige (type I) huid dienen extra bedacht te zijn op ongewenste reacties in de huid veroorzaakt door de bestraling.

.....

Deze personen kunnen in veel gevallen reeds erytheem krijgen bij blootstelling aan een erytheem-effectieve bestralingsdosis van 0,5 MED (100 J/m^2). Het verminderen van de eerste bestralingsdosis tot 0,25 MED (50 J/m^2) verdient in dit geval aanbeveling. Overigens zullen mensen met huidtype I niet of nauwelijks bruinen door de bestraling.

.....

Aanbeveling: Bij de bestraling dient de ongewogen bestralingssterkte beperkt te blijven tot 1 kW/m^2 .

.....

Bestralingssterkten van meer dan 1 kW/m^2 kunnen een zodanige verhoging van de huidtemperatuur geven dat thermische schade (verbranding) kan optreden. De bestralingssterkte heeft betrekking op de totale bestralingssterkte van de door de UV-lamp uitgezonden elektromagnetische straling.

.....

13.4 Voorzieningen

.....

Aanbeveling: UV-toestellen dienen voorzien te zijn van een mechanisme waarmee de voorgeschreven bestralingstijd kan worden ingesteld (tijdschakelaar). Na het beëindigen van deze periode dient het mechanisme het toestel automatisch uit te schakelen.

.....

De automatische uitschakeling voorkomt bestralingsdo-

.....

ses groter dan de bedoelde waarde, bijvoorbeeld als iemand tijdens de bestraling in slaap valt. Bij gebruik van UV-lampen voor ruimtebestraling is een tijdschakelaar niet praktisch. De commissie acht een dergelijke situatie alleen aanvaardbaar indien men bij het betreden van de ruimte duidelijke instructies ontvangt over de in acht te nemen verblijfsduur.

.....

Aanbeveling: UV-toestellen waarbij de gebruiker zich niet gemakkelijk van de stralingsbron kan verwijderen, dienen voorzien te zijn van een schakelaar waarmee het toestel kan worden uitgezet. Deze schakelaar dient zich binnen handbereik van de gebruiker te bevinden.

.....

Een voorbeeld van een dergelijk toestel is een combinatie van zonnebank en zonnehemel.

.....

Aanbeveling: Bij toestellen waarbij de erytheem-effectieve bestralingssterkte afhangt van een tussen de gebruiker en de UV-lamp geplaatst filter dient het toestel onwerkzaam te zijn indien dat filter afwezig is.

.....

Deze aanbeveling is vooral van belang bij toestellen voorzien van hoge-druk-kwiklampen, waarbij het filter de bestralingssterkte in het UVB-spectraal gebied in aanzienlijke mate vermindert (zie figuur 5).

.....

13.5 Ogen

.....

Aanbeveling: Bij elk UV-toestel dienen oogbeschermingsmiddelen, in de vorm van brillen, oogdopjes, e.d., te worden meegeleverd. De exploitant van een instelling waar men zich kan laten bestralen, dient deze oogbeschermingsmiddelen aan de gebruiker ter beschikking te stellen. De transmissie-eisen voor deze oogbeschermingsmiddelen zijn vermeld in tabel 9.

.....

Bij bestralingsdoses per bestralingsbeurt die voldoen aan de aanbevelingen in paragraaf 13.2, is schade aan de ogen

Tabel 9 Spectrale transmissie van oogbeschermingsmiddelen

golflengte (λ) (nm)	maximale transmissie
$240 \leq \lambda \leq 320$	0,1%
$320 < \lambda \leq 400$	1%
$400 < \lambda \leq 500^*$	5%

* Een aanbeveling voor dit golflengtegebied is opgenomen, omdat er aanwijzingen zijn dat langdurig kijken naar erg helder blauw licht schadelijk kan zijn.

niet uit te sluiten. Vandaar dat de commissie het ter beschikking stellen van speciale oogbeschermingsmiddelen aanbeveelt. Er kan niet van worden uitgegaan dat een zonnebril aan de door de commissie gestelde eisen voor de transmissie van UV straling en licht voldoet. De commissie meent dat het gebruik van de oogbeschermingsmiddelen niet verplicht behoeft te worden gesteld. Er zullen gebruikers zijn die om cosmetische redenen de voorkeur geven aan het gesloten houden van de ogen. Ook op die wijze kunnen de ogen adequaat worden beschermd.

13.6 Aanduidingen

Aanbeveling: Een UV-toestel dient voorzien te zijn van een op een in het oog lopende plaats aangebracht etiket, dat wijst op de emissie van UV straling, op het potentiële risico van de blootstelling aan die straling en op het volgen van de in de handleiding gegeven instructies.

De boodschap op het etiket moet kort en krachtig zijn; een beeldmerk en enkele trefwoorden zijn voldoende. In bepaalde situaties, bijvoorbeeld bij de al eerder genoemde ruimtebestraling, kan het wenselijk zijn het etiket met een aantal in-

.....

structies uit te breiden, aangezien personen dan veelal geen
afzonderlijke handleiding zullen raadplegen.

.....

Aanbeveling: Nabij de lampfitting dient een etiket te zijn
geplaatst met de vermelding de UV-lamp alleen te vervangen
door een lamp van het op dat etiket aangegeven type.

.....

De bestralingssterkte hangt sterk af van het lamptype.
Aangezien diverse typen dezelfde fitting kunnen hebben, is een
verwisseling met ander type en dus een wijziging van de be-
stralingssterkte niet denkbeeldig. Dit kan ingrijpende conse-
quenties hebben voor de gebruiker, zowel voor wat betreft de
bedoelde als voor de ongewenste gevolgen van de blootstelling
aan UV straling. Het monteren van een lamp van een ander type
zou alleen mogen geschieden op instructie van de fabrikant van
het UV-toestel onder gelijktijdige verstrekking van een nieu-
we, aangepaste gebruiksaanwijzing.

.....

13.7 Voorlichting en instructie

.....

Aanbeveling: Verkoopbrochures en dergelijke informatie dienen
melding te maken van de risico's verbonden aan de blootstel-
ling aan UV straling. Afbeeldingen waarbij de indruk wordt
gewekt dat de bestraling met geopende, onbeschermden ogen kan
worden ondergaan, dienen vermeden te worden.

.....

Aanbeveling: Elk toestel dient voorzien te zijn van een hand-
leiding waarin de bediening van het toestel wordt aangegeven,
instructies worden gegeven voor de bestralingskuur en informa-
tie wordt verstrekt over mogelijke risico's samenhangend met
de blootstelling aan UV straling.

.....

Het veilig gebruik van UV-toestellen door particulie-
ren berust voornamelijk op het voldoende geïnformeerd zijn van
de gebruiker. Schriftelijke voorlichting zowel voorafgaand aan
de aankoop als bij het gebruik is dus van belang. Bij bestra-
ling in commerciële instellingen zal vanwege de exploitant

.....

deskundige mondelinge voorlichting moeten worden verstrekt. In die situaties zullen gebruikers namelijk niet de neiging hebben handleidingen te raadplegen. Wel dient hen ook een eenvoudige schriftelijke instructie ter hand te worden gesteld.

.....

13.8 Nauwkeurigheid en onzekerheden

De gegevens over de inwerking van UV straling op de huid zijn op diverse punten onzeker. Daarnaast hebben we steeds te maken met verschillen in effect tussen mensen onderling.

Diverse aanbevelingen zijn van invloed op de bestralingstijd. De commissie acht een nauwkeurigheid van 10% bij het instellen van de bestralingstijd voldoende. Door variatie in de produktie, door veroudering en door vervuiling, zal de bestralingssterkte van UV-lampen worden beïnvloed. De commissie acht een overschrijding van de aanbevolen bestralingsdoses en bestralingssterkten met ten hoogste 20% toelaatbaar.

.....
.....
DEEL 4 ONBEDOELDE BLOOTSTELLING AAN UV STRALING

.....
14 Aard van de blootstelling

.....
15 Normen voor onbedoelde blootstelling

.....
16 Beperking van de blootstelling

.....

In hoofdstuk 3 is aangegeven dat onderscheid zou kunnen worden gemaakt tussen bedoelde en onbedoelde blootstelling aan UV straling. In deel 3 van dit advies is de bedoelde blootstelling besproken. Hier komt de onbedoelde bestraling aan de orde.

In tabel 1 (hoofdstuk 3) is een overzicht gegeven van situaties waarin personen onbedoeld aan UV straling kunnen worden blootgesteld. De tabel geeft aan dat zowel personen in de arbeidssituatie ('werkers'), als min of meer willekeurige leden van de bevolking ('publiek') kunnen worden bestraald. In de tabel komt men situaties tegen waarbij kunstmatig opgewekte UV straling wordt gebruikt om een bepaald effect teweeg te brengen. Daarnaast zijn er omstandigheden waaronder de blootstelling aan UV straling een niet bedoelde bijkomstigheid is. Een voorbeeld van het eerste is het toepassen van UV straling voor het doden van kiemen. Bij lasprocessen is de door de lasboog uitgezonden UV straling een onbedoeld (en ongewenst) neveneffect. Voor het vaststellen van normen is dit onderscheid overigens niet van belang.

De situaties waarin blootstelling aan UV straling kan optreden, kunnen verder worden onderscheiden naar de stralingsbron: de zon of een kunstmatige stralingsbron. Bestraling kan plaatsvinden in bedrijfsruimten of in publieksruimten. Onder dit laatste ressorteert bijvoorbeeld het gebruik van 'zwart-licht' lampen bij theater en lichtshow, maar ook het toepassen van een UV-lamp voor het reinigen van aquariumwater in de huiskamer.

Bij een beoordeling van de nadelige effecten en het daaruit voortvloeiende risico van de blootstelling aan UV straling is het soms noodzakelijk naast de directe inwerking

van de straling op huid en oog andere effecten te beschouwen. In de drukwerkindustrie bijvoorbeeld kunnen werkers tegelijkertijd worden blootgesteld aan UV straling en aan foto-actieve stoffen. Deze gecombineerde blootstelling kan een schadelijke werking hebben, naast de effecten die door elk van de agentia afzonderlijk wordt teweeggebracht. Bij lasprocessen dragen fotochemisch gevormde produkten in de lasrook in belangrijke mate bij tot het beroepsrisico. De normen die in dit rapport worden aanbevolen houden met dergelijke werkingen echter geen rekening.

.....

.....

15 NORMEN VOOR ONBEDOELDE BLOOTSTELLING

.....

15.1 Principes

Bij onbedoelde blootstelling aan een (mogelijk) schadelijk agens als UV straling is er steeds sprake van een afweging van het risico van de blootstelling tegen het nut van een toepassing of activiteit waarbij de blootstelling optreedt. Deze afweging valt verder buiten het kader van dit rapport (vergelijk paragraaf 12.2).

Is de blootstelling aan UV straling onvermijdelijk en acht men deze in principe gerechtvaardigd, dan is het vervolgens zaak de blootstelling zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te beperken. Daarbij zal men in de eerste plaats dienen te zoeken naar mogelijkheden om de stralingsbron zo af te scherpen, dat bestraling van personen vermeden wordt. Pas daarna volgen maatregelen die de duur van blootstelling beperken en de afstand tot de stralingsbron vergroten. Is ondanks al deze inspanningen een verdere reductie van de bestralingsdosis gewenst, dan kan men het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen overwegen. Deze aanpak komt overeen met die op andere deelgebieden van de arbeids- en milieuhygiëne en behoeft daarom hier geen gedetailleerde uitwerking.

Bij het treffen van maatregelen om de blootstelling te beperken kan rekening gehouden worden met het feit dat blootstelling van de huid aan UV straling ook een positieve invloed op het organisme heeft (produktie van vitamine-D, zie paragraaf 6.3). Hierbij zou men als uitgangspunt kunnen nemen de (onvermijdelijke) dagelijkse bestralingsdosis van de zon.

Om te voorkomen dat een individu een onaanvaardbaar gezondheidsrisico loopt, zijn individuele blootstellingslimie-

.....

ten van belang. Aangezien UV straling huidkanker kan teweegbrengen (paragraaf 6.8), waarbij niet van een drempeldosis kan worden uitgegaan, kunnen deze blootstellingslimieten niet beschouwd worden als grenswaarden, waaronder geen schadelijk effect optreedt.

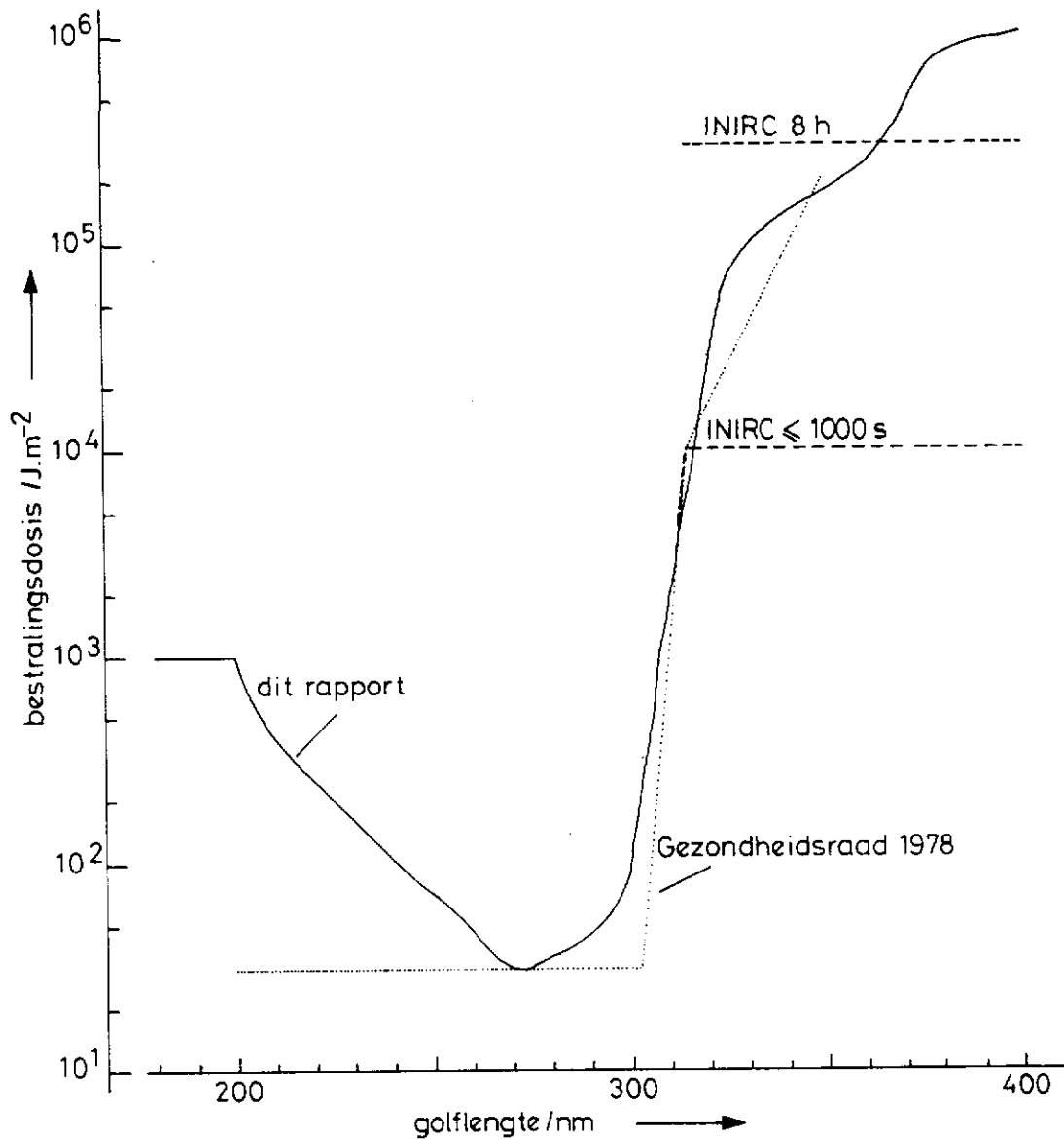
De door de commissie hierna aan te bevelen blootstellingslimieten zijn gebaseerd op een tweetal uitgangspunten. Enerzijds dienen effecten waarvoor een drempeldosis geldt, vermeden te worden. Daarnaast moeten chronische effecten, zoals de inductie van huidkanker, waarvoor die drempelwaarde niet geldt, tot een redelijk geachte waarde worden beperkt.

.....

15.2 Acute effecten

Bij de acute effecten staan het optreden van erytheem bij bestraling van de huid en van hoorn- en bindvliesontsteking bij bestraling van de ogen voorop. In hoofdstuk 8 is het huid/oog-actiespectrum gedefinieerd. Beperking van de huid/oog-effectieve bestralingsdosis tot 30 J/m^2 zal ook bij personen die relatief gevoelig zijn voor UV straling acute effecten voorkomen. In figuur 20 is de met deze limietwaarde overeenkomende bestralingsdosis als functie van de golflengte uitgezet (vgl. kolom 3 in tabel 5). De limiet voor de huid/oog-effectieve bestralingsdosis van 30 J/m^2 is van toepassing bij blootstelling over een (werk)dag. Naar de mening van de commissie is deze limiet zowel bruikbaar in beroepssituaties als daarbuiten.

Er zijn personen met een overgevoeligheid voor UV straling (fotodermatose), bij wie onder meer bij een kortdurend verblijf in de zon een pathologische huidreactie optreedt. Deze overgevoeligheid kan veroorzaakt worden door foto-actieve stoffen in bijvoorbeeld cosmetica en geneesmiddelen. Ook foto-toxische reacties komen voor. Het is onmogelijk om bij het vaststellen van grenswaarden met deze verschijnselen rekening te houden. Personen bij wie de ooglenzen operatief verwijderd is, zullen ook bij het inacht nemen van de voorgestelde limiet de ogen moeten beschermen om schade aan het netvlies te voorkomen (zie paragraaf 7.7).



Figuur 20 De door de commissie voorgestelde blootstellingslimiet voor onbedoelde blootstelling aan UV straling (huid/oog, tabel 5), te zamen met een eerder voorstel van de Gezondheidsraad (Gr78) en internationale aanbevelingen (INIRC = International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association; IN85a).

De door de Gezondheidsraad in 1978 voorgestelde grens-
waardecurve voor acute effecten (Gr78) en de recent door de
International Radiation Protection Association aanbevolen
blootstellingslimieten (IN85a)* zijn ook in figuur 20 weerge-
geven. Bij golflengten groter dan 310 nm hangen de verschillen
tussen de hier voorgestelde curve en die uit het vorige rap-
port van de Gezondheidsraad (Gr78) samen met het feit dat
thans meer gegevens over de vorming van erytheem door UVA
straling bekend zijn. Bij golflengten kleiner dan 300 nm geeft
het eerdere rapport (Gr78) een constante blootstellingslimiet
van 30 J/m^2 aan; een dergelijke blootstellingslimiet treft
men veelal aan bij normen voor coherente stralingsbronnen (la-
sers) (IN85b). De reden voor het aanvaarden van die curve in
plaats van de hier voorgestelde is vermoedelijk gelegen in de
wens de toch al gecompliceerde blootstellingslimieten voor
lasers zoveel mogelijk te vereenvoudigen (Sc84). De blootstel-
lingslimieten voor niet-coherente stralingsbronnen echter,
vermeld in tabel 5 en figuur 20, hebben voor zover het het UVC
en UVB spectraal gebied betreft, op ruime schaal ingang gevon-
den en sluiten bovendien goed aan bij de resultaten van het
onderzoek. Daarom ziet de commissie geen aanleiding een daar-
van afwijkende aanbeveling te doen.

In het UVA spectraal gebied wijkt de in dit rapport
voorgestelde curve af van de internationaal voorgestelde
(IN85a). Daarop wordt in de volgende paragraaf ingegaan.

.....

15.3 Staar

In paragraaf 7.4 is aangegeven dat blootstelling van
de ogen aan UVA straling zou kunnen bijdragen tot het risico
van staarvorming. Indien de in de vorige paragraaf voorgestel-
de blootstellingslimieten worden aangehouden, acht de commis-

.....

* Dezelfde blootstellingslimieten zijn reeds geruime
tijd geleden door de American Conference of Governmen-
tal Industrial Hygienists (ACGIH) opgenomen in de door
deze instantie uitgegeven lijst van grenswaarden
(Threshold Limit Values).

.....

sie een dergelijk risico alleen bij een geregelde bestraling gedurende vele jaren van belang. Dat kan het geval zijn in bepaalde beroepssituaties of bij de behandeling van patiënten met UV straling. In het laatste geval zal in het algemeen aan bescherming van de ogen reeds aandacht worden besteed.

Er zijn beroepssituaties waarin de blootstelling aan UV straling een niet-incidenteel karakter heeft en dientengevolge vele jaren achtereen kan plaatsvinden. In die gevallen is het wenselijk de ogen extra tegen UVA straling te beschermen om een te grote bestraling van de ooglenzen te voorkomen.

De commissie meent dat in dat verband een richtwaarde voor de (ongewogen) bestralingssterkte in het UVA spectraal gebied van 1 W/m^2 kan worden gehanteerd. Deze waarde is wat ruimer dan de in het vorige rapport van de Gezondheidsraad (Gr78) aanbevolen $0,4 \text{ W/m}^2$. De reden hiervan is dat er situaties met 'normaal' geachte verlichting zijn met bestralingssterkten groter dan die laatste waarde. Tevens zij benadrukt dat er nauwelijks experimentele gegevens zijn om de richtwaarde te onderbouwen. Verder zal de bestraling van de ooglenzen veelal minder zijn dan de bestralingssterkte ter plaatse van het oog aangeeft. Dit is des te meer het geval, naarmate de UV straling een meer diffuus karakter heeft.

Het gaat hier om een richtwaarde en niet om een grenswaarde van de UVA bestralingssterkte. Een incidentele overschrijding van deze norm zal namelijk niet tot schadelijke effecten in het oog aanleiding behoeven te geven.

De voorgestelde richtwaarde kan worden vergeleken met de blootstelling aan straling van de zon, die immers ook in veel gevallen een chronisch karakter draagt. Zoals onder andere uit paragraaf 5.3 is af te leiden, bedraagt de bestralingssterkte van de zon niet meer dan 50 W/m^2 . Die waarde geldt dan op het middaguur van een heldere dag in de zomer. Ongeveer de helft van die waarde is afkomstig van directe straling en de rest van de verstrooide straling. Aannemende dat slechts de verstrooide straling het oog bereikt, kunnen we afleiden dat de bestralingssterkte op de ooglenzen niet meer dan enkele procenten van de beschikbare bestralingssterkte zal bedragen, dat

.....

wil zeggen niet meer dan 1 à 2 W/m². Dat is dus de situatie midden op de heldere zomerdag. Gecumuleerd over vele jaren zal de bestralingssterkte meer dan een orde van grootte lager zijn.

Door de IRPA en de ACGIH (IN85a) is voorgesteld de bestralingssterkte in het UVA spectraal gebied te beperken tot 10 W/m². De commissie acht het echter beter om bij (mogelijk) chronische blootstelling de hierboven voorgestelde 1 W/m² als richtwaarde te hanteren.

.....

15.4 Huidkanker

Eerst zal worden nagegaan wat het aanhouden van de op acute effecten gebaseerde blootstellingslimiet voor gevolgen heeft voor het huidkankerrisico. Probleem daarbij is dat die blootstellingslimiet niet is gebaseerd op het erytheem-actiespectrum, dat ook bruikbaar wordt geacht voor de inductie van huidkanker (zie paragraaf 6.8 en hoofdstuk 8). Voor een polychromatische bron zal de erytheem-effectieve bestralingssterkte in het algemeen niet meer dan tweemaal groter zijn dan de huid/oog-effectieve bestralingssterkte. In extreme gevallen kan het verschil oplopen tot een factor 5. Dit betekent dus dat de limietwaarde van de huid/oog-effectieve bestralingsdosis van 30 J/m² overeenkomt met een erytheem-effectieve bestralingsdosis van ruwweg 0,3 MED (60 J/m²); in een extreem geval zal de overeenkomende erytheem-effectieve dosis 0,7 MED (150 J/m²) kunnen bedragen. Het aanhouden van de limietwaarde voor acute effecten zal in de praktijk een gemiddelde extra blootstelling aan UV straling per dag geven van aanmerkelijk minder dan een erytheem-effectieve bestralingsdosis van 1 MED (200 J/m²); een waarde van 0,1 MED (20 J/m²) lijkt geen onredelijke schatting.

Het verschil in blootstelling tussen buitenwerkers en binnenwerkers, uitgedrukt in een erytheem-effectieve bestralingsdosis, bedraagt ongeveer 1 MED (200 J/m²) per werkdag (zie hoofdstuk 9). Van der Leun en Slaper hebben berekend dat met een dergelijk verschil in bestralingsdosis een vergroting van het huidkankerrisico van ongeveer een factor 5 overeenkomt (voor de berekeningsmethode zie Sl86). Wordt een binnen-

.....

werker gedurende 40 werkjaren dagelijks aan een extra erythem-effectieve bestralingsdosis van 0,1 MED (20 J/m^2) blootgesteld, dan geeft dat een toeneming van het huidkanker-risico met ongeveer 25%.

Het risico van huidkanker bij chronische blootstelling aan UV straling met inachtneming van de blootstellingslimieten gebaseerd op acute effecten, is dus veel geringer dan het extra risico veroorzaakt door het voortdurend uitvoeren van werkzaamheden in de open lucht. Op grond daarvan meent de commissie dat een aparte blootstellingslimiet voor chronische bestraling, niet nodig is.

In het vorige rapport van de Gezondheidsraad (Gr78) achtte men bij chronische blootstelling een dagelijkse erythem-effectieve bestralingsdosis van 0,15 MED zonder meer, en waarden tussen 0,15 MED en 0,45 MED voorwaardelijk aanvaardbaar. We zien dat die norm niet veel verschilt van de norm voor acute blootstelling, zeker indien men bedenkt dat het begrip blootstellingslimiet niet dezelfde betekenis heeft als aanvaardbaar niveau*.

.....

15.5 Conclusie

De commissie meent dat onbedoelde blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling zoveel als redelijkerwijs mogelijk is beperkt dient te worden. Bij bestraling van de huid van de orde van de gebruikelijke, onvermijdelijke bestralingsdoses van de zon zouden beschermende maatregelen achterwege kunnen blijven. Dit is verantwoord gezien de positieve inwerking van UV straling op het organisme via bestraling van de huid (vorming van vitamine-D).

.....

* In het rapport van de Gezondheidsraad uit 1978 (Gr78) concludeerde men dat de norm voor chronische blootstelling veel strenger was dan die voor acute blootstelling. Dit komt doordat men ten onrechte een erythem-effectieve bestralingsdosis van 1 MED gelijkstelde aan een huid/oog-effectieve bestralingsdosis van 30 J/m^2 .

.....

De blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling van een individu dient in elk geval beperkt te worden tot een huid/oog-effectieve bestralingsdosis van 30 J/m^2 per dag. Deze waarde is zowel bruikbaar voor beroepsmatig als voor niet-beroepsmatig blootgestelden. In geval de onbedoelde blootstelling een chronisch karakter draagt, zoals het geval kan zijn bij bepaalde beroepen, dient extra aandacht te worden besteed aan een beperking van de bestralingssterkte op het oog. Daarvoor beveelt de commissie een richtwaarde voor de bestralingssterkte in het spectraal gebied van 315 tot 400 nm van 1 W/m^2 aan.

.....
.....
16 BEPERKING VAN DE BLOOTSTELLING.....
16.1 Inleiding

In dit hoofdstuk doet de commissie aanbevelingen om de onbedoelde blootstelling aan UV straling te beperken. Deze aanbevelingen hebben een globaal karakter; een gedetailleerde uitwerking valt buiten het kader van dit rapport. Hoewel dit rapport handelt over blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling wordt in dit hoofdstuk ook enige aandacht geschonken aan een beperking van onbedoelde blootstelling aan zonnestraaling.

.....
16.2 Blootstelling in werkruimten

Scheiding van de werkruimte waarin de UV-stralingsbronnen worden toegepast van voor het publiek algemeen toegankelijke ruimten en van andere werkruimten, is een middel om het aantal blootgestelde personen te beperken. Men kan dan de aandacht voornamelijk richten op de personen die werkzaamheden met of in de directe nabijheid van de stralingsbronnen uitvoeren. Bij tijdelijke werkzaamheden kan deze scheiding een niet-permanent karakter dragen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij incidentele laswerkzaamheden; door middel van gordijnen kan de gewenste ruimtelijke scheiding tot stand worden gebracht.

Om onnodige blootstelling aan UV straling te vermijden is het wenselijk dat de ruimten waarin de stralingsbronnen worden toegepast, worden voorzien van een aanduiding. Dit kan het beste gebeuren door middel van een op een in het oog lopende plaats aangebracht etiket met de vermelding 'UV straling' en de aard van de stralingsbronnen.

.....

Werkers die bij hun werk aan kunstmatig opgewekte straling kunnen worden blootgesteld, dienen over de effecten van UV straling op huid en ogen geïnformeerd te worden. Daarbij dient ook aandacht te worden besteed aan de interactie tussen UV straling en bepaalde chemische verbindingen en de mogelijk toxische uitwerking daarvan op de mens.

Indien ondanks afscherming van de stralingsbronnen, het beperken van de blootstellingsduur en het vergroten van de afstand tot de stralingsbron een overschrijding van de blootstellingslimieten onvermijdelijk zou zijn, dan dient de blootstelling met persoonlijke beschermingsmiddelen beperkt te worden. Bij kleding dient men er op bedacht te zijn dat veel weefsels UV straling niet volledig tegenhouden. In tabel 9 zijn daarvan enkele voorbeelden gegeven.

.....

.....

Tabel 9 Beschermingsfactoren voor UV straling van verschillende kledingstoffen (Sc81). De beschermingsfactor is de verhouding van de op het oppervlak van een stof vallende bestralingsterkte en de doorgelaten bestralingsterkte.

materiaal	beschermingsfactor*	
	UVA	UVB
spijkergoed, donkerblauw		1700**
katoenen badhanddoek	110	>1300
witte katoenen handschoenen	82	216
dicht geweven wit katoen	33	86
wit weefsel van katoen en kunststof	8	43
los weefsel van katoen en kunststof	3,5	13
plastic handschoenen	1,2	2
nylonkous	1,2	1,6

* Bepaald met een metaalhalogenidelamp.

** In afwijking van de andere meetwaarden bepaald door middel van metingen bij 313 nm, 365 nm en 436 nm (Be80).

.....

Voor oogbeschermingsmiddelen bestaan Nederlandse (ontwerp)normen (NE81a, NE81b). De commissie volstaat met het verwijzen naar die documenten. Bij het beschermen van de ogen is het noodzakelijk speciale UV-brillen te gebruiken; er mag niet van worden uitgegaan dat een willekeurige zonnebril voldoende bescherming tegen UV straling geeft (Se81).

Indien bescherming van gedeelten van de huid door kleding beslist onmogelijk is, dan kunnen 'anti-zonnebrand'-middelen worden toegepast (An79, Ro83). De beschermingsfactor geeft aan hoeveel maal de minimaal voor erytheemvorming benodigde bestralingsdosis wordt vergroot bij gebruik van het middel. Deze grootte is gedefinieerd voor het stralingsspectrum van de zon. Bij een ander spectrum zal een andere waarde gelden, die in het algemeen kleiner is naarmate in het spectrum de langere golflengten meer vertegenwoordigd zijn. Verder dient te worden nagegaan of men allergisch is voor het betreffende produkt (Th84). Producten die foto-actieve stoffen bevatten dienen niet te worden toegepast.

Diverse praktische gegevens en aanwijzingen voor de beperking van de blootstelling aan UV straling zijn te vinden in een Duitse publikatie (Sc84). Er zij echter op gewezen dat de door de commissie in dit rapport aanbevolen actiespectra en blootstellingslimieten enigszins afwijken van de aldaar vermelde.

Bij het beoordelen van de blootstelling aan UV straling dient men ook de bijdrage van de verlichtingsbronnen te betrekken. In het algemeen is deze bijdrage in vergelijking tot de totale bestralingsdosis gering (Sl85). Bij fluorescentielampen is de bestralingssterkte echter sterk afhankelijk van de gebruikte fluorescentiepoeders en glassoorten; in sommige gevallen is bij regelmatig gebruik de bijdrage van dit soort lampen tot de bestralingsdosis niet onbelangrijk (Je81).

.....

16.3 Blootstelling in publieksruimten

In voor het publiek algemeen toegankelijke ruimten zullen ook personen vanwege hun beroep vertoeven. Kiest men als uitgangspunt dat het verblijf in dergelijke ruimten zonder

.....

bijzondere persoonlijke beschermingsmiddelen mogelijk moet zijn, dan zal de beroepsmatige blootstelling bepalend zijn voor de beschermende maatregelen. Deze maatregelen zullen vooral betrekking hebben op de constructie van de stralingsbronnen en de apparatuur die deze bronnen bevat en de positionering van de apparatuur in de ruimte. Een speciale aanduiding bij de toegang tot de ruimte kan achterwege blijven.

.....

16.4 UV-lampen

In hoofdstuk 13 is er reeds op gewezen dat het noodzakelijk is om de blootstelling aan UV straling opnieuw te evalueren bij het gebruik van een ander type lampen. Dit geldt evenzeer bij onbedoelde bestraling. De eerder gedane aanbeveling om een lamphouder te voorzien van een etiket waarop het type lamp staat aangeduid, acht de commissie dan ook van algemene toepassing.

Het op een in het oog lopende plaats markeren van de apparatuur waarin de UV-lampen zijn ingebouwd, verdient eveneens aanbeveling. Hier kan eenzelfde etiket als in paragraaf 16.2 voorgesteld voor de aanduiding van de ruimte worden gebruikt. In voorkomende gevallen zou tevens op het risico van het gebruik van chemicaliën met foto-actieve componenten kunnen worden gewezen.

Een speciaal probleem is het per abuis verwisselen van 'gewone' lampen voor verlichtingsdoeleinden door speciale UV-lampen. In de literatuur (o.a. Ro79) is melding gemaakt van acute huid- en oogschade door een dergelijke fout. Organisatorische maatregelen en een markering van de verpakking van de UV-lampen lijken de meest aangewezen weg om dit soort problemen te voorkomen.

.....

16.5 Blootstelling aan UV straling van de zon

Bij het verrichten van werkzaamheden buiten is men aan (UV) straling van de zon is blootgesteld. In principe spelen daarbij dezelfde risico's een rol als bij blootstelling aan kunstmatig opgewekte UV straling. Veelal zal de opgedane bestralingsdosis zelfs groter zijn dan bij werkzaamheden bin-

nenshuis. Bestraling door de zon leent zich echter moeilijk tot regulering. De nadruk zal daarom moeten liggen op een adequate voorlichting over de risico's van blootstelling aan UV straling en de bescherming daartegen. In dit verband zij er nog op gewezen dat zonnebrillen niet altijd een afdoende bescherming van de ogen tegen UV straling geven (Se81).

Een speciale voorlichting van het publiek om de gevolgen van onbedoelde blootstelling aan straling van de zon te beperken acht de commissie niet nodig. Dergelijke voorlichting lijkt slechts nodig in verband met de wel bedoelde blootstelling, bijvoorbeeld bij 'zonvakanties'.

.....

.....

.....

DEEL 5 SLOT

.....

17 Conclusies en aanbevelingen

.....

18 Aanbevelingen voor nader onderzoek

.....

19 Literatuur

.....

20 Begrippenlijst

.....

.....
.....
17 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Dit hoofdstuk somt de belangrijkste conclusies en aanbevelingen uit het advies op. Aanbevelingen voor nader wetenschappelijk onderzoek vindt men in het volgende hoofdstuk.

.....
Maatschappelijke en wetenschappelijke ontwikkelingen

In 1978 adviseerde de Gezondheidsraad over onbedoelde blootstelling aan UV straling. Maatschappelijke en wetenschappelijke ontwikkelingen sindsdien rechtvaardigen de voorliggende herziening en aanvulling van dat advies. Als belangrijke maatschappelijke ontwikkeling valt het toenemend gebruik van UV-toestellen voor bruining te noemen. De wetenschappelijke ontwikkelingen hebben vooral betrekking op de relatie tussen UV straling en huidkanker (hoofdstuk 3).

.....
Effecten van UV straling op de huid

Inwerking van UV straling op de huid draagt bij tot de vorming van vitamine-D in het lichaam. Andere in de literatuur gemelde gezondheidbevorderende invloeden van UV straling zijn wetenschappelijk niet aangetoond. Bij overschrijding van een individueel bepaalde drempeldosis veroorzaakt UV straling erytheem van de huid. Blootstelling aan UV straling versnelt het proces van huidveroudering en verhoogt het risico van ontstaan van huidcarcinomen. Een relatie tussen UV straling (zonlicht) en het ontstaan van melanomen wordt vermoed (hoofdstuk 6).

.....
Effecten van UV straling op het oog

Blootstelling van het oog aan UV straling geeft bij overschrijding van een drempeldosis hoorn- en bindvliesontsteking. Men vermoedt een relatie tussen UVA straling en

.....

het ontstaan van staar; de aard van deze relatie is echter onduidelijk. Er zijn aanwijzingen dat zeer intense bronnen van UVA straling (of kortgolvig zichtbaar licht) fotochemische schade in het netvlies kunnen aanrichten (hoofdstuk 7).

.....

Actiespectrum bedoelde blootstelling

Richtlijnen voor bedoelde blootstelling aan UV straling (niet-medische toepassingen, onder andere bruining) moeten uitgaan van effecten op de huid. Het is namelijk in principe mogelijk de ogen afdoende tegen de schadelijke inwerking van UV straling te beschermen. De effectiviteit van de bestraling kan worden beschreven met een erytheem-effectieve bestralingsdosis. Het hiervoor benodigde en hier voorgestelde actiespectrum sluit aan bij internationale concept-aanbevelingen ter zake. De erytheem-effectieve bestralingsdosis kan worden uitgedrukt in termen van een referentiewaarde voor de bij een licht gepigmenteerde, ongewende blanke huid minimaal voor erytheemvorming benodigde bestralingsdosis, de MED; 1 MED is hier gelijk gesteld aan een erytheem-effectieve bestralingsdosis van 200 J/m^2 (hoofdstuk 8).

.....

Actiespectrum onbedoelde blootstelling

Bij onbedoelde blootstelling moet zowel met effecten op de huid als op het oog rekening worden gehouden. De effectiviteit van de bestraling kan worden beschreven met een huid/oog-effectieve bestralingsdosis. Het hiervoor benodigde en hier voorgestelde actiespectrum sluit in het UVC en UVB spectraal gebied aan bij internationale aanbevelingen ter zake en is voornamelijk gebaseerd op hoorn- en bindvliesontsteking. In het UVA gebied wordt aangesloten bij het eerder genoemde erytheem actiespectrum (hoofdstuk 8).

.....

Bedoelde blootstelling bij bruining

Naar schatting bedraagt de gemiddelde erytheem-effectieve bestralingsdosis van de Nederlanders die zich ten behoeve van bruining van de huid laten bestralen enkele tientallen MED ($5 \text{ tot } 10 \text{ kJ/m}^2$) per jaar. Dit is minder dan het ver-

.....

schil in bestralingsdosis tussen iemand die voortdurend buiten werkt en een binnenshuis werkende. De bestralingsdosis bij een drieweekse 'zon-vakantie' is enkele malen groter dan de geschatte waarde (hoofdstuk 9, hoofdstuk 10).

.....

Richtlijnen voor bedoelde blootstelling aan UV straling

Als uitgangspunt voor kuurvoorschriften voor bedoelde blootstelling aan UV straling (niet-medische toepassingen) stelt de commissie voor een jaarlijkse erytheem-effectieve bestralingsdosis van ten hoogste 100 MED (20 kJ/m^2) te hanteren. De fabrikanten zouden bij het opstellen van de voorschriften rekening moeten houden met eisen te stellen aan opeenvolgende bestralingsdoses. In de handleiding bij de toestellen moet informatie worden verstrekt over de risico's van UV straling en de wijze waarop deze kunnen worden beperkt. De uitvoering van de toestellen kan bijdragen tot een beperking van de met de bestraling verbonden risico's (hoofdstuk 12, hoofdstuk 13).

.....

Richtlijnen onbedoelde blootstelling aan UV straling

Bij de onbedoelde blootstelling worden in het algemeen bij het in acht nemen van een limiet voor de huid/oog-effectieve bestralingdosis van 30 J/m^2 per dag acute effecten vermeden. Het aanhouden van deze blootstellingslimiet betekent in de praktijk dat het huidkankerrisico bij voortdurende blootstelling in vergelijking tot een niet-blootgestelde binnenshuis werkende met 25% toeneemt. Dit is aanmerkelijk minder dan het verschil tussen iemand die altijd buiten en iemand die altijd binnen werkt (toeneming naar schatting 400%). Gebruikelijke arbeidshygiënische maatregelen en zorg kunnen het risico van de blootstelling beperken. In bepaalde werksituaties moet aan een gelijktijdige blootstelling aan UV straling en chemische stoffen aandacht worden besteed (hoofdstuk 15, hoofdstuk 16). Is blootstelling aan UV straling over langere perioden (meer dan tien jaar) onvermijdelijk, dan zou met het oog op staar een richtwaarde voor de UVA-bestralingsterkte van 1 W/m^2 gehanteerd kunnen worden. De UVA-bestralingsterkte zou

.....

in het algemeen deze waarde niet moeten overschrijden.

18 AANBEVELINGEN VOOR NADER ONDERZOEK

Bij de beschrijving van de inwerking van UV straling op huid en oog in hoofdstuk 6 en 7 is aangegeven, dat voor verschillende effecten de precieze aard van de inwerking nog onzeker is. Het beschikbaar komen van de ontbrekende informatie zou tot een betere onderbouwing van de voorgestelde normstelling kunnen leiden en mogelijk zelfs tot een bijstelling op bepaalde onderdelen. Ook zou het mogelijk worden om met bepaalde schadelijke effecten, die nu noodgedwongen buiten beschouwing zijn gebleven, beter rekening te houden. Met het oog daarop beveelt de commissie de volgende onderwerpen voor nader onderzoek aan.

Ontstaanswijze van huidkanker

Over het ontstaan van huidcarcinomen is de laatste jaren veel bekend geworden. Het is duidelijk geworden dat het beschadigen van het DNA in de huidcellen en de mogelijkheden tot herstel van deze schade factoren van belang zijn. Ook de beïnvloeding van het immuunsysteem door UV straling speelt een rol. De onderlinge samenhang van deze factoren en het precieze verloop van de inductie van huidcarcinomen is echter nog in aanzienlijke mate onbekend. Daardoor ontbreekt een basis voor de dosis-effectrelatie.

Zoals in hoofdstuk 6 is aangegeven, vermoedt men een relatie tussen UV straling en melanomen. Een wetenschappelijke onderbouwing voor een dergelijke relatie ontbreekt echter. In het verlengde van het in de vorige alinea genoemde onderzoek zou daarom onderzoek naar de ontstaanswijze van melanomen moeten worden verricht. Gezien het agressieve karakter en de sterk toenemende incidentie van deze vorm van huidkanker zou

naar de mening van de commissie aan dit onderzoek hoge prioriteit moeten worden gegeven. De commissie realiseert zich daarbij dat dergelijk onderzoek niet eenvoudig is.

.....

Het actiespectrum van huidkanker

Gegevens over het actiespectrum van huidkanker en over de invloed van de interactie van straling van verschillende golflengten daarop zijn schaars. Daarom verdient onderzoek daarnaar aanbeveling. Behalve aan huidkanker zou ook aan het verschijnsel van huidveroudering aandacht moeten worden besteed. Het is daarbij noodzakelijk om onderscheid naar huidtype te maken.

.....

Lichtschade in het netvlies

Langdurige inwerking van UV straling en (zichtbaar) licht (golflengtegebied 380-500 nm) kan bij voldoende hoge bestralingssterkten tot onherstelbare beschadiging van het netvlies leiden. Men veronderstelt dat een fotochemische wisselwerking in het netvlies en een onvoldoende gelegenheid tot herstelprocessen ten grondslag liggen aan deze vermindering van het gezichtsvermogen. Hoe de schadelijke inwerking precies verloopt, is echter onbekend. Nader onderzoek op dit terrein zou, gezien het wijd verbreid gebruik van sterke lichtbronnen, op zijn plaats zijn.

.....

Blootstelling aan UV straling

Schattingen van de blootstelling van mensen aan UV straling zijn meestal uitgevoerd op basis van bestralingssterkten, afgeleid uit gegevens over de stralingsbron of uit metingen, en vermoedelijke verblijftijden van mensen in het stralingsveld van de bron. Aangezien de risicofactoren steunen op epidemiologisch onderzoek van de blootstelling aan UV straling zijn directe metingen van die blootstelling wenselijk. Hiertoe dient men te beschikken over dosimeters waarvan de responsie redelijk overeenkomt met het relevante actiespectrum. Onderzoek naar verbeterde en meer algemeen bruikbare dosimeters zou ter hand moeten worden genomen, zodat betere

gegevens over de feitelijke blootstelling ter beschikking zouden kunnen komen. Daarbij zou ook aandacht moeten worden gegeven aan mogelijkheden van biologische dosimetrie, bijvoorbeeld door het bepalen van veranderingen in huidcellen.

.....

Anti-zonnebrandmiddelen

De zogenoemde anti-zonnebrandmiddelen worden vrijwel uitsluitend op hun effectiviteit bij het tegengaan van erytheem getest. Het is echter allerminst zeker dat de bescherming tegen huidkanker dezelfde is als tegen erytheem. Vandaar dat nader onderzoek gewenst is. Daarbij zou ook acht moeten worden geslagen op een mogelijk foto-toxische werking veroorzaakt door bepaalde bestanddelen in het anti-zonnebrandmiddel.

.....

.....

.....

19 LITERATUUR

.....

Literatuur hoofdstuk 3

- Gr78 Gezondheidsraad, Advies inzake aanvaardbare niveaus voor elektromagnetische straling in het golflengtegebied tussen 100 nm en 1 mm (micrometerstraling), rapport 1978/6, Gezondheidsraad, Rijswijk (ZH), 1978.

.....

Literatuur hoofdstuk 5

- CI70 Commission Internationale de l'Eclairage, Vocabulaire international de l'éclairage, 3e ed., publication CIE 17 (E-1.1), Bureau central de la CIE, Paris, 1970.
- De83 Dehne K, Kasten F, Die Spektren von extra-terrestrischer Sonnenstrahlung und Globalstrahlung im UV als Grundlage für 'Referenz-Sonnentage', Licht-Forschung 1983; 5: 85-7.
- DI79 Deutsches Institut für Normung, Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik, Vornorm DIN 5031 Teil 10, Beuth Verlag, Köln, 1979.
- Gr80 Green AES, Cross KR, Smith CA, Improved analytic characterization of ultraviolet sky light, Photochem Photobiol 1980; 31: 59-65.
- Ja55 Jacquez JA, Kuppenheim HF, Dimitroff JM, McKeehan W, Huss J, Spectral reflectance of human skin in the region 235-700 nm, J Appl Physiol 1955; 8: 212-4.
- Ko85 Gegevens verstrekt door de heer E de Kousemaeker, Tilburg, 1985.
- Sl80 Sliney D, Wolbarsht M, Safety with lasers and other

optical sources, Plenum Press, 1980.

Literatuur hoofdstuk 6

- Ba79a Barth J, UV-erythemschwellenbestimmung mit der Hg-Hochdrucklampe SL 500. I. Einfluss von Geschlecht, Ablesezeitpunkt und Spektralverteilung auf die Schwellenwertermittlung, Dermatol Monatsschr 1979; 165: 216-9.
- Ba79b ---. II. Einfluss der Alter der Probanden, Lokalisation und Zeitpunkt der Erythemschwellenbestimmung, Dermatol Monatsschr 1979; 165: 220-3.
- Be63 Berven H, The physical working capacity of healthy children; seasonal variations and effect of ultraviolet irradiation and vitamin-D supply, Acta Paed 1963; Suppl 148.
- Be75 Belyayev II, Novikova TF, Mamontova NV, Borodinova AA, Belyayev YeI, Combined use of ultraviolet radiation to control acute respiratory disease, Vestn Akad Med Nauk SSSR 1975; 3: 37-41 (Engelse vertaling).
- Be82 Beral V, Shaw H, Evans S, Milton G, Malignant melanoma and exposure to fluorescent lighting at work, Lancet 1982/ii: 290-3.
- Bo81 Boer J, Schothorst AA, Suurmond D, Influence of UVA on the erythemal and therapeutic effects of UVB irradiation in psoriasis: photoaugmentation effects, J Invest Dermatol 1981; 76: 56-8.
- Br82 Bruls WAG, Leun JC van der, The use of diffusers in the measurement of transmission of human epidermal layers, Photochem Photobiol 1982; 36: 709-14.
- CB85 Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg, 1985. Cijfers verstrekt op verzoek.
- Co86 Cole CA, Forbes PD, Davies RE, An action spectrum for UV carcinogenesis, Photochem Photobiol 1986; 43: 275-84.
- Cr70 Cripps DJ, Ramsay CA, Ultraviolet action spectrum with a prism-grating monochromator, Brit J Dermatol 1970;

- 82: 584-92.
- Cr81 Cripps DJ, Natural and artificial photoprotection, *J Invest Dermatol* 1981; 77: 154-7.
- Fo82 Forbes PD, Davies RE, Urbach F, Berger D, Cole C, Simulated stratospheric ozone depletion and increased ultraviolet radiation: effects on photocarcinogenesis in hairless mice, *Cancer Res* 1982; 42: 2796-803.
- Fr66 Freeman RG, Owens DW, Knox JM, Hudson HT, Relative energy requirements for an erythematous response of skin to monochromatic wavelengths of ultraviolet present in the solar spectrum, *J Invest Dermatol* 1966; 47: 586-92.
- Fr78 Freeman RG, Action spectrum for ultraviolet carcinogenesis, *Nat Cancer Inst Monogr* 1978; 50: 27-9.
- Gi76 Giese AC, Living with our sun's ultraviolet rays, Plenum Press, 1976.
- Gr78 Gezondheidsraad, Advies inzake aanvaardbare niveaus voor elektromagnetische straling in het golflengtegebied tussen 100 nm en 1 mm (micrometerstraling), rapport 1978/6, Gezondheidsraad, Rijswijk (ZH), 1978.
- Gre82 Greiter F, Bilek P, Bachl N, e.a., The effect of artificial and natural sunlight upon some psychosomatic parameters of the human organism, in Hélène C, e.a., eds, *Proc VIIIth Int Congr Photobiol*, Strasbourg, 1980, Plenum Press, New York, 1982: 465-83.
- Gru82 Gruijl FR de, The dose-response relationship for UV-tumorigenesis, proefschrift, Rijksuniversiteit Utrecht, 1982.
- Ho84a Holman CDJ, Armstrong BK, Evans PR, e.a., Relationship of solar keratosis and history of skin cancer to objective measures of actinic skin damage, *Br J Dermatol* 1984; 110: 129-38.
- Ho84b Holman CD, Armstrong BK, Cutaneous malignant melanoma and indicators of total accumulated exposure to the sun: an analysis separating histogenetic types, *J Natl Cancer Inst* 1984; 73: 75-82.
- Hö84 Hönigsmann H, Newer knowledge of immediate pigment darkening (IPD), in Urbach F, Ganges RW, eds, *Biolo-*

- gical effects of UVA radiation, Praeger, New York, 1986: 221-5.
- Ka75 Kaidbey KH, Kligman AM, Further studies on photoaugmentation in humans, *J Inv Dermatol* 1975; 65: 472-5.
- Ka78 Kaidbey KH, Kligman AM, Sunburn protection by longwave ultraviolet radiation induced pigmentation, *Arch Dermatol* 1978; 114: 46-8.
- Ka79 Kaidbey KH, Kligman AM, The acute effects of longwave ultraviolet radiation on human skin, *J Inv Dermatol* 1979; 72: 253-6.
- Ko84 Kopf AW, Kripke ML, Stern RS, Sun and malignant melanoma, *J Am Acad Dermatol* 1984; 11: 674-84.
- Le84 Leun JC van der, Yearly review: UV-carcinogenesis, *Photochem Photobiol* 1984; 39: 861-8.
- Li83 Lill PH, Latent period and antigenicity of murine tumors induced in C3H mice by short-wavelength ultraviolet radiation, *J Invest Dermatol* 1983; 81: 342-6.
- Ma64 Magnus IA, Studies with a monochromator in the common idiopathic dermatoses, *Brit J Dermatol* 1964; 76: 245-64.
- Ma73 Mackenzie LA, Frain-Bell W, The construction and development of a grating monochromator and its application to the study of the reaction of the skin to light, *Brit J Dermatol* 1973; 89: 251-64.
- Ma82 MacLaughlin JA, Anderson RR, Holick MF, Spectral character of sunlight modulates photosynthesis of pre-vitamin D3 and its photoisomers in human skin, *Science* 1982; 216: 1001-3.
- Na74 Nakayama Y, Morikawa F, Fukuda M, Hamano M, Toda K, Pathak MA, Monochromatic radiation and its application - laboratory studies on the mechanism of erythema and pigmentation induced by psoralen, in Fitzpatrick TB ed., *Sunlight and man*, University of Tokyo Press, Tokyo, 1974: 591-611.
- Pa69 Pathak MA, Stratton K, Effects of ultraviolet and visible radiation and the production of free radicals in the skin, in Urbach F, ed., *The biological effect of*

- ultraviolet radiation, Pergamon Press, New York, 1969: 207-22.
- Pa78 Parrish JA, Anderson RR, Urbach F, Pitts D, UVA, biological effects of ultraviolet radiation with emphasis on human responses to longwave ultraviolet, John Wiley & Sons, 1978.
- Pa81 Parrish JA, Zaynoun S, Anderson RR, Cumulative effects of repeated subthreshold doses of UV radiation, *J Invest Dermatol* 1981; 76: 356-8.
- Pa82 Parrish JA, Jaenicke KF, Anderson RR, Erythema and melanogenesis action spectra of normal human skin, *Photochem Photobiol* 1982; 36: 187-91.
- Ri83 Rigel DS, Friedman RJ, Levenstein MJ, Greenwald DI, Relationship of fluorescent light to malignant melanoma: another view, *J Dermatol Surg Oncol* 1983; 9: 836-8.
- Ro48 Ronge H, Ultraviolet irradiation with artificial illumination, *Acta Physiol Scand* 1948; 15 (suppl 40): 1-191.
- Ro82 Roser-Maass E, Hoelzle E, Plewig G, Protection against UVB bij UVA-induced tan, *Arch Dermatol* 1982; 118: 483-6.
- Sa66 Sayre RM, Olson RL, Everett MA, Quantitative studies on erythema, *J Invest Dermatol* 1966; 46: 240-4.
- Si84 Simons JWIM, Enninga IC, Schothorst AA, Boer J, Burger PM, Comparison of UV light sources with respect to mutagenicity per erythemal dose in epidermis shielded cells, *Photochem Photobiol* 1984; 39: 12S.
- Sl80 Sliney D, Wolbarsht M, Safety with lasers and other optical sources, Plenum Press, 1980.
- Sl85 Slaper H, Leun JC van der, Ultraviolette straling op de menselijke huid, rapport Stralenbescherming 85/2, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1985.
- Sl86 Slaper H, Schothorst AA, Leun JC van der, Risk evaluation of UV-B therapy for psoriasis: comparison of calculated risk for UV-B therapy and observed risk in PUVA treated patients, *Photodermatol* 1986; 3 (in

-
- druk).
- SO81 Stichting Samenwerkingsorgaan Oncologie Ziekenhuizen (SOOZ), jaarverslag 1980, Deurne, 1981.
- Sp78 Spiegel H, Plewig G, Hofmann C, Braun-Falco O, Photoaugmentation, ein photobiologisches Phänomen, Arch Dermatol Res 1978; 261: 189-200.
- St84 Stevens RG, Moolgavkar SH, Malignant melanoma: dependence of site-specific risk on age, Am J Epidemiol 1984; 119: 890-5.
- Wa83 Wan S, Jaenicke KF, Parrish JA, Comparison of the erythemogenic effectiveness of ultraviolet-B (290-320 nm) and ultraviolet-A (320-400 nm) radiation by skin reflectance, Photochem Photobiol 1983; 37: 547-52.
- We80 Weelden H van, Photorecovery of human skin, in Pratesi R, Sacchi CA, eds, Lasers in photomedicine and photobiology, Springer Verlag, Berlin, 1980: 129-33.
- We83 Weelden H van, Gruijl FR de, Leun JC van der, Tumors induced by UVA in mice, Photochem Photobiol 1983; 37: 579.
- WH79 World Health Organization, Ultraviolet radiation, Environmental Health Criteria 14, WHO, Genève, 1979.
- Wi81 Wilson PD, Kaidbey KH, Kligman AM, Ultraviolet light sensitivity and prolonged UVR erythema, J Invest Dermatol 1981; 77: 434-6.

.....

Literatuur hoofdstuk 7

- Br85 Bruynzeel DP, Boukes RJ, Het voorkomen van oogaandoeningen bij met PUVA behandelde patiënten: een follow-up onderzoek, Ned Tijdschr Geneesk 1985; 129: 278.
- Co46 Cogan DG, Kinsey VE, Action spectrum of keratitis produced by ultraviolet radiation, Arch Ophthalm 1946; 35: 660-77.
- Du65 Duke-Elder S, System of ophthalmology VIII, part I, Henry Kimpton Ltd, London, 1965: 573-85.
- Eb75 Ebberts RW, Sears D, Ocular effects of a 325 nm ultraviolet laser, Am J Optom Physiol Optics 1975; 52: 216-23.

-
- Em81 Emmett AA, Buncher CR, Suskind RB, Rowe KW, Skin and eye diseases among arc welders and those exposed to welding operations, *J Occ Med* 1981; 23: 85-90.
- Fo72 Forsius H, Climatic changes in the eyes of Eskimos, Lapps and Cheremisses, *Acta Ophthalm* 1972; 50: 532-8.
- Fr73 Freedman A, Climatic droplet keropathy. I. Clinical aspects, *Arch Ophthalm* 1973; 89: 193-7.
- Gr72 Grover D, Zigman S, Coloration of human lenses by near-UV photooxidised tryptophan, *Exp Eye Res* 1972; 13: 70-6.
- Gr78 Gezondheidsraad, Advies inzake aanvaardbare niveaus voor elektromagnetische straling in het golflengtegebied tussen 100 nm en 1 mm (micrometerstraling), rapport 1978/6, Gezondheidsraad, Rijswijk (ZH), 1978
- He42 Henschke U, Schulze R, Untersuchungen zum Problem der Ultraviolet-Dosimetrie 7. Mitteilung. Physikalische und biologische Untersuchungen an künstlichen Ultravioletstrahlern, *Strahlentherapie* 1942; 72: 93-113.
- IN85 International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association, Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation), *Health Phys* 1985; 49: 331-40.
- Ka84 Karai I, Horiguchi S, Pterygium in welders, *Brit J Ophthalm* 1984; 68: 347-9.
- La78 Lanum J, The damaging effects of light on the retina. Empirical findings, theoretical and practical implications, *Surv Ophthalm* 1978; 22: 221-49.
- Le80 Lerman S, Radiant energy and the eye, Macmillan Publishing Co, New York, 1986.
- Ma85 Marshall J, Radiation and the ageing eye, *Ophthalm Physiol Opt* 1985; 5: 241-63.
- Mo84 Moran DJ, Hollows FC, Pterygium and ultraviolet radiation: a positive correlation, *Brit J Ophthalm* 1984; 68: 343-6.
- Pi69 Pitts DG, Kay KR, The photo-ophthalmic threshold for the rabbit, *Am J Optom* 1969; 46: 561-72.

-
- Pi77 Pitts DG, Cullen AP, Hacker PD, Parr WH, Ocular ultra-violet effects from 295 nm to 400 nm in the rabbit eye, DHEW (NIOSH) Publication no 77-175, US Department of Health, Education and Welfare, Cincinnati, Ohio, 1977.
- Sl80 Sliney D, Wolbarsht M, Safety with lasers and other optical sources, Plenum Press, 1980.
- St85a Steck B, Report on photoconjunctivitis of the human eye, rapport ten behoeve van divisie 6 van de Commission Internationale de l'Eclairage, 1985.
- St85b Steck B, Report on photokeratitis, rapport ten behoeve van divisie 6 van de Commission Internationale de l'Eclairage, 1985.
- Tu85 Tucker MA, Shields JA, Hartge P, Augsburger J, Hoover RN, Fraumeni JF, Sunlight exposure as risk factor for intraocular malignant melanoma, N Engl Med J 1985; 313: 789-92.
- Ur69 Urbach F, Geographic pathology of skin cancer, in Urbach F, ed., The biologic effects of ultraviolet radiation, Pergamon Press, 1969: 635-50.
- Vo84 Vos JJ, Norren D van, Limits of the visual spectrum, in Doorn AJ van, Grind WA van de, Koenderink JJ, eds, Limits in perception, VNU Science Press, Utrecht, 1984: 69-84.
- We83 Werner JS, Hardenberg FE, Spectral sensitivity of the pseudophakic eye, Arch Ophthalmol 1983; 101: 758-60.
- Zi83 Zigman S, The role of sunlight in human cataract formation, Surv Ophthalmol 1983; 27: 317-26.
- Zi74 Zigman S, Yulo T, Schultz J, Cataract induction in mice exposed to near UV light, Ophthalm Res 1974; 6: 259-70.

.....

Literatuur hoofdstuk 8

- Gr78 Gezondheidsraad, Advies inzake aanvaardbare niveaus voor elektromagnetische straling in het golflengtegebied tussen 100 nm en 1 mm (micrometerstraling), rap-

-
- port 1978/6, Gezondheidsraad, Rijswijk (ZH), 1978
- IN85a International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association, Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation), Health Phys 1985; 49: 331-40.
- IN85b ---, Guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and 1 mm, Health Phys 1985; 49: 341-59.
- Sc84 Schreiber P, Ott G, Schutz vor ultravioletter Strahlung, Sonderschrift S14, Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, 1984.
-

Literatuur hoofdstuk 9

- Gr80 Green AES, Cross KR, Smith CA, Improved analytic characterization of ultraviolet skylight, Photochem Photobiol 1980; 31: 59-65.
- S185 Slaper H, Leun JC van der, Ultraviolette straling op de menselijke huid, rapport Stralenbescherming 85/2, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1985.
-

Literatuur hoofdstuk 10

- Be86 Berghahn AJ, Bruggers JHA, Individueel gebruik van U.V.-toestellen en eventuele ongewenste gevolgen, rapport Stralenbescherming 18, ISBN 9034607593, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1986 (in voorbereiding).
- Co86 Cox CWJ, UV-toestellen voor bruining, rapport Stralenbescherming 17, ISBN 9034607585, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1986 (in voorbereiding).
- Gr82 Greiter F, Bilek P, Bachl N, e.a., The effect of artificial and natural sunlight upon some psychosomatic parameters of the human organism, in Hélène C, e.a.,

.....

eds, Proc VIIIth Int Congr Photobiol, Strasbourg, 1980, Plenum Press, New York, 1982: 465-83.

Ph-- Philips, Gebruiksaanwijzing HP 3132 UVA solarium, ontvangen in 1984.

Wo-- Wolff System, Gebrauchsanleitung Geräteserie 'Profi 400', ontvangen in 1984.

.....

Literatuur hoofdstuk 12

Sl86 Slaper H, Schothorst AA, Leun JC van der, Risk evaluation of UV-B therapy for psoriasis: comparison of calculated risk for UV-B therapy and observed risk in PUVA treated patients, Photodermatol 1986; 3 (in druk).

.....

Literatuur hoofdstuk 13

IE84 International Electrotechnical Commission, Safety of household and similar electrical appliances, part 2: particular requirements for ultra-violet and infra-red radiation skin treatment appliances for household use, Publication 335-2-27, amendment 1, Bureau central de la CEI, Genève, 1978.

NE84a Nederlands Elektrotechnisch Comité, Nederlandse Norm, Veiligheid van huishoudelijke en soortgelijke elektrische toestellen - Algemene eisen, NEN 6101, NNI, Delft, 1984.

NE84b ---, Bijzondere eisen voor huidbestralingstoestellen met ultraviolet- en infraroodstralers, NEN 6127, NNI, Delft, 1984.

.....

Literatuur hoofdstuk 15

Gr78 Gezondheidsraad, Advies inzake aanvaardbare niveaus voor elektromagnetische straling in het golflengtegebied tussen 100 nm en 1 mm (micrometerstraling), rapport 1978/6, Gezondheidsraad, Rijswijk (ZH), 1978.

IN85a International Non-Ionizing Radiation Committee of the

-
- International Radiation Protection Association, Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation), Health Phys 1985; 49: 331-40.
- IN85b ---, Guidelines on limits of exposure to laser radiation, Health Phys 1985; 49: 341-59.
- Sc84 Schreiber P, Ott G, Schutz vor ultravioletter Strahlung, Sonderschrift Sl4, Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, 1984.
- Sl86 Slaper H, Schothorst AA, Leun JC van der, Risk evaluation of UV-B therapy for psoriasis: comparison of calculated risk for UV-B therapy and observed risk in PUVA treated patients, Photodermatol 1986; 3 (in druk).
-

Literatuur hoofdstuk 16

- An79 Anonymus, Sunscreens, The Medical Letter 1979; 21: 46-8.
- Be80 Berne B, Fischer T, Protective effects of various types of clothes against UV radiation, Acta Dermatoven (Stockholm) 1980; 60: 459-60.
- Je81 Jewess BW, Ultraviolet content of lamps in common use, Proc Soc Photo-opt Instr Eng 1981; 262: 55-61.
- NE81a Nederlandse Norm (ontwerp), Oogbescherming - filters voor lassen en aanverwante technieken - doorlatingsfactoren en aanbevolen gebruik, NEN-EN 169, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 1981.
- NE81b Nederlandse Norm (ontwerp), Oogbescherming - ultraviolet filters - doorlatingsfactoren en aanbevolen gebruik, NEN-EN 170, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 1981.
- Ro79 Rose RC, Parker RL, Erythema and conjunctivitis. Outbreak caused by inadvertent exposure to ultraviolet light, JAMA 1979; 242: 1155-6.
- Ro83 Roelandts R, Vanhee J, Bonamie A, Kerkhofs L, Degreef H, A survey of ultraviolet absorbers in commercially available sun products, Int J Dermatol 1983; 22: 247-

55.

- Sc81 Schröpl F, Die Fototherapie, Heraeus GmbH, Hanau, 1981.
- Sc84 Schreiber P, Ott G, Schutz vor ultravioletter Strahlung, Sonderschrift S14, Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, 1984.
- Se81 Segre G, Reccia R, Pignalosa B, Pappalando G, The efficiency of ordinary sunglasses as a protection from UV radiation, Ophthalm Res 1981; 13: 180-7.
- Sl85 Slaper H, Leun JC van der, Ultraviolette straling op de menselijke huid, rapport Stralenbescherming 85/2, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1985.
- Th84 Thune T, Contact and photocontact allergy to sunscreens, Photodermatol 1984; 1: 5-9.

.....

.....

20 BEGRIPPENLIJST

.....

actiespectrum

Zie bij 'spectrale werkingsfunctie'.

.....

basaalcelcarcinoom

Zie bij 'carcinoom'.

.....

bestralingsdosis

De hoeveelheid stralingsenergie die een bepaald oppervlak op een bepaalde plaats treft, gedeeld door de grootte van dat oppervlak. Eenheid: J/m^2 .

De spectrale bestralingsdosis is de bestralingsdosis in een klein golflengte-interval gedeeld door de grootte van dat interval. Meestal wordt de eenheid $J \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$ gebruikt.

De effectieve bestralingsdosis is het produkt van een spectrale werkingsfunctie (actiespectrum) en de spectrale bestralingsdosis, geïntegreerd over het totale golflengtegebied. Eenheid: J/m^2 .

De erytheem-effectieve bestralingsdosis is een effectieve bestralingsdosis gebaseerd op een actiespectrum voor erytheem (bij 297 nm op 1 genormeerd). Eenheid: J/m^2 . De erytheem-effectieve bestralingsdosis wordt ook wel uitgedrukt in MED; 1 MED = $200 J/m^2$ (zie ook bij 'MED').

De huid/oog-effectieve bestralingsdosis is een effectieve bestralingsdosis gebaseerd op een actiespectrum voor zowel erytheem als voor hoorn- en bindvliesontsteking (bij 270 nm op 1 genormeerd).

.....

.....

bestralingssterkte

De stralingsenergiestroom (hoeveelheid stralingsenergie per tijdseenheid) die een bepaald oppervlak op een bepaalde plaats treft, gedeeld op de grootte van dat oppervlak. Eenheid: W/m^2 .

Voor de begrippen 'spectrale bestralingssterkte', 'effectieve bestralingssterkte', 'erytheem-effectieve bestralingssterkte' en 'huid/oog-effectieve bestralingssterkte' zie de analoge definities bij 'bestralingsdosis'.

.....

bruining

Vertraagde pigmentatie. Zie bij 'pigmentatie'.

.....

carcinoom

Kwaadaardig gezwel (kanker) van epitheel cellen. Bij de huid kunnen carcinomen van de basaalcellen en van de plaveiselcellen (stekelcellen) worden onderscheiden.

.....

cataract

Troebeling van de ooglens, zodat deze ondoorlatend wordt voor zichtbaar licht (staar).

.....

conjunctivitis

Ontsteking van het bindvlies van het oog.

.....

directe pigmentatie

Zie bij 'pigmentatie'.

.....

effectieve bestralingsdosis, -- bestralingssterkte

Zie bij 'bestralingsdosis' en bij 'bestralingssterkte'.

.....

erytheem

Rood worden van de huid veroorzaakt door een verwijding van de bloedvaten. Erytheem kan gepaard gaan met irritatie en een pijnlijk brandend gevoel. Zie ook

.....
 'zonnebrand'.

.....
 erytheem-effectieve bestralingsdosis, -- bestralingssterkte
 Zie bij 'bestralingsdosis' en bij 'bestralingssterkte'.

.....
 huidkanker

Huidkanker treedt op in de vorm van 'carcinomen' en van 'melanomen'. Zie aldaar.

.....
 huid/oog-effectieve bestralingsdosis, -- bestralingssterkte
 Zie bij 'bestralingsdosis' en bij 'bestralingssterkte'.

.....
 huidtype

Indeling van de huid op grond van de gevoeligheid voor erytheem en voor bruining bij bestraling door de zon.

.....
 keratitis

Ontsteking van het hoornvlies van het oog.

.....
 MED

Referentiewaarde van de erytheem-effectieve bestralingsdosis waarbij juist erytheem optreedt. 1 MED = 200 J/m^2 .

.....
 melanoom

Kwaadaardig gezwel (kanker) van de pigmentcellen.

.....
 pigmentatie

Donker kleuren van de huid door verandering van de hoeveelheid of de verdeling van het pigment in de huid. Directe pigmentatie is een grijsbruine verkleuring die enkele minuten na het begin van blootstelling aan UV straling begint en binnen enkele dagen na de bestraling weer verdwijnt.

Vertraagde pigmentatie of bruining is een toeneming van de hoeveelheid pigment in de huid door blootstelling aan UV straling. De vertraagde pigmentatie is het

sterkst enkele dagen na de bestraling en blijft gedurende enkele weken (soms maanden) zichtbaar.

plaveiselcelcarcinoom

Zie bij 'carcinoom'.

spectrale bestralingsdosis, -- bestralingssterkte

Zie bij 'bestralingsdosis' en bij 'bestralingssterkte'.

spectrale werkingsfunctie

Maat voor de effectiviteit van straling van een bepaalde golflengte om een bepaald effect teweeg te brengen (actiespectrum). De spectrale werkingsfunctie wordt meestal bij de golflengte waarbij de effectiviteit maximaal is op 1 genormeerd.

ultraviolette (UV) straling

Elektromagnetische straling met golflengten tussen 100 en 400 nm.

UVA straling

UV straling met golflengten tussen 315 en 400 nm.

UVB straling

UV straling met golflengten tussen 280 en 315 nm.

UVC straling

UV straling met golflengten tussen 100 en 280 nm.

vertraagde pigmentatie

Zie bij 'pigmentatie'.

zonnebrand

Erytheem veroorzaakt door UV straling van de zon.

.....

.....

BIJLAGEN

.....

A Ontstaan van huidcarcinomen door UV straling

.....

B Medische toepassingen van UV straling

.....

C Voorlichting over de werking van ultraviolette straling

.....

.....

.....

A ONTSTAAN VAN HUIDCARCINOMEN DOOR UV STRALING

.....

A.1 Inleiding

In paragraaf 6.8 is aangegeven dat beschadiging van het DNA in de huidcellen en het onvoldoende of gebrekkige herstel daarvan, een rol zou kunnen spelen bij het ontstaan van huidcarcinomen. Ook is erop gewezen dat door UV straling veroorzaakte veranderingen in het immuunsysteem van invloed zijn op de UV-carcinogenese. Hieronder worden nadere gegevens hierover vermeld.

.....

A.2 Effecten van UV straling op DNA

Aangezien de biologische functies van een cel zijn vastgelegd in het DNA van de chromosomen is het begrijpelijk dat men, tot een beter begrip van de carcinogenese, het effect van UV straling op de cel en in het bijzonder op het DNA is gaan onderzoeken. Voor de invloed van de straling op DNA geeft in eerste instantie het absorptiespectrum van DNA een indicatie. Het absorptiemaximum ligt bij 260 nm. Op grond van de vorm van het spectrum verwacht men dat fotochemische schade in het UVC spectraal gebied groter zal zijn dan bij UVB straling en naar het UVA gebied verder zal afnemen.

De veranderingen die men na de bestraling in het DNA waarneemt zijn onder meer de vorming van dimeren uit de DNA-basen, andere additieprodukten, enkelstrengsbreuken, verbindingen tussen verschillende DNA ketens of van een DNA keten met een eiwitmolecuul. Het actiespectrum voor de vorming van dimeren blijkt overeen te komen met hetgeen uit het absorptiespectrum kan worden verwacht. Zo worden dimeren van DNA-basen ongeveer 1000 maal effectiever met UVC straling geïnduceerd

dan met UVB; UVA straling is nog een factor 1000 minder effectief. Ook enkelstrengsbreuken worden het meest effectief door UVC straling gevormd. De produktie is echter een factor 1000 lager dan van dimeren. In het UVA spectraal gebied is dit verschil tot een factor 10 gereduceerd.

De cel heeft echter wegen om de schade aan het DNA weer te herstellen. Sommige herstelmechanismen staan onder invloed van UV straling, maar de rol daarvan bij de mens is omstreden. Door het uitblijven van herstel van schade in het DNA of door een foutief herstel kan de cel afsterven of kunnen de genetische eigenschappen veranderen (mutageniteit). Dit laatste zou een stap kunnen zijn in het proces dat leidt tot de vorming van carcinomen.

Bovendien heeft het organisme nog de mogelijkheid de DNA bevattende cellen af te schermen met de hoornlaag, door verdikking en door pigmentatie (zie hoofdstuk 6). Mede hierdoor zal het actiespectrum voor de vorming van carcinomen in vivo niet geheel overeenkomen met het absorptiespectrum van DNA.

.....

A.3 Immunologische effecten van UV straling

Het afweer- of immuunsysteem speelt een rol in de herkenning van tumorcellen. Ook bij huidcarcinomen zijn daarvoor indicaties. Zo ontwikkelden patiënten die gedurende lange tijd afweeronderdrukkende middelen (immunosuppressiva) moesten gebruiken, zoals noodzakelijk na niertransplantatie, een groter dan normaal aantal huidtumoren op aan zonlicht blootgestelde lichaamsdelen (Ho77). Dit suggereert een beschermende rol van het afweersysteem tegen het ontstaan van huidtumoren. Omdat het immuunsysteem alleen tegen lichaamsvreemde stoffen (antigenen) optreedt, moeten huidtumoren dus dergelijke antigenen bezitten.

Onderzoek naar de rol van UVB straling bij de inductie van huidkanker bij muizen heeft de laatste jaren meer inzicht gegeven in de betekenis van het immuunsysteem (Pa83, Kr81). Blootstelling van muizen aan UVB straling resulteerde in huidtumoren, die na transplantatie naar een genetisch identieke,

.....

niet aan UV straling blootgestelde muis veelal werden afgestoten. Kennelijk bevatten de tumoren door UV straling geïnduceerde antigenen. Wordt het immuunsysteem van de ontvangende muis onderdrukt, bijvoorbeeld door bestraling met UV, dan worden de getransplanteerde tumoren niet afgestoten.

Verder zijn gegevens verkregen bij muizen die eerst werden bestraald met een dosis UVB straling ten gevolge waarvan normaal bij die muizen nauwelijks kankerinductie optreedt. Vervolgens werden de muizen behandeld met een chemisch carcinogeen, waarna tumoren ontstonden. Bij de groei van deze huidtumoren bleek na transplantatie een UV geïnduceerd antigeen een rol te spelen (Ro80).

Deze waarnemingen tonen aan dat UVB straling:

- huidtumoren kan induceren;
- antigenen op huidcellen, waaronder tumorcellen induceert;
- de afstoting van tumoren die door UVB straling geïnduceerde antigenen dragen, onderdrukt.

Het optreden bij de mens van huidtumoren die door UV straling geïnduceerde antigenen dragen, is niet bewezen. Een analoge situatie als bij de muis is echter niet onwaarschijnlijk. Dit houdt in dat UVB straling niet alleen rechtstreeks tumoren kan induceren, maar tevens antigenen op huidcellen teweegbrengt waardoor, in samenhang met een beïnvloeding van het immuunsysteem door UV straling, een afstoting ontweken wordt. Dat laatste zelfs indien deze cellen door middel van een ander carcinogeen agens zijn getransformeerd.

Of deze waarnemingen ook van toepassing zijn op de blootstelling van de huid aan UVA straling is niet bekend. Bij muizen waaraan psoraleen was toegediend ontstonden tumoren na UVA-bestraling. Deze tumoren hadden echter geen door de straling geïnduceerde antigenen (Kr82). Het ontwijken van afstoting speelt bij deze tumoren dan ook waarschijnlijk geen rol.

A.4 Literatuur

- Ho77 Hoxtell EO, Mandel JS, Murray SS, Scherman LM, Gotz RW, Incidence of skin carcinoma after renal transplantation, Arch Dermatol 1977; 113: 436-8.
- Kr81 Kripke ML, Immunologic mechanisms in UV radiation carcinogenesis, Adv Cancer Res 1981; 34: 69-106.
- Kr82 Kripke ML, Morrison WL, Parrish JA, Induction and transplantation of murine skin cancer induced by methoxsalen plus ultraviolet (320-400 nm) radiation, J Natl Cancer Inst 1982; 6: 685-90.
- Pa83 Palaszynski EW, Kripke ML, Transfer of immunological tolerance to ultraviolet-radiation-induced skin tumors with grafts of ultraviolet-irradiated skin, Transplantation 1983; 36: 465-7.
- Ro80 Roberts LK, Daynes RA, Modification of the immunologic properties of chemically induced tumors arising in hosts treated concomittantly with ultraviolet light, J Immunol 1980; 125: 438-47.

.....

.....

B MEDISCHE TOEPASSINGEN VAN UV STRALING

.....

B.1 Inleiding

Tegen het eind van de vorige eeuw gebruikte de Deen Niels Finzen de bacterie-dodende werking van UV straling om tuberculose van de huid te genezen. Sinds zijn baanbrekend werk, dat hem de Nobelprijs opleverde, is UV bestraling gebruikt ter genezing van diverse huidaandoeningen. Daarnaast kwam in het begin van deze eeuw behandeling met UV straling voor allerlei klachten in zwang. Deze zogenoemde lichttherapie raakte in de vijftiger jaren weer in onbruik, doordat diverse aandoeningen met antibiotica goed te genezen bleken.

Thans wordt UV bestraling opnieuw in de dermatologie toegepast voor de behandeling van huidaandoeningen. Naast de foterapie, waarbij het therapeutisch effect wordt bewerkstelligd door de directe inwerking van UV straling op de huidcellen, is in 1974 de foto-chemotherapie (PUVA-therapie) opgekomen. Daarbij speelt de reactie tussen UV straling en een zich op of in de huid bevindende foto-actieve stof een rol. Naast een therapeutisch gebruik, zijn er ook diagnostische toepassingen van UV straling.

Deze bijlage geeft een kort overzicht van de diverse toepassingen.

.....

B.2 Behandeling van huidaandoeningen

De belangrijkste toepassing van kunstmatig opgewekte UV straling in de dermatologie is de behandeling van psoriasis. Het gaat hier om een symptomatische behandeling; bij het nalaten van de behandeling keren de verschijnselen, huidschubben die vooral op knokige lichaamsdelen voorkomen, weer

terug.

Zowel foterapie als foto-chemotherapie worden toegepast bij de behandeling psoriasis. In Nederland worden voor de foterapie meestal fluorescentielampen gebruikt die voornamelijk straling in het UVB spectraal gebied uitzenden. In mindere mate treft men de zogenoemde Saalman lamp aan, een metaalhalogenide straler, die ook een aanzienlijke hoeveelheid UVA straling uitzendt. De gewone hogedrukkwiklamp wordt weinig meer gebruikt voor therapeutische doeleinden.

Bij de fotochemische PUVA therapie wordt aan de patiënt ongeveer twee uur voorafgaand aan de bestraling oraal 8-methoxy-psoralen toegediend. De bestraling vindt plaats met fluorescentiebuizen met een overwegende emissie in het UVA spectraal gebied. Het is ook mogelijk om de psoralenverbinding op de huid te smeren, maar deze methode wordt in Nederland weinig toegepast.

Psoriasis-patiënten worden ook wel volgens de Goeckermann methode behandeld. Deze therapie, die in Nederland weinig ingang heeft gevonden, bestaat uit teerbaden of het aanbrengen van teerzalfen of -crèmes op de huid, gevolgd door een UVB bestraling.

De gecumuleerde bestralingsdosis van een psoriasis-patiënt kan aanzienlijk zijn, doordat de behandeling gedurende het gehele leven moet worden voortgezet. Begrijpelijk is dan ook dat de inductie van huidkanker door de therapie aandacht heeft gekregen, in het bijzonder bij de PUVA-therapie. Er zijn enige aanwijzingen dat bij langdurig met PUVA behandelde patiënten meer plaveiselcelcarcinomen voorkomen, in het bijzonder op meestal door kleding bedekte huid (St79). De resultaten van de diverse onderzoeken zijn echter tegenstrijdig (Ha82, Ha80, zie ook Ev81). Een complicatie daarbij is dat vele patiënten ook behandeld werden met andere mogelijk carcinogene agentia zoals teerpreparaten, arseenkuren en röntgenstraling.

Aangezien het geruime tijd duurt voordat de psoralenen uit de huid verdwenen zijn, dient een met PUVA behandelde patiënt voorzichtig te zijn met de blootstelling aan zonlicht na

de behandeling. In het bijzonder is een bescherming van de ogen gedurende tenminste één dag na de behandeling nodig.

Ook enkele zeldzaam voorkomende, schilferende huid-aandoeningen worden met UVB straling behandeld. Voorbeelden zijn pityriasis lichenoides en parapsoriasis 'en plaques' en verder vroege stadia van bepaalde kwaadaardige woekeringen van witte bloedcellen (lymfocyten) in de huid die maligne lymfomen of maligne reticulosen worden genoemd. Eén van de bekendste daarvan is mycosis fungoides; deze aandoening wordt overigens, indien voor behandeling met UV straling wordt gekozen, meestal niet met UVB straling maar met de PUVA methode behandeld. Generaliseerde jeuk, veroorzaakt door chronische stoornissen in de werking van de nieren (uremie door nierinsufficiëntie), reageert vaak goed op UVB-bestraling.

Een geheel andere toepassing van UV straling als therapie is de lichtgewinning van personen die overgevoelig zijn geworden voor zonlicht. Daarvoor wordt zowel UVB straling, UVA straling, als (zichtbaar) licht gebruikt. Ook de PUVA behandeling wordt wel toegepast. De overgevoeligheid uit zich onder andere in het optreden van eczeemachtige huidafwijkingen (de polymorfe lichtdermatosen), waarvan de oorzaak nog onbekend is. De therapie berust op het verdikken van de huid, waardoor deze beter bestand is tegen zonlicht.

Behandeling met kortgolvlige UV straling wordt ook gebruikt bij beenzweren (ulcera cruris), geïnfecteerde wonden en huidzweren bij langdurige bedlegerigheid ('doorliggen' of decubitus). Deze behandeling zou berusten op de bacterie-dodende werking van de UV straling. De gunstige werking bij de behandeling van een geïnfecteerde wond is echter niet door systematisch wetenschappelijk onderzoek bevestigd. Voor de gunstige werking van UV straling op decubitus zweren zijn wel enige aanwijzingen (Wi83). Ook in dit geval is nader onderzoek naar de effectiviteit van de behandeling vereist. In Nederlandse verpleegtehuizen schijnt deze behandeling van decubitus met UV straling niet ongebruikelijk te zijn. Daarbij wordt veelal gebruik gemaakt van de zogenoemde Kromayer lamp. Via een lichtgeleider wordt de straling naar de desbetreffende plaats

.....

op de huid geleid.

.....

B.3 Diagnose

Diverse verbindingen fluoresceren bij UV-bestraling. Van dat verschijnsel wordt gebruik gemaakt bij de diagnose van bepaalde huidaandoeningen en van tandbederf. Vrijwel steeds wordt een 'zwart licht' lamp toegepast. Dit is een kwiklamp waarvan de donkere glazen omhulling vrijwel uitsluitend de emissielijn van kwik bij 365 nm doorlaat. Het donkere glas houdt ook het (zichtbare) licht van de kwiklamp tegen, waardoor de zichtbare fluorescentiestraling goed waargenomen kan worden.

.....

B.4 Literatuur

- Ev84 Everdingen JJE van, Plaveiselcelcarcinoom van de huid bij patiënten die behandeld zijn met PUVA, Ned Tijdschr Geneesk 1984; 128: 2197-8.
- Ha80 Halprin KM, Psoriasis, skin cancer and PUVA, J Am Acad Dermatol 1980; 2: 334-7.
- Ha82 Halprin KM, Comerford M, Taylor JR, Cancer in patients with psoriasis, J Am Acad Dermatol 1982; 7: 633-8.
- St79 Stern RS, Thibodeau LA, Kleinerman RA, Parrish JA, Fitzpatrick TB, Risk of cutaneous carcinoma in patients treated with oral methoxsalen photochemotherapy for psoriasis, N Engl J Med 1979; 300: 809-13.
- Wi83 Wills EE, Anderson TW, Beattie BL, Scott A, A randomized placebo-controlled trial of ultraviolet light in the treatment of superficial pressure sores, J Am Ger Soc 1983; 31: 131-3.

C VOORLICHTING OVER DE WERKING VAN ULTRAVIOLETTE STRALING

Deze bijlage beschrijft op een eenvoudige manier de werking van UV straling op de huid en de ogen. De onderwerpen die in deze bijlage aan de orde komen, zouden naar de mening van de commissie ook in voorlichtingsmateriaal van fabrikanten van UV-toestellen vermeld moeten worden.

Straling van de zon

De straling van de zon is onverbrekkelijk met het leven op aarde verbonden. Planten groeien en brengen zuurstof in de lucht onder invloed van het zonlicht. Onze brandstoffen, gas, olie, kolen, hout, vormen opgeslagen zonneënergie.

De straling van de zon bestaat uit verschillende soorten. De infrarode straling geeft vooral warmte. Het zichtbare licht maakt dat we kunnen zien. Daarnaast zendt de zon ook ultraviolette straling uit. Over de inwerking op de mens van die laatste soort straling gaat deze beschrijving.

Inwerking op huid en ogen

Ultraviolette straling kunnen we niet zien of ruiken en niet apart voelen. Dat die straling er is merken we indirect aan de effecten ervan. Inwendige organen worden niet bereikt door ultraviolette straling, daar de straling in de huid en de ogen volledig wordt opgenomen.

De meeste mensen hebben wel eens met vervelende gevolgen van bestraling door de zon te maken gehad. Bijvoorbeeld na een verblijf van enkele uren aan het zonnige strand werd de huid rood en pijnlijk: zonnebrand. Binnen enkele dagen is de zonnebrand weer verdwenen. De reden dat zoveel mensen van tijd tot tijd weer last van zonnebrand krijgen is dat men het pas

merkt als het te laat is; het lichaam waarschuwt niet tijdig.

Voor mensen die geregeld in de zon verblijven heeft het lichaam wel een vorm van afweer, de lichtgewenning. Onder invloed van de ultraviolette straling wordt de huid dikker; daardoor bereikt minder straling de levende huidcellen en treedt zonnebrand minder snel op. Ook het bruin worden van de huid beschermt tegen zonnebrand, zij het wat minder goed dan de huidverdikking.

De gevoeligheid voor zonnebrand verschilt sterk van mens tot mens. Sommigen verbranden heel gemakkelijk in de zon en worden nooit bruin. Anderen hebben bijna nooit last van zonnebrand en bruinen gemakkelijk. De mensen met een gevoelige huid zijn minder goed aangepast aan een veelvuldig verblijf in de zon en zullen dus meer voorzorgen moeten nemen om zonnebrand te voorkomen.

Men kan zich afvragen of bestraling door de zon niet beter helemaal vermeden zou moeten worden. Door bestraling van de huid werkt de zon echter mee aan de vorming van vitamine-D in het lichaam. Dat vitamine is belangrijk voor het goed functioneren van het organisme. Het is een schakel bij het groeien en in stand houden van het beenderstelsel. Bestraling door de zon maakt de mens minder afhankelijk van voedingsmiddelen die van nature veel vitamine-D bevatten (levertraan) of waaraan vitamine-D is toegevoegd (margarine).

Zonnebrand, huidverdikking, bruining en de vorming van vitamine-D treden vrij snel na de inwerking van de ultraviolette straling op de huid op. Er zijn echter ook effecten die samenhangen met het gedurende vele jaren blootgesteld zijn aan de zon. Bij oudere mensen gaat de huid rimpelen en verliest veel van haar soepelheid. Vooral bij mensen die veel buiten hebben gewerkt (boeren, zeelieden) is die veroudering van de huid goed zichtbaar. Daarom neemt men aan dat langdurige blootstelling aan ultraviolette straling daarbij een rol speelt. Bij dezelfde groepen mensen is ook gevonden dat er relatief veel huidkanker voorkomt. Een verband tussen blootstelling aan ultraviolette straling en het optreden van huidkanker lijkt daarom waarschijnlijk. Onderzoek bij muizen geeft

.....
 een bevestiging daarvan.

Huidkanker komt voornamelijk op oudere leeftijd voor. Veruit de meeste huidkankers zijn gelukkig betrekkelijk eenvoudig te behandelen; een opname in het ziekenhuis is meestal niet nodig. Kankers van de pigmentcellen, de melanomen, zijn niet zo eenvoudig te behandelen. Melanomen komen echter veel minder vaak voor dan andere vormen van huidkanker. Men vermoedt dat er tussen het ontstaan van melanomen en blootstelling aan ultraviolette straling ook een verband bestaat.

Een te grote blootstelling van de ogen aan ultraviolette straling geeft een ontsteking van het vlies dat de buitenzijde van het oog bedekt (hoornvlies en bindvlies). Dit zeer pijnlijke effect treedt net als zonnebrand enkele uren na de bestraling op en is na een paar dagen weer verdwenen. Men spreekt vaak van lasogen of sneeuwblindheid. Kijkt men zonder lasbril of laskap naar de lasboog of verblijft men langdurig zonder sneeuwbril in een besneeuwd terrein dan treedt de ontsteking op. De ligging van de ogen in de oogkassen, de afscherming door de wimpers en het knipperen van de ogen maakt dat hoorn- en bindvliesontsteking door bestraling van de zon normaal niet optreedt.

Een deel van de ultraviolette straling wordt door het hoornvlies doorgelaten en in de ooglens opgenomen. Men veronderstelt dat daardoor, bij langdurige blootstelling aan straling van de zon, troebeling van de ooglens (staar) kan ontstaan. Staar wordt behandeld door het operatief verwijderen van de ooglens. Soms wordt dan een kunstlens ingeplant. Mensen bij wie de ooglens is verwijderd, moeten de ogen extra tegen ultraviolette straling beschermen, daar anders beschadiging van het netvlies en blindheid kan optreden.

.....

Kunstmatige ultraviolette straling

De effecten die door ultraviolette straling van de zon worden veroorzaakt, kunnen ook optreden na bestraling met ultraviolette straling uit lampen. Er zijn echter wel verschillen. Dat komt doordat ultraviolette straling ook weer uit diverse soorten bestaat. De langgolvlige of UVA straling is bij-

.....

voorbeeld veel minder effectief voor het veroorzaken van zonnebrand en van huidkanker dan de kortgolvlige of UVB straling. Als de verdeling van UVA en UVB straling in een lamp anders is dan in de zon dan zal de ernst van de effecten ook anders zijn.

.....

Het vermijden van schadelijke effecten

Zonnebrand kan worden vermeden door de bestraling niet te lang te laten duren. Een verblijf van meer dan een half uur in de felle zomerzon geeft bij de meeste blanken de eerste keer zonnebrand. Maar een zonnebad van minder dan een kwartier zal hooguit bij mensen met een erg gevoelige huid problemen geven. Voor elke ultraviolette lamp kunnen de bestralingstijden waarbij wel of geen zonnebrand optreedt worden bepaald. Bij de zon en bij lampen die ook UVB straling uitzenden is een geringe zonnebrand overigens nodig om de huid te laten bruinen. Bij lampen die alleen UVA straling uitzenden ziet men al bruining voordat de grens van zonnebrand is bereikt.

De lange-termijn effecten, huidveroudering en huidkanker, zijn niet volstrekt te vermijden. Bij een matig gebruik van zonnelampen (en van de zon!) kan men het risico van huidkanker echter verkleinen.

.....

Zonnelampen goed voor de gezondheid?

Zoals gezegd geeft kunstmatige ultraviolette straling dezelfde effecten als zonnestraling. Dat geldt ook voor de vorming van vitamine-D in de huid. Volgens wetenschappelijke gegevens speelt echter voornamelijk de kortgolvlige UVB straling daarbij een rol. Bestraling door UVA lampen zou dus weinig bijdragen tot de vorming van vitamine-D. Hetzelfde geldt ook voor de huidverdikking.

.....

Bijzondere gevoeligheid

Er zijn mensen die overgevoelig zijn voor ultraviolette straling. Wordt hun huid bestraald dan treedt uitslag op, of krijgen ze last van jeuk, zonnebrandverschijnselen, en dergelijke. Die overgevoeligheid kan aangeboren zijn, maar ook op latere leeftijd plotseling optreden. Veelal is dat dan het

.....

gevolg van een reactie van de ultraviolette straling met bepaalde stoffen die zich op of in de huid bevinden. Van dat soort stoffen zijn er zeer veel. Zowel geneesmiddelen als cosmetica bevatten dergelijke foto-actieve verbindingen. Het tabelletje geeft enkele voorbeelden, maar het aantal is veel groter. Bij het gebruik van een zonnelamp kunnen cosmetische middelen dan ook het beste worden verwijderd. Een probleem daarbij is dat veel stoffen de huid binnendringen en daaruit pas langzaam, soms pas na dagen, verdwijnen. Aangezien ook de gevolgen van de reactie met ultraviolette straling enige tijd op zich kunnen laten wachten, kan men zo nare effecten krijgen. Voorzichtig gebruik van de zonnelamp (en van de zon) en het goed letten op vreemde reacties van de huid is daarom noodzakelijk.

.....

Moet zonnebaden en bestraling door zonnelampen worden afgeraden?

Bestraling door zon en bestraling door zonnelampen heeft zowel voor- als nadelen. Het is echter niet zo gemakkelijk om een bruine huid, het beter bestand zijn van de huid tegen de zon en de vorming van vitamine-D te vergelijken met het risico van huidreacties op korte termijn of van huidveroudering en huidkanker op lange termijn. Indien met mate toegepast is er echter geen reden om de bestraling zonder meer af te raden. Avond-in-avond-uit onder de zonnelamp lijkt echter niet bevordelijk voor gezondheid, evenmin overigens als vier weken voordurend 'bakken' aan de Costa Brava. Bij een matig gebruik van de zonnelamp, aangepast aan het jaargetijde, zal de huid een redelijke gewenning tegen ultraviolette straling behouden en ook bijdragen aan de vorming van vitamine-D (bij lampen met voldoende UVB straling). Het risico van het ontstaan van huidkanker op latere leeftijd en veroudering van de huid blijft dan beperkt.

.....

Medische behandeling met ultraviolette straling

Bestraling met ultraviolette lampen wordt ook gebruikt voor de behandeling van huidziekten. Een bekend voorbeeld is

psoriasis; bestraling met UV kan deze huidaandoening tijdelijk onderdrukken. De bestraling moet met regelmatige tussenpozen worden herhaald. Het gebruik van ultraviolette straling voor de behandeling van huidziekten moet altijd op advies van en onder controle van een huidarts of een huisarts gebeuren.

Tabel Enkele stoffen die kunnen reageren met ultraviolette straling

stof	toegepast in
sulfonamide	diverse geneesmiddelen, waaronder antibiotica
tetracyclines	antibiotica
nalidixinezuur	geneesmiddel tegen urineweginfecties
chloorthiazide	plaspillen
sulfonylureum	geneesmiddelen tegen suikerziekte
phenothiazinen (o.a. promethazine)	geneesmiddelen bij stress (psycho-farmaca en antihistaminen)
triacetyldiphenylisatine	laxeermiddelen
cyclamaten	zoetstoffen
para-animobenzoëzuur	anti-zonnebrand middelen
muskus-olie	parfums
witmakers	wasmiddelen
eosine	kleurstof
gehalogeneerd salicylanilide	schimmelwerende stoffen o.a. in zepen