

66/159

PRAKTIJKGIDSEN ARBEIDSHYGIENE

NIET-IONISERENDE STRALING

GERT EGGINK

WALTER ZWAARD

TNO Arbeid, Hoofddorp



TN0124259

AUGUSTUS 2001

FYSISCHE FACTOREN FYSISCHE FACTOREN FYSISCHE FACTOREN FYSISCHE FACTOREN FYSISCHE FACTOREN FYSISCHE FACTOREN FYSISCHE FACTOREN

TNO Arbeid
Postbus 718
2130 AS Hoofddorp



Bibliotheek

T 023 554 94 68

F 023 554 93 01

Datum terugzending

24 DEC. 2001

08 FEB. 2002

11 FEB. 2002

21 FEB. 2002

03 MAART 2002

29 MAART 2002

Verzoeken de uitleent termijn niet te overschrijden.

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING 3

1 NIET-IONISERENDE STRALING 5

2 RISICO-INVENTARISATIE, -EVALUATIE EN -BEHEERSING 9

- 2.1 VOORBEREIDEN 10
- 2.2 INVENTARISEREN EN EVALUEREN 11
- 2.3 BEHEERSEN 15

3 OPTISCHE STRALING 22

- 3.1 ALGEMEEN 22
- 3.2 BRONNEN 22
- 3.3 GROOTHEDEN EN EENHEDEN 23
- 3.4 GEZONDHEIDSEFFECTEN 23
- 3.5 BLOOTSTELLINGSLIMIETEN 25
- 3.6 BESCHERMENDE MAATREGELEN 28

4 RF-STRALING (INCLUSIEF MICROGOLVEN) 30

- 4.1 BRONNEN 30
- 4.2 GROOTHEDEN EN EENHEDEN 31
- 4.3 GEZONDHEIDSEFFECTEN 31
- 4.4 BLOOTSTELLINGSLIMIETEN 32
- 4.5 ELEKTROMAGNETISCHE COMPATIBILITEIT (EMC)
EN STORING AAN APPARATUUR 35
- 4.6 BESCHERMENDE MAATREGELEN 35

5 EXTREEM LAAGFREQUENTE VELDEN (ELF) 37

- 5.1 BRONNEN 37
- 5.2 GROOTHEDEN EN EENHEDEN 38
- 5.3 GEZONDHEIDSEFFECTEN 38
- 5.4 BLOOTSTELLINGSLIMIETEN 39
- 5.5 BESCHERMENDE MAATREGELEN 40

6 STATISCHE ELEKTRISCHE EN MAGNETISCHE VELDEN 41

- 6.1 BRONNEN 41
- 6.2 GROOTHEDEN EN EENHEDEN 42
- 6.3 GEZONDHEIDSEFFECTEN 42
- 6.4 BLOOTSTELLINGSLIMIETEN 42
- 6.5 BESCHERMENDE MAATREGELEN 43

7 WET- EN REGELGEVING; NORMEN 44

- 7.1 ARBOWETGEVING 44
- 7.2 ANDERE RELEVANTE REGELGEVING 46

BIJLAGEN

- 1 LITERATUUR 48
- 2 VOORVOEGSELS 49
- 3 WOORDENLIJST 50
- 4 AFKORTINGEN 51
- 5 INDEX 52

NR. 47099
plaats 66-159

COLOFON

UITGAVE VAN TNO ARBEID
EERSTE DRUK, AUGUSTUS 2001

OVER DE AUTEURS:

DRS. G.J. EGGINK (GERT) IS BIOLOOG.
IN DE PERIODE 1989-2000 IS HIJ, EERST
BIJ DE GEZONDHEIDSRAAD, LATER BIJ HET
RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID
EN MILIEU (RIVM), WERKZAAM GEWEEST
ALS WETENSCHAPPELIJK MEDEWERKER
NIET-IONISERENDE STRALING. MOMENTEEL
WERKT HIJ ALS PROJECTLEIDER BIJ HET
MILIEU- EN NATUURPLANBUREAU VAN
HET RIVM.

DR. WALTER ZWAARD IS CHEMICUS.
HIJ IS HOOFD VEILIGHEID EN MILIEU
BIJ DE GORLAEUS LABORATORIA VAN
DE UNIVERSITEIT LEIDEN.

COMMENTATOREN:

CHARLES MEULEMANS, M.SC., B.MED.
IR. MIRIAM VAN DER WOORD

EINDREDACTIE:

DRS. NICOLETTE VOSKUYL

ONTWERP:

MARIT VAN DER MEER, AMSTERDAM

OPMAAK:

MONDEEL BV, AMSTERDAM

DRUKWERK:

MONDEEL BV, AMSTERDAM

OMSLAGFOTO:

MICHEL WIELICK

Copyright ©2001 TNO Arbeid

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder de schriftelijke toestemming van de uitgever, TNO Arbeid.

Aan deze uitgave is de uiterste zorg besteed. Voor eventuele (druk)fouten en onvolledigheden aanvaarden de auteur(s) en uitgever geen aansprakelijkheid.

DEZE GIDS IS GEDRUKT OP TOTALLY
CHLORINE-FREE PAPIER.

ISBN 90-6743-785-9

INLEIDING

DEZE PRAKTIJKGIDS ARBEIDSHYGIËNE BEHANDELT DE GEZONDHEIDSRISICO'S DIE SAMENHANGEN MET DE TOEPASSING VAN OF DE BLOOTSTELLING AAN NIET-IONISERENDE STRALING TIJDENS HET WERK. BLOOTSTELLING AAN NIET-IONISERENDE STRALING VINDT PLAATS IN UITEENLOPENDE WERKSITUATIES EN KRIJGT DE LAATSTE JAREN EEN TOENEMENDE BELANGSTELLING.

'Straling' is een verschijnsel dat van oudsher vragen oproept over de gezondheidsrisico's voor mensen die eraan worden blootgesteld. Met name de afgelopen jaren is er sprake van een toename van berichten in de media over vermeende gezondheidsschade en economische schade als gevolg van blootstelling aan allerlei stralingstypen. Dat heeft te maken met de explosieve groei van het aantal toepassingen van apparaten en systemen waarbij straling nodig is of 'als nevenproduct' vrijkomt.

Daarbij gaat het om uiteenlopende soorten straling. Op de lijst van in arbeidssituaties verdachte bronnen scoort de problematiek van radioactiviteit hoog. Het gaat dan om zogenaamde ioniserende straling, een onderwerp waarover veel bekend is en waarvoor een uitgebreid stelsel van normen en regelgeving is ontwikkeld. Ioniserende straling veroorzaakt ionisaties (het ontstaan van geladen deeltjes) bij wisselwerking met materie. Ioniserende straling kan bestaan uit een stroom deeltjes, zoals elektronen. Het kan ook gaan om elektromagnetische straling met een relatief kleine golflengte, zoals gammastraling of röntgenstraling.

In deze Praktijkgids gaat het echter om niet-ioniserende straling. Dit is elektromagnetische straling met een relatief grote golflengte. Voor deze soort straling, die weer is onder te verdelen in verschillende typen straling, zijn veel minder harde normen en richtlijnen beschikbaar. Toch neemt het aantal vragen de laatste jaren toe over de mogelijke effecten van ultraviolette straling, extreem laag frequente velden bij hoogspanningsleidingen, effecten bij blootstelling aan bronnen van infraroodstraling en effecten van radiofrequente straling bij zendinrichtingen.

Er is veel onderzoek verricht naar de vraag in hoeverre deze blootstellings-situaties kunnen leiden tot verhoogde gezondheidsrisico's. Daarbij blijken causale verbanden bijzonder moeilijk aantoonbaar te zijn.

In deze Praktijkgids wordt de beschikbare kennis over gezondheidseffecten door blootstelling aan niet-ioniserende straling gepresenteerd. Daarnaast wordt een overzicht gegeven van de beschikbare normen en een oplossingsrichting gepresenteerd voor de beheersing van de blootstellingsrisico's.

Deze Praktijkgids is bedoeld voor arbodeskundigen en leidinggevendenden die een rol spelen in het beheersen van de risico's van niet-ioniserende straling op de werkplek. In deze uitgave wordt aangegeven welke problemen u zelf als arbodeskundige of leidinggevende kunt beoordelen en oplossen, en in welke situaties gespecialiseerde instanties moeten worden ingeschakeld.

LEESWIJZER

Hoofdstuk 1 beschrijft de algemene principes van niet-ioniserende straling en geeft een overzicht van stralingsbronnen en van processen waarbij niet-ioniserende straling vrijkomt.

In hoofdstuk 2 wordt een algemeen stappenplan beschreven voor een arbo- en verzuimbeleid. Daarin is aangegeven hoe vorm kan worden gegeven aan de aandacht voor risico's van niet-ioniserende straling. Achtereenvolgens passeren de fasen van risico-inventarisatie, risico-evaluatie en risicobeheersing daarin de revue.

De hoofdstukken 3 tot en met 6 besteden aandacht aan specifieke typen niet-ioniserende straling. In hoofdstuk 3 staat optische straling (UV-straling, licht en infraroodstraling) centraal, terwijl hoofdstuk 4 dieper ingaat

op radiofrequente straling, inclusief microgolven. Hoofdstuk 5 besteedt aandacht aan extreem laagfrequente velden (ELF) en hoofdstuk 6 aan statische elektrische en magnetische velden. In elk van deze hoofdstukken komen achtereenvolgend bronnen, grootheden en eenheden, gezondheidseffecten, blootstellingslimieten en risicobeheersende maatregelen aan de orde.

Als bijlagen zijn opgenomen een overzicht van de gehanteerde literatuur (bijlage 1), een lijst van voorvoegsels conform het SI-stelsel (bijlage 2), een verklarende woordenlijst (bijlage 3) en een verklaring bij de meest gebruikte afkortingen (bijlage 4). Ten slotte treft u onder bijlage 5 een index.

1

NIET-IONISERENDE STRALING

IN DIT HOOFDSTUK WORDEN DE ALGEMENE PRINCIPES VAN NIET-IONISERENDE STRALING BESCHREVEN EN WORDT EEN OVERZICHT GEGEVEN VAN STRALINGSBRONNEN EN VAN PROCESSEN WAARBIJ NIET-IONISERENDE STRALING VRIJKOMT.

Niet-ioniserende straling (NIS) is overal in ons leefmilieu te vinden. Natuurlijke bronnen van niet-ioniserende straling zijn bijvoorbeeld de zon (UV, licht en infrarood- of warmtestraling) en het aardmagnetisch veld (statische magnetische velden). Ook in het huishouden, de industrie en de (medische) wetenschap wordt veelvuldig gebruikgemaakt van niet-ioniserende straling. Denk daarbij aan het gebruik van elektriciteit, van radio- en tv-zenders, maar ook aan magnetrons, lasers, RF-sealers en MRI-apparatuur. Het gaat daarbij altijd om elektromagnetische straling met een energie die, zelfs bij hoge vermogensdichtheid, te laag is om ionisaties in materie te veroorzaken. De naam die aan een bepaald frequentiebereik is gegeven, geeft vaak aan hoe de mens die straling ervaart of gebruikt.

Elektrische velden worden veroorzaakt door elektrische lading. Het elektrisch veld is een vectorveld; het heeft een grootte én een richting. De elektrische veldsterkte E heeft als eenheid volt per meter (V/m) en is een afgeleide van de elektrische potentiaal met de eenheid volt (V).

Magnetische velden ontstaan door veranderende elektrische velden of door elektrische stroom. De magnetische veldsterkte H heeft de eenheid ampère per meter (A/m). Een hiermee samenhangende grootte is de magnetische fluxdichtheid B , met als eenheid tesla ($T = V \cdot s \cdot m^{-2}$). De tesla is in de praktijk een onhandig grote eenheid; meestal voldoet de microtesla (μT) beter. In vacuüm – en in goede benadering ook in lucht – zijn de magnetische veldsterkte en de fluxdichtheid evenredig met elkaar:

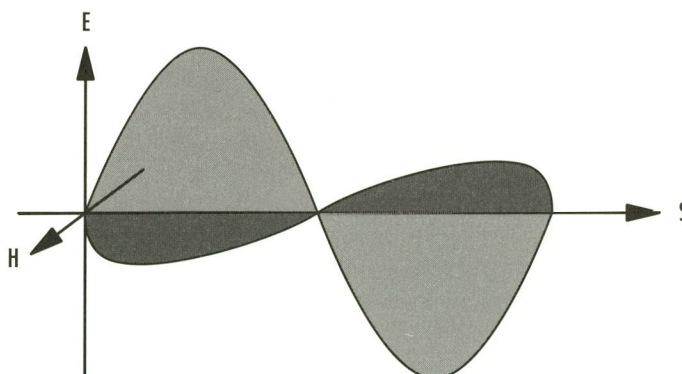
$$B = 1,26 H$$

waarin:

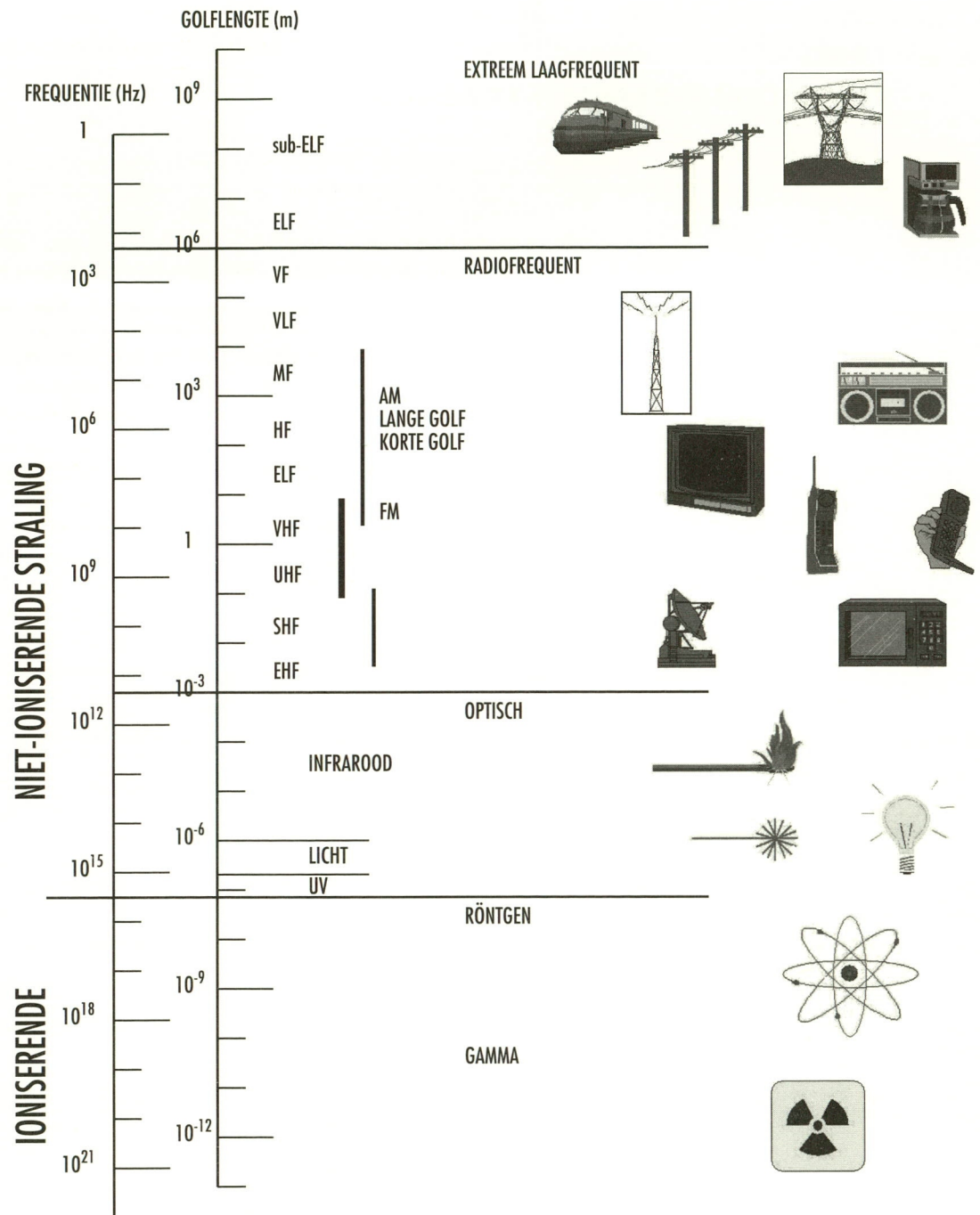
- B is magnetische fluxdichtheid in μT
- H is magnetische veldsterkte in A/m

Een veranderend elektrisch veld veroorzaakt altijd een magnetisch veld en omgekeerd. Beide velden zijn in wezen twee componenten van één veld, het elektromagnetisch veld. Een veranderend elektromagnetisch veld veroorzaakt golven waarmee energie kan worden getransporteerd.

FIGUUR 1 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN EEN ELEKTROMAGNETISCHE GOLF



FIGUUR 2 HET ELEKTROMAGNETISCH SPECTRUM EN ENKELE VEELVOORKOMENDE TOEPASSINGEN



Deze golven noemt men elektromagnetische straling. De belangrijkste karakteristiek van een periodieke (zichzelf herhalende) beweging, zoals een harmonische golf, is de frequentie f : het aantal malen dat de beweging zich per tijdseenheid herhaalt. De eenheid van frequentie is de hertz (Hz), het aantal herhalingen per seconde.

Elektromagnetische golven bewegen in vacuüm met de lichtsnelheid c . De afstand die een golf aflegt in één periode is de golflengte λ . Het verband tussen de frequentie f , de golflengte λ en de lichtsnelheid c is daarom:

$$\lambda = c / f$$

Omdat de lichtsnelheid constant is (3×10^8 m/s) kan men een golf ook karakteriseren met de golflengte in plaats van de frequentie. Dat blijkt ook uit benamingen zoals langegolf, middengolf, kortegolf en microgolf.

Een maat voor de sterkte of intensiteit van elektromagnetische straling is de vermogensdichtheid S . Dit is het product van de elektrische en de magnetische veldsterkten E en H :

$$S = E \times H$$

De vermogensdichtheid is de hoeveelheid energie die per tijdseenheid door een loodrecht op de voortplantingsrichting staand oppervlak wordt getransporteerd. De eenheid van S is watt per vierkante meter (W/m^2).

De grens tussen ioniserende en niet-ioniserende straling ligt bij een golflengte van 100 nm, oftewel bij een frequentie van 3000 THz (1 terahertz = 10^{12} Hz) en een energie van 12,4 eV (zie figuur 2).

De eigenschappen van elektromagnetische straling en daarmee de toepassingsmogelijkheden zijn afhankelijk van de frequentie.

SCHEMA 1 FREQUENTIE EN GOLFLENGTE VAN DE VERSCHILLENDE GOLFLENGTEGEBIEDEN

STRALINGSTYPE	FREQUENTIE	GOLFLENGTE
IONISERENDE ELEKTROMAGNETISCHE STRALING		
- RÖNTGEN- EN GAMMASTRALING	> 3 PHz	< 100 nm
NIET-IONISERENDE STRALING		
- ULTRAVIOLET (UV)	750 THz - 3 PHz	100-400 nm
UV-C	1,70-3 PHz	100-280 nm
UV-B	952 THz - 1,70 PHz	280-315 nm
UV-A	750-952 THz	315-400 nm
- LICHT	385-750 THz	400-780 nm
- INFRAROOD	300 GHZ - 385 THz	780 nm - 1 mm
IR-A	214-385 THz	780 nm - 1,4 μm
IR-B	100-214 THz	1,4-3 μm
IR-C	300 GHZ - 100 THz	3 μm - 1 mm
- RADIOFREQUENTE STRALING	300 Hz - 300 GHZ	1 mm - 1000 km
EHF (EXTREEM HOOGFREQUENT)	30-300 GHZ	1-10 mm
SHF (SUPER HOOGFREQUENT)	3-30 GHZ	10-100 mm
UHF (ULTRA HOOGFREQUENT)	300 MHZ - 3 GHZ	100 mm - 1 m
VHF (ZEER HOOGFREQUENT)	30-300 MHZ	1-10 m
HF (HOOGFREQUENT)	3-30 MHZ	10-100 m
MF (MIDDENFREQUENT)	300 KHz - 3 MHZ	100 m - 1 km
LF (LAAGFREQUENT)	30-300 KHz	1-10 km
VLF (ZEER LAAGFREQUENT)	3-30 KHz	10-100 km
VF (VOICE FREQUENT)	300 Hz - 3 KHz	100-1000 km
- ELF (EXTREEM LAAGFREQUENT)	30-300 Hz	1000-10.000 km
- SUB-ELF	< 30 Hz	> 10.000 km

BRONNEN EN PROCESSEN

Er bestaan bijzonder veel bronnen van niet-ioniserende straling. Een aantal daarvan 'straalt' omdat dat juist de bedoeling is (zoals zendmasten, radar, lasers en medische behandelingsapparatuur); andere bronnen stralen als ongewenst en vaak onbewust neveneffect (voedingen van elektrische apparatuur, halogeengloeilampen, beeldschermen).

Een aantal belangrijke bronnen en processen waarbij niet-ioniserende straling vrijkomt, is gegeven in schema 2.

SCHEMA 2 BELANGRIJKE BRONNEN EN PROCESSEN WAARBIJ NIET-IONISERENDE STRALING VRIJKOMT		
SOORT STRALING	BRONNEN	PROCESSEN
ULTRAVIOLET	ZON, HALOGEENGLOEILAMPEN, GASONTLADINGSAMPEN (FLUORESCENTIE-LAMPEN), LASBOGEN	BUITENWERK (ZON), LASSEN, DODEN VAN BACTERIËN, POLYMERISATIE, LITHOGRAFIE
LICHT EN INFRAROOD	ZON, VUUR, GLOEILAMPEN, GASONTLADINGS LAMPEN, LASBOGEN, HETE VOORWERPEN	GLASBLAZEN, LASSEN, PROJECTIE, HOOG-OVENS, STOOMKETELS, BRAND, KOKEN EN BAKKEN
RADIOFREQUENTE STRALING	RADIO- EN TV-ZENDERS, RADAR, INDUCTIEVE VERWARMING, DIATHERMIE-APPARATUUR, TELEFONIE (PORTOFOON)	SIGNAALOVERDRACHT, SEALEN VAN PLASTIC, PIJNVERLICHTING
ELF VELDEN	ONWEER, STROMEN IN DE AARDE, HOOG-SPANNINGSLIJNEN ELEKTRISCHE APPARATUUR	ELEKTRICITEITSVOORZIENING, LASSEN, INDUCTIEVE VERWARMING
STATISCHE VELDEN	NMR- EN MRI-APPARATUUR, ELEKTROLYSE-APPARATUUR	DIAGNOSTIEK GENEESKUNDE, ELEKTROLYSE, GALVANOTECHNIEK

Uit het voorgaande blijkt, dat de bedrijfstakken waarin bronnen van niet-ioniserende straling worden gebruikt, zeer uiteenlopend zijn.

2

RISICO-INVENTARISATIE, -EVALUATIE EN -BEHEERSING

IN DIT HOOFDSTUK WORDT EEN ALGEMEEN STAPPENPLAN BESCHREVEN VOOR EEN ARBO- EN VERZUIMBELEID. DAARIN IS AAN-
GEGEVEN HOE VORM KAN WORDEN GEGEVEN AAN DE AANDACHT VOOR RISICO'S VAN NIET-IONISERENDE STRALING. ACHTER-
EENVOLGENS PASSEREN DE FASEN VAN RISICO-INVENTARISATIE, RISICO-EVALUATIE EN RISICOBEBEERSING DE REVUE.

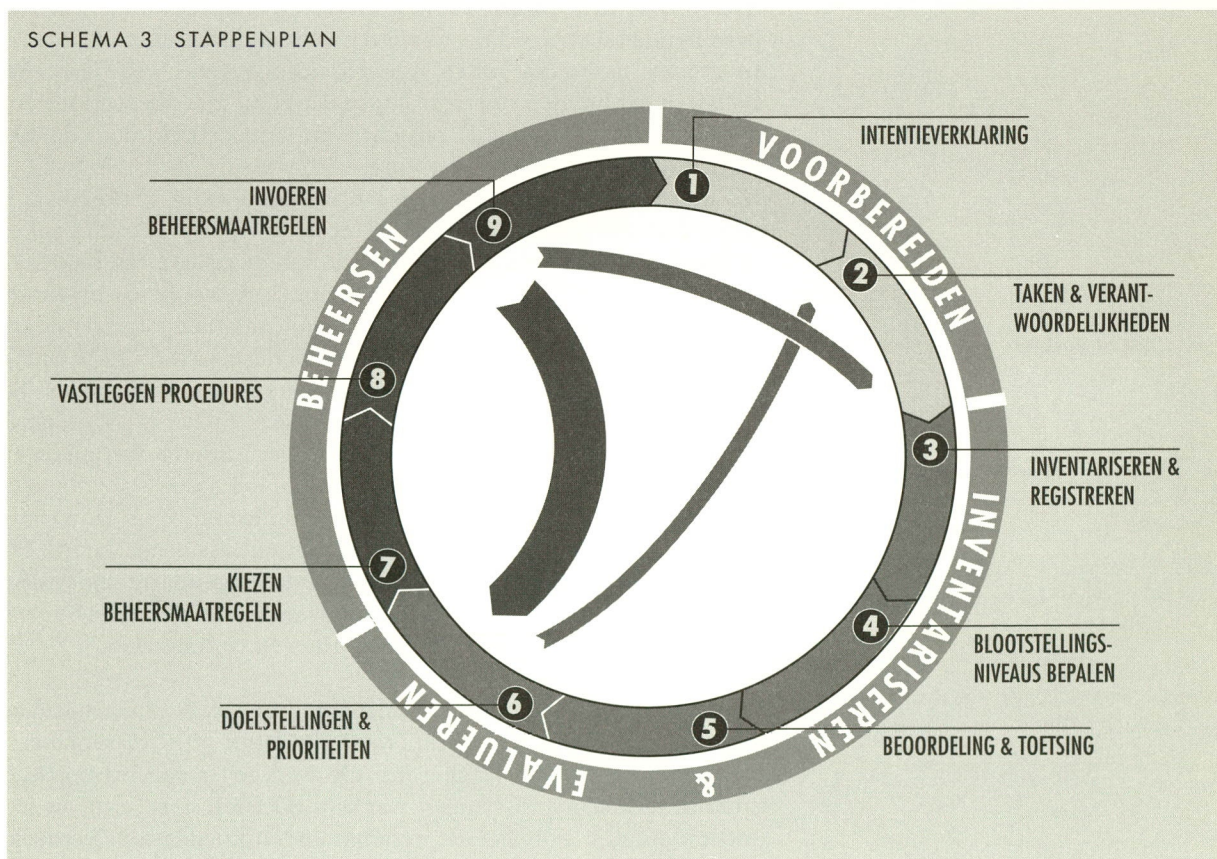
Het effectief beheersen van de risico's van niet-ioniserende straling is pas mogelijk als eerst een systematische inventarisatie en evaluatie van die risico's plaatsvindt. Bij de inventarisatie worden stralingsbronnen en de blootstelling aan straling in kaart gebracht, bij de evaluatie wordt de blootstelling beoordeeld. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van berekeningen of vuistregels om te komen tot een onderbouwde schatting. Ook kunnen metingen worden uitgevoerd waarna de blootstellingsniveaus worden getoetst aan relevante normen.

Volgens het stappenplan voor arbo- en verzuimbeleid (zie schema 3) bestaat een gestructureerd arbobeleid uit drie fasen:

- 1 voorbereiden
- 2 inventariseren en evalueren
- 3 beheersen

Deze fasen omvatten samen negen stappen. Door deze achtereenvolgens te zetten, worden de risico's van blootstelling aan niet-ioniserende straling systematisch beheerst.

SCHEMA 3 STAPPENPLAN



Niet alle stappen zijn overigens in elke situatie nodig. In veel organisaties en op veel werkplekken zullen immers al verschillende activiteiten plaatsvinden die zijn gericht op beheersing van arborisico's. In dergelijke situaties is het van belang om zoveel mogelijk aan te sluiten bij wat al gebeurt. Het hier geschetste stappenplan kan daarbij een hulpmiddel zijn.

2.1 VOORBEREIDEN

Voor een systematische benadering van de risico's van niet-ioniserende straling is de inzet van alle medewerkers binnen de organisatie nodig. Veilig en gezond werken is echter niet een zaak van alleen de werknemers. Het management moet zorgen voor omstandigheden waaronder werknemers professioneel, dat wil zeggen zorgvuldig en veilig, kunnen werken. Dat betekent ondermeer dat er voldoende tijd moet zijn om veilig te werken. Onder te hoge werkdruk zijn medewerkers niet altijd in staat om volgens de veiligheidsvoorschriften te werken.

Daarnaast moeten er voldoende voorzieningen en middelen beschikbaar zijn om professioneel en veilig te werken. Daarbij valt te denken aan de beschikbare werkruimte, de apparatuur die moet worden gebruikt en de diverse gereedschappen en hulpmiddelen. De werkgever is bovendien verplicht om zonodig persoonlijke beschermingsmiddelen ter beschikking te stellen.

Ten slotte zijn duidelijke afspraken nodig over de manier waarop het werk wordt uitgevoerd. Het management is er verantwoordelijk voor dat dergelijke afspraken worden gemaakt en dat deze bekend zijn bij alle betrokkenen.

Volgens de Arbowet heeft de werkgever een aantal verplichtingen die zijn gericht op een structurele verbetering van de arbeidsomstandigheden en verlaging van het ziekteverzuim. In kleine bedrijven zal een werkgever deze verplichtingen zelf kunnen uitvoeren of er op kunnen toezien dat de betreffende taken goed door anderen worden uitgevoerd.

In grotere bedrijven zullen echter (leidinggevende) werknemers een rol spelen in het houden van toezicht. In dat geval moet de werkgever de taken die hij opdraagt, duidelijk omschrijven, bijvoorbeeld door de taken op te nemen in een functieomschrijving.

De wetgeving schrijft voor, dat een werkgever zijn werknemers voorlichting, instructie en training geeft. Het komt in de praktijk nogal eens voor, dat werknemers niet op de hoogte zijn van de risico's van blootstelling aan niet-ioniserende straling. De uitvoering van een risico-inventarisatie en -evaluatie, die voldoende aandacht schenkt aan niet-ioniserende straling, is een goed moment om de problematiek onder de aandacht te brengen.

Het spreekt vanzelf dat inzicht van de werknemers in de risico's het draagvlak voor eventuele maatregelen zal verhogen. En dat is nodig, omdat maatregelen vaak een gedragsverandering of het aanleren van nieuwe vaardigheden vereisen van de werknemers.

Om gedragsveranderingen en nieuwe werkmethoden duurzaam te verankeren in de manier van werken is communicatie noodzakelijk. Het onderwerp professioneel en veilig werken zal dus regelmatig onder de aandacht moeten worden gebracht. Daar zijn verschillende methoden voor, zoals interne publicaties, mededelingenborden en werkoverleg.

Het voorbereiden van een arbobeleid eindigt met het maken van afspraken. Daarbij moet voor alle werknemers duidelijk zijn waarom het beleid is vastgesteld en wordt uitgevoerd. De werkgever kan bijvoorbeeld in een intentieverklaring vastleggen wat zijn doelstellingen zijn. In ieder geval moet duidelijk zijn hoe de verantwoordelijkheden zijn verdeeld en wie welke taken en bevoegdheden heeft.

STAP 1: INTENTIEVERKLARING

Het opstellen van een intentieverklaring, waarin alle betrokken partijen aangeven dat zij de problematiek onderkennen en willen aanpakken, kan een goede start zijn voor het opzetten van een beleid op het gebied van niet-ioniserende straling. Dat geldt met name voor bedrijven waarin stralingsrisico's een prominente rol spelen. Is dat niet het geval, dan kan het onderwerp niet-ioniserende straling aan de orde komen bij het vertalen van de (algemeen geformuleerde) intenties in concrete doelstellingen.

Degenen die hiervoor verantwoordelijk zijn, moeten de werknemers in een vroeg stadium betrekken bij zowel planning als ontwerp, maar vooral bij de uitvoering van het beleid. Werknemers kunnen vaak creatieve oplossingen bedenken: handige, praktische oplossingen voor dagelijkse problemen. Zij voelen zich ook meer betrokken bij een probleem als zij een bijdrage aan de oplossing ervan kunnen leveren.

Bovendien legt de Arbowet niet alleen verplichtingen op aan de werkgever, maar ook aan (individuele) werknemers waarvan 'verantwoord gedrag' wordt verwacht. Dat betekent onder meer dat zij verplicht zijn om op de juiste wijze gebruik te maken van beveiligingen, hulpmiddelen en persoonlijke beschermingsmiddelen. Bovendien dienen zij mee te werken aan voor hen georganiseerde voorlichting en onderricht en moeten zij eventuele risico's bij het werk melden aan de werkgever.

De intentieverklaring wordt ingevuld met doelstellingen. Die worden bij voorkeur zo concreet mogelijk geformuleerd om (later) na te kunnen gaan of ze zijn bereikt.

STAP 2: TAKEN EN VERANTWOORDELIJKHEDEN VASTLEGGEN

Het is belangrijk dat medewerkers met een verschillende achtergrond meedenken over de strategie om stralingsrisico's te beheersen. Het is bijvoorbeeld mogelijk om een projectgroep van medewerkers in te stellen. Die kan suggesties doen over de organisatie en uitvoering van risicobeheersing. De taken en bevoegdheden en de financiële speelruimte van zo'n werkgroep moeten duidelijk zijn afgesproken. Eventueel kan een (interne of externe) deskundige zitting hebben in de werkgroep of de werkgroep begeleiden.

Uiteindelijk moet dit uitmonden in het duidelijk vastleggen van taken en verantwoordelijkheden voor de dagelijkse praktijk. Daarbij wordt duidelijk wie voor wat verantwoordelijk is.

Daarbij mag, om onduidelijkheden te voorkomen, een bepaalde taak slechts aan één werknemer worden opgedragen. Bovendien geldt, dat verantwoordelijkheden altijd samengaan met bevoegdheden. Voor een goede uitvoering van de opgedragen taken van een werknemer moet de werkgever dus voldoende bevoegdheden en middelen verschaffen. Dat geldt met name voor werknemers die een bijzondere rol spelen op het gebied van arbeidsomstandigheden zoals een veiligheids- of stralingsdeskundige.

2.2 INVENTARISEREN EN EVALUEREN

Het systematisch beheersen van de risico's van niet-ioniserende straling is slechts mogelijk als er regelmatig onderzoek wordt uitgevoerd naar die risico's. De overheid schrijft voor, dat elk bedrijf beschikt over een risico-inventarisatie en -evaluatie die zonodig regelmatig wordt geactualiseerd. Daarin moet ook aandacht worden besteed aan de risico's van niet-ioniserende straling.

STAP 3: INVENTARISEREN EN REGISTREREN

In deze stap vindt een inventarisatie plaats van bronnen die blootstelling aan niet-ioniserende straling kunnen veroorzaken. Vaak zal dit gebeuren in de eerste fase van een bredere risico-inventarisatie en -evaluatie.

De werkgever kan de risico-inventarisatie en -evaluatie laten uitvoeren door eigen werknemers of dit uitbesteden aan bijvoorbeeld een arbodienst. Een oriënterend of inventariserend werkplekonderzoek levert een globaal overzicht van de belangrijkste knelpunten. Men kan daarbij het beste beginnen met het in kaart brengen van processen, afdelingen en werkhandelingen waarbij niet-ioniserende straling wordt toegepast of kan vrijkomen. Daarvoor is informatie nodig over:

- de processen in het bedrijf en de toegepaste technieken
- eventuele klachten van medewerkers
- handelingen waarbij medewerkers worden blootgesteld aan straling
- de aanwezigheid van procedures en veiligheidsvoorschriften
- de manier waarop wordt gewerkt in de praktijk
- de preventieve maatregelen die medewerkers toepassen
- ongevallen en bijna-ongevallen
- de staat van de beschermingsmiddelen die worden gebruikt (zoals afschermingen en persoonlijke beschermingsmiddelen)

Voor een preventieve aanpak is het belangrijk om te weten wat voor soort klachten spelen en welke ongevallen voorkomen. Registratie is dus belangrijk en maakt het mogelijk om gericht voorstellen te doen voor preventieve maatregelen.

Het in kaart brengen van de risico's en knelpunten op het gebied van niet-ioniserende straling kan plaatsvinden als onderdeel van een ('arbo-brede') inventarisatie van risico's. De praktijk wijst echter uit, dat de stralingsrisico's nogal eens onderbelicht blijven in een risico-inventarisatie en -evaluatie, vaak door onbekendheid met de problematiek.

STAP 4: BEPALEN VAN BLOOTSTELLINGSNIVEAUS

Nadat in de vorige stap de bronnen in beeld zijn gebracht, richt de aandacht zich nu op de emissie van niet-ioniserende straling en de blootstelling daaraan.

Bij het bepalen van de blootstelling aan niet-ioniserende straling zijn twee zaken van belang:

- de methode waarmee de blootstelling wordt geschat of gemeten
- de interpretatie van de resultaten van de schatting of meting

Het berekenen, schatten of meten van de blootstelling aan niet-ioniserende straling is een specialistische activiteit. Slechts het doen van een grove schatting of het uitvoeren van een indicatieve meting is mogelijk zonder specialistische hulp. Mits men bij het uitvoeren van metingen beschikt over gekalibreerde apparatuur en een duidelijke gebruiksaanwijzing.

Gaat het om meer dan een globale schatting of meting, dan is specialistische hulp al snel noodzakelijk. Bijvoorbeeld van een arbodienst of een gespecialiseerd adviesbureau.

Bij het globaal schatten of berekenen van de blootstelling kan soms gebruik worden gemaakt van vuistregels. Zo blijken enkele in elkaar gehaakte paperclips zich in een statisch magneetveld pas bij een veldsterkte vanaf 1 mT duidelijk te richten langs de veldlijnen. Ook kunnen bijvoorbeeld gegevens uit literatuuronderzoek of over bronsterkten (verkregen van fabrikant of leverancier) worden gecombineerd met gegevens over de werksituatie (verkregen uit observaties). Dit levert een schatting op van het blootstellingsniveau tijdens de normale gang van zaken en van de kans

op onbedoelde (hoge) blootstelling. Voor een eerste schatting zijn metingen dan ook niet altijd noodzakelijk.

Bij het meten van de blootstelling heeft men te maken met uiteenlopende apparatuur en verschillende meetstrategieën, die afhankelijk zijn van het golflengtegebied van de straling. De interpretatie is niet altijd gemakkelijk omdat niet voor alle golflengtegebieden betrouwbare normen bestaan. Toch zijn metingen soms nuttig om:

- stralingsniveaus rond bronnen globaal in kaart te brengen
- de blootstelling met advieswaarden te vergelijken
- de blootstelling te vergelijken met die in andere situaties
- een relatie te leggen met klachten of gezondheidseffecten
- een discussie over de grootte van risico's te vergemakkelijken
- te kijken of getroffen beheersmaatregelen effectief zijn

Om gezondheidsschade te voorkomen, mogen afhankelijk van de golflengte en het blootgestelde weefsel, de stroomdichtheid in het lichaam, specifiek absorptietempo, vermogensdichtheid of energiedichtheid bepaalde niveaus niet overschrijden. De Gezondheidsraad heeft daartoe blootstellingslimieten opgesteld. Inachtneming hiervan biedt bescherming tegen de schadelijke gezondheidseffecten.

Bij ELF- en RF-straling maakt de Gezondheidsraad onderscheid tussen werknemers en leden van de bevolking. Onder werknemers verstaat men volwassenen die in het kader van de uitoefening van hun beroep kunnen worden blootgesteld aan elektromagnetische velden en die zijn voorgelicht over de daaraan verbonden risico's en de benodigde veiligheidsmaatregelen. De advieswaarden voor werknemers en voor leden van de bevolking zijn verschillend, immers:

- de bevolking bestaat uit individuen van alle leeftijden, elk met een andere gezondheidstoestand
- in de bevolking bestaan individuen of groepen met een bijzondere gevoeligheid voor radiofrequente of extreem laagfrequente straling, zoals personen met een gestoorde thermoregulatie
- leden van de bevolking kunnen continu worden blootgesteld, terwijl werknemers zich slechts een beperkte tijd in een arbeidssituatie bevinden
- leden van de bevolking zijn zich niet altijd bewust dat blootstelling aan radiofrequente straling of extreem laagfrequente straling plaatsvindt
- van leden van de bevolking mag niet worden verwacht dat zij bereid zijn enig risico verbonden aan blootstelling te dragen
- van leden van de bevolking mag niet worden verwacht dat zij beschermende maatregelen willen nemen tegen de gevolgen van (te hoge) blootstelling

STAP 5: BEOORDELEN EN TOETSEN

Na het bepalen van de blootstelling aan straling volgt de afronding van de risico-evaluatie: de beoordeling van de risico's. Dit is een van de lastigste stappen uit het stappenplan.

De beoordeling van stralingsrisico's omvat twee aspecten. Het eerste werd hiervoor beschreven: het 'wegen' of taxeren van de ('objectieve') risico's met behulp van normen, richtlijnen en vuistregels. Het tweede is het geven van een waarde-oordeel ('value'); het *beoordelen* van de risico's. In deze stap zijn niet uitsluitend normen en de aspecten *kans* en *effect* aan de orde. Afhankelijk van de gebruikte methode kan hier ook expliciet worden meegewogen:

- de omvang van de risicogroep
- de risicobeleving (en -acceptatie) van de directbetrokkenen

Naast de blootstelling en de daaruit voortvloeiende kans op schadelijke effecten is immers ook het aantal blootgestelden belangrijk voor het vaststellen van de omvang van het risico. Een inventarisatie van het aantal werknemers dat gebruikmaakt van stralingsbronnen is dus zinvol.

Risico's hangen samen met een toekomstig ongewenst effect en de kans daarop. Zowel kans als effect speelt een rol bij de beoordeling van een risico. Als de kans of het effect als groot wordt beoordeeld, is er sprake van een 'groot risico'. Bij een risicobeoordeling wordt gebruikgemaakt van allerlei beschikbare informatie. Toch blijft er altijd onzekerheid; het omgaan daarmee is een individuele zaak waarbij niet uitsluitend rationele overwegingen een rol spelen.

De vaak weerbarstige praktijk rondom de risico's van niet-ioniserende straling laat zien dat met name het aspect *risicobeleving* nadrukkelijk moet worden beschouwd.

RISICOBEELEVING

De beleving van risico's wordt door verschillende factoren beïnvloed:

- *Vrijwilligheid.* De mate van vrijwilligheid speelt een belangrijke rol. Iemand kan zichzelf bijvoorbeeld vrijwillig blootstellen aan de schadelijke UV-straling in zonlicht, maar zich ernstig zorgen maken over de (onvrijwillige) blootstelling aan UV-straling op het werk. Onvrijwillige risico's worden in het algemeen moeilijker aanvaard.
- *Beïnvloedbaarheid.* De mate waarin mensen denken de risico's zelf in de hand te hebben, speelt ook een opmerkelijke rol. Veel mensen vinden vliegen gevaarlijker dan autorijden. Dat komt gedeeltelijk doordat zij denken in een auto meer invloed op de risico's te kunnen uitoefenen dan in een vliegtuig.
- *Aard gevolgen.* Daarnaast speelt de aard van het effect een rol. Onmiddellijke gezondheidseffecten worden bijvoorbeeld anders beleefd dan vertraagd optredende effecten. Het risico van een ongeval dat direct tot de dood leidt, wordt anders ervaren dan het risico van een gebeurtenis die na lange tijd tot de dood leidt. Angstwekkende effecten (kanker, langdurige pijn en handicaps) krijgen meer aandacht dan niet-angstwekkende gevolgen.
- *Voorzienbaarheid.* Onbekende risicotypen worden vaak zwaarder gewogen dan vertrouwde risico's. Het gaat hierbij om de voorzienbaarheid zoals die wordt *ervaren*. Het is niet verwonderlijk dat onbekende en lastig te doorgronden technologieën vaak een omstreden karakter hebben (nucleaire energie, genetische modificatie).
- *Kennis.* De (vermeende) kennis over de risico's speelt een belangrijke rol in de risicobeleving. Niet alleen de kennis van de directbetrokkenen, maar ook de kennis van deskundigen (en het beeld daarvan bij de directbetrokkenen). Vertrouwde situaties en risico's worden eerder aanvaard dan onbekende.

Bovendien wordt er (al dan niet bewust) een afweging gemaakt tussen de verwachte voordelen en nadelen. Zo wegen de risico's van een bepaalde activiteit vaak op tegen de (vermeende) voordelen. Het risico van een gebroken been weegt voor veel mensen op tegen het voordeel van een fijne wintersportvakantie. Wanneer gevarengeld wordt uitgekeerd, blijken mensen bereid hun risicobeleving op een laag pitje te zetten.

Elk individu zal de specifieke genoemde factoren op een eigen manier wegen. De beleving van risico's kan afhangen van leeftijd, geslacht, opleiding en culturele achtergrond. Naast interindividuele verschillen zijn er ook per individu variaties: risicoperceptie en risicobeleving kunnen zich

ontwikkelen in de tijd, bijvoorbeeld door leerprocessen of doordat de voordelen van de risicodragende activiteiten veranderen.

Aspecten zoals kosten en technische en operationele haalbaarheid worden in dit stadium nog niet meegenomen. Deze aspecten hangen immers niet zozeer samen met de beoordeling van de risico's, maar met de maatregelen die worden getroffen. Zij komen *daar* dan ook aan de orde.

Door de risico's te evalueren kan een rangorde van risico's worden vastgesteld. Sommige methoden lenen zich hiervoor bij uitstek (bijvoorbeeld blootstellingsmetingen of 'relative ranking'-methoden), andere minder (bijvoorbeeld de meeste inspecties met een vragenlijst). Wordt alleen van een eenvoudige checklist gebruikgemaakt, dan zal het nodig zijn om aanvullend gebruik te maken van een methode om risico's te taxeren.

2.3 BEHEERSEN

STAP 6: DOELSTELLINGEN EN PRIORITEITEN STELLEN

In deze stap vormt de beoordeling of een rangorde van de risico's het uitgangspunt voor het bedenken van maatregelen en het stellen van prioriteiten.

Daarbij speelt ook de wetgeving een rol. In de eerste plaats omdat sommige maatregelen wettelijk verplicht zijn, in de tweede plaats omdat de overheid een systematische manier van risicobeheersing voorschrijft. Er dient daarbij gebruik te worden gemaakt van een *strategie* waardoor risico's zoveel mogelijk 'aan de bron' worden bestreden. Hierbij geldt 'de huidige stand van de techniek' als richtsnoer.

In de arbeids- en stralingshygiëne wordt een werksituatie vaak gekarakteriseerd met risico- of emissiebronnen. De zogenoemde arbeidshygiënische beheersstrategie volgt hier logisch uit en omschrijft verschillende typen maatregelen in een hiërarchie. Deze loopt van bestrijding aan de bron tot het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen:

- bestrijding aan de bron
- afscherming van de bron
- aanpassing van de omgeving
- afscherming van de mens
- persoonlijke bescherming

BESTRIJDING AAN DE BRON

Bronmaatregelen kunnen op hun beurt ook weer worden onderverdeeld in hiërarchische niveaus: *eliminatie*, *vervanging* en *aanpassing* van de stralingsbron.

Bij *eliminatie* van de bron verdwijnt de stralingsbron geheel. Het betekent dat het toegepaste proces of de werkzaamheden veranderen. Het is overigens mogelijk dat daardoor andere soorten risico's worden geïntroduceerd. Een voorbeeld van eliminatie is het vervangen van smeltlassen door een andere verbindingstechniek zoals felsen of ultrasoon lassen. Een ander voorbeeld is het afzien van gebruik van UV straling voor desinfectie, bijvoorbeeld door gebruik van andere desinfectietechnieken.

Bij *vervanging* van de bron wordt een stralingsbron door een andere stralingsbron vervangen. Het type risico (blootstelling aan niet-ioniserende straling) blijft dus hetzelfde, maar het risico wordt kleiner (bijvoorbeeld omdat de straling minder schadelijk is). Het is mogelijk dat de aard van de werkzaamheden hierbij verandert.

Een voorbeeld van vervanging is het toepassen van straling van andere golflengte bij het gebruik van lasers.

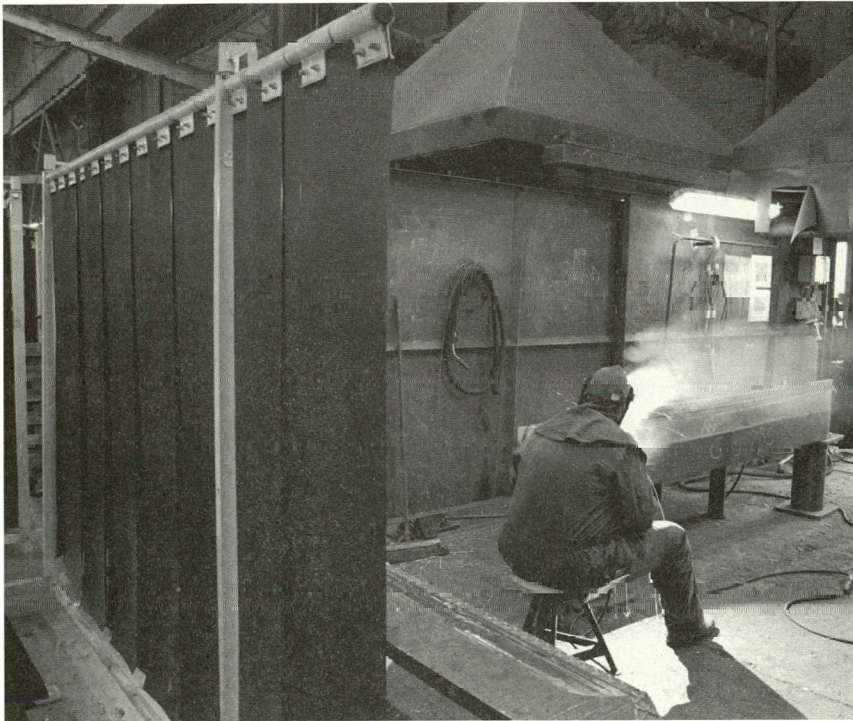
Wanneer wordt gekozen voor *aanpassing* van de risicobron, blijft de stralingsbron waaraan blootstelling plaatsvindt dezelfde; de bron of het proces

wordt wel zodanig veranderd dat het risico vermindert. Door deze aanpassing verandert de blootstelling in gunstige zin. Een voorbeeld is het verlagen van het uittredend vermogen van lasers.

AFSCHERMING VAN DE BRON

Bij het afschermen van de bron wordt gekozen voor isolatie van de stralingsbron; dus voor maatregelen die relatief dicht bij de risicobron aangrijpen. Het soort risico en de gebruikte bronnen veranderen hier dus niet. Door isolatiemaatregelen neemt wel de blootstelling af en veranderen mogelijk ook de werkzaamheden.

Voorbeelden van afscherming zijn het onder water uitvoeren van plasma-snijden, het zoveel mogelijk inkasten van laseropstellingen en de toepassing van lasschermen bij laswerkzaamheden.



AFSCHERMING VAN DE BRON: TOEPASSING
VAN EEN LASSCHERM BIJ LASWERKZAAM-
HEDEN FOTO MICHEL WIELICK

AANPASSING VAN DE OMGEVING

Bij het aanpassen van de omgeving grijpen de maatregelen verder van de stralingsbron aan. Te denken valt aan ruim voldoende verlichting bij het werken met lasapparatuur en lasers, en het vermijden van reflecterende wanden en voorwerpen. Ook valt te denken aan zonneschermen bij buitenwerk die de blootstelling aan zonlicht beperken.

AFSCHERMING VAN DE MENS

Maatregelen die zijn gericht op het afschermen van de mens zijn uiteenlopend van aard. Sommige werkzaamheden kunnen worden geautomatiseerd waardoor de aanwezigheid van werknemers in de directe omgeving wordt voorkomen.

Ook kan worden gedacht aan organisatorische maatregelen om blootstelling te beperken. Deze zijn gericht op beperking van de blootstelling, de blootstellingsduur of het aantal blootgestelden. Door gebruik te maken van controlekamers van waaruit de werkzaamheden worden bediend, wordt de blootstelling bijvoorbeeld beperkt. Dit wordt in uiteenlopende situaties toegepast, variërend van de bediening van MRI-apparatuur in ziekenhuizen tot het sturen van laserbewerkingen in de industrie. Een ander voorbeeld is het 's zomers buiten werken tussen 11.00 en 15.00 uur beperken.

De blootstellingsduur kan verder worden beperkt door taakrotatie. Het aantal blootgesteldenden kan worden beperkt door het ruimtelijk scheiden van werkzaamheden en door bijvoorbeeld het werken met lasers in niet algemeen toegankelijke werkruimten te laten plaatsvinden.

Het goed indelen van de processen in een werkruimte zorgt ervoor dat alleen de direct bij een proces betrokken werknemers aan de vrijkomende straling worden blootgesteld.

Een duidelijke taakverdeling, waardoor werknemers voldoende verantwoordelijkheid voor hun handelingen kunnen nemen, is nuttig om onnodig vrijkomen van of blootstelling aan straling te voorkomen. Ook gerichte opleiding van werknemers voor het omgaan met stralingsbronnen draagt daaraan bij.

PERSOONLIJKE BESCHERMING

Het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen vormt de laatste stap in de strategie. Soms kan door de aard van het werk de blootstelling aan straling niet voldoende worden verlaagd om de risico's voldoende te beheersen. Dan zijn geschikte persoonlijke beschermingsmiddelen nodig. De aard van die middelen hangt af van de soort straling en van type, duur en intensiteit van de blootstelling.

Bij persoonlijke beschermingsmiddelen bepaalt de manier van gebruik de effectiviteit. Persoonlijke beschermingsmiddelen kunnen oncomfortabel zijn en een belasting vormen. De persoonlijke bescherming mag de werkers natuurlijk niet zo hinderen dat zij er door in gevaar komen, bijvoorbeeld door verminderde beweeglijkheid of verminderd contact met de buitenwereld. Er moet bij onvermijdelijk gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen niet worden gestreefd naar maximale (theoretische) bescherming, maar naar optimale bescherming, in relatie tot beweeglijkheid, belasting en comfort. Gebeurt dat niet, dan bestaat de kans dat de beschermingsmiddelen onvoldoende consequent worden gebruikt.

Als het doordringend vermogen van de straling gering is, beperkt de bescherming van persoonlijke beschermingsmiddelen zich tot ogen en huid. Als het doordringend vermogen van de straling groter is, is soms ook bescherming van andere lichaamsdelen noodzakelijk.

De huid kan worden beschermd door lagen van min of meer ondoordringbare stof in de vorm van beschermende kleding te dragen. Belangrijk is hierbij dat de beschermende laag de straling voldoende verzwakt en er niet door wordt aangetast. Een goede materiaalkeuze is van groot belang.

Voorbeelden van persoonlijke beschermingsmiddelen zijn laskappen, laserbrillen, en hoofdbedekking, kleding met lange mouwen en zonnebrandcrème bij buitenwerk.

De arboretgeving bepaalt, dat maatregelen zoveel mogelijk aan de bron moeten worden genomen. Wanneer een maatregel niet doeltreffend is en het risico er dus niet voldoende door wordt beperkt, moet hij worden aangevuld met andere maatregelen. In de praktijk wordt meestal een combinatie van verschillende maatregelen toegepast die zorgt dat de blootstelling wordt teruggedrongen tot het gewenste niveau. Daarbij maakt het verschil of er sprake is van een bestaande situatie of van een nieuw te bouwen of in te richten werkplek. In het laatste geval is er volgens het ALARA-beginsel (*as low as reasonably achievable*, zo laag als redelijkerwijs mogelijk) minder ruimte om van bronmaatregelen af te wijken. In alle gevallen moet er een plan van aanpak zijn om bronaanpak op termijn zoveel mogelijk te realiseren.

Het is ook mogelijk om niet de stralingsbronnen, maar de bedrijfsprocessen als invalshoek te nemen voor het bedenken van maatregelen. Het belangrijkste is, dat er systematisch wordt nagedacht en dat niet lukraak maatregelen worden genomen.

Overigens is de stap van risico-evaluatie naar maatregelen afhankelijk van de gebruikte methode. Bij gebruik van bijvoorbeeld storingsanalyse volgt de maatregel rechtstreeks uit de analyse, bij de meeste checklistmethoden is eerst een nadere analyse noodzakelijk. Vaak is tijdens de inventarisatie en evaluatie van risico's al automatisch over mogelijke oplossingen nagedacht. Als dit niet het geval is, biedt de fase van risico-evaluatie vaak aanknopingspunten voor ideeën met betrekking tot risico-beheersing. In deze fase kan in overleg met mensen van een verschillende achtergrond vaak veel creativiteit worden losgemaakt.

In de praktijk blijken verschillende aspecten een rol te spelen bij het toekennen van prioriteiten aan risicobeperkende maatregelen. Zo speelt het eventueel wettelijk verplicht zijn van maatregelen vaak een belangrijke rol. Daarnaast worden kosten-batenafwegingen gemaakt. Daarbij weegt men de ernst van het risico of de te verwachte risicoreductie aan de ene kant af tegen de benodigde inspanning of haalbaarheid aan de andere kant. Ook de aard van de maatregel (gaat het om een bronmaatregel; is het een technische maatregel of een organisatorische maatregel?) speelt een rol bij het stellen van prioriteiten.

STAP 7: BEHEERSMAATREGELEN KIEZEN

In deze stap worden de te treffen maatregelen gecombineerd tot een samenhangend plan van aanpak. Daarin moet evenwichtig aandacht worden besteed aan de facetten techniek, organisatie en gedrag.

Zo lijkt het aanbrengen van een akoestische signalering op een toestel, die waarschuwt tegen het vrijkomen van schadelijke straling, een zuiver technische aangelegenheid. Wil zo'n maatregel effectief zijn, dan is het echter noodzakelijk dat ook de aspecten gedrag en organisatie voldoende aandacht krijgen. Het gedrag betreft de manier van werken van de medewerkers. Die moeten op de juiste manier gebruikmaken van de signalering, deze niet overbruggen en aangeven wanneer de beveiliging in de praktijk niet werkt. Organisatorische aspecten hebben bijvoorbeeld betrekking op het geven van voorlichting, afspraken over periodiek onderhoud en het regelmatig controleren of de beveiliging werkt zoals bedoeld.

Voordat een plan van aanpak wordt opgesteld, moeten diverse afwegingen worden gemaakt. Daarbij komt onder meer aan de orde hoe groot de te verwachten vermindering van het risico is in relatie tot de kosten. Maatregelen behoeven niet ten koste van alles te worden getroffen. De wet gebruikt daartoe vaak de term 'redelijkerwijs', zodat er een belangenafweging kan plaatsvinden. Er is dus speelruimte om onredelijke situaties te vermijden. Het niet geheel voldoen aan de verplichting tot maatregelen kan zo soms worden gerechtvaardigd. Het moet dan wél gaan om zwaarwegende belangen. Zo zal de technische, praktische en economische haalbaarheid aan de ene kant worden afgewogen tegen de ernst van de situatie anderzijds. De ernst van de situatie volgt uit de eerder vastgestelde rangorde van risico's en de daarop gebaseerde beoordeling.

Vervolgens zal men moeten *beslissen* over talloze aspecten; op welke termijn welke maatregelen worden getroffen, wie wat uitvoert (binnen of buiten het bedrijf), wie voor wat verantwoordelijk is en hoe wordt gerapporteerd. Bij het opstellen van het plan van aanpak wordt ook dit vastgelegd, naast de concrete doelstellingen en maatregelen.

Het is van belang dat het plan van aanpak zoveel mogelijk concrete doelstellingen bevat. Vaak begint men met het formuleren van een algemene aanpak. Dit is vooral nuttig om alle belanghebbenden bij het project te betrekken. Bij het concreter maken van het programma groeit meestal ook de weerstand. Toch moet men zo snel mogelijk de stap maken naar kwantificeerbare en controleerbare maatregelen. Anders komt dit probleem terug in de laatste stap van het arbo- en verzuimbeleid: het meten en evalueren van resultaten.

Door de werkgever moeten voldoende middelen ter beschikking zijn gesteld. Dit zal in grote lijnen al zijn vastgelegd in de eerste stap van het arbo- en verzuimbeleid. Naar aanleiding van de concrete uitwerking in het programma van aanpak kunnen echter zo nodig bijstellingen plaatsvinden.

STAP 8: VASTLEGGEN VAN PROCEDURES

Om de risico's van niet-ioniserende straling ook op langere termijn te beheersen, moeten afspraken worden gemaakt en procedures worden vastgelegd. Dat moet er toe leiden dat:

- er geen onbekende risico's in het bedrijf worden geïntroduceerd
- de risico's die er nog zijn steeds kleiner worden
- bij beslissingen over nieuwe processen, werkzaamheden en werkplekken ook rekening wordt gehouden met stralingsrisico's

Afhankelijk van de omvang, de organisatie en de cultuur van het bedrijf zal het taken zelf verrichten of uitbesteden. Daarbij kunnen enkele enthousiaste medewerkers een belangrijke rol spelen.

In deze fase zal men vaak op weerstanden of blokkades stuiten. Zo kan er onvoldoende geld zijn gereserveerd of onvoldoende menskracht of tijd beschikbaar zijn gesteld om alternatieven te onderzoeken op bruikbaarheid. Ook is het mogelijk dat het overstappen op alternatieven de productie stoort, dat nieuwe methoden in het begin voor extra storingen zorgen of dat een overstap problemen met zich meebrengt voor de kwaliteitsbewaking.

In de praktijk blijken management en werknemers nogal eens te zijn gehecht aan oude en vertrouwde methoden. Veel obstakels zijn slechts effectief te vermijden door er in de eerste stap van het arbo- en verzuimbeleid, bij het opstellen van de intentieverklaring, voldoende aandacht aan te schenken.

STAP 9: INVOEREN VAN BEHEERSMAATREGELEN

Bij alle risicobeheersende maatregelen speelt het management een sleutelrol. Dat moet de maatregelen actief steunen. In grotere bedrijven verdient vooral het middenkader de aandacht. Oude werkwijzen en producten hebben hun waarde bewezen in de praktijk. Alternatieven ondergaan nogal eens een buitengewoon strenge beoordeling.

Voor het management is risicobeheersing van nature geen doel op zich. Het is daarom van belang het management zover te krijgen dat het risicobeheersing als een taak of uitdaging gaat zien.

Overwegingen die het management mogelijk stimuleren zijn:

- *Een beleidsverklaring.* Wanneer het bedrijf in een beleidsverklaring officieel heeft uitgesproken dat de beheersing van risico's onderdeel is van het beleid, zullen managers zich hieraan gehouden weten.
- *De kosten.* Vaak bestaat er bij het management onvoldoende inzicht in de kosten die samenhangen met de gezondheidsrisico's van het werk. Het zichtbaar maken van verborgen kosten kan een 'eye opener' zijn.

- *Het imago.* Een geavanceerde manier om risico's te beheersen kan het imago van het bedrijf als 'koploper' en goede werkgever ten goede komen.
- *De continuïteit.* Door risico's effectief te bestrijden, neemt de kans op ongevallen en op zieke of ontevreden werknemers af en is de continuïteit van de bedrijfsvoering beter gegarandeerd.
- *De wetgeving.* De arbeidsomstandighedenwetgeving wordt voortdurend aangepast. Door zelf vooruit te lopen op toekomstige ontwikkelingen in de regelgeving voorkomt men (duurdere) aanpassingen in de toekomst.

Bij het implementeren van een plan van aanpak speelt voorlichting een belangrijke rol. Deze kan plaatsvinden in introductie- en voorlichtingsprogramma's voor de directbetrokkenen. Posters of publicaties in interne periodieken richten zich daarnaast ook op het overige personeel. Ook kan gebruik worden gemaakt van speciaal georganiseerde discussiebijeenkomsten, het reguliere werkoverleg en periodiek gezondheidskundig onderzoek.

De voorlichting heeft enerzijds een algemeen karakter en zal anderzijds betrekking hebben op de risico's van specifieke functies, werkzaamheden of werkplekken. Daarnaast speelt voorlichting een belangrijke rol in de terugkoppeling als element van het arbo- en verzuimbeleid. Dat kan bijvoorbeeld door de resultaten van getroffen maatregelen te publiceren en jaarlijks aan de orde te stellen in jaarverslagen en vergaderingen van een veiligheidscommissie. Zo kan worden gestimuleerd dat het gebruik van veiliger werkmethoden een gezamenlijk streven wordt.

Een goede communicatie tussen alle betrokkenen speelt in elke fase van het arbo- en verzuimbeleid een rol. In de praktijk blijkt met name de terugkoppeling naar de werkvloer nogal eens tekort te schieten.

Een gebrekkige communicatie wrekt zich vaak in de fase waarin de maatregelen daadwerkelijk moeten worden uitgevoerd. Er verandert dan niets op de werkplek. Of de werknemers weten niet wat er van hen wordt verwacht.

COMMUNICATIE OVER NIET-IONISERENDE STRALING

De communicatie over de risico's van niet-ioniserende straling binnen een bedrijf kan verschillende doelen dienen. Het is goed om daar van tevoren bij stil te staan. Gaat het bijvoorbeeld vooral om de overdracht van kennis, is het de bedoeling om een discussie op gang te brengen, of is het de bedoeling dat andere werkmethoden gaan worden toegepast? Door hier van tevoren bij stil te staan en het doel van de communicatie zo meetbaar mogelijk te formuleren, voorkomt men vaak discussies en teleurstelling achteraf. In de meeste gevallen is het doel van communicatie over niet-ioniserende straling overigens meer dan alleen informatieoverdracht. De voorlichtende partij is vaak uit op de beïnvloeding van attitude of gedrag. En de doelgroep van communicatie is zelden uitsluitend geïnteresseerd in 'de feiten'. Men zal ook willen weten welke invloed men zelf op de risico's kan uitoefenen. Op de achtergrond kunnen overwegingen een rol spelen die niets met straling te maken hebben. Zoals onvrede met de werksituatie en vertrouwen in de bedrijfsleiding.

Een tweede punt van aandacht betreft de samenhang met andere maatregelen en activiteiten. Om risico's te beheersen worden in het algemeen uiteenlopende maatregelen getroffen, die technisch of organisatorisch van aard zijn. Ook communicatie is vaak gericht op risicobeheersing. Het is dan van belang dat de communicatie is afgestemd op de andere maatregelen. De informatie over niet-ioniserende straling kan dan ook niet beperkt blijven tot algemene gegevens, maar moet zijn gericht op de toepassing van de straling in de werksituaties van de doelgroep.

Ook de vorm waarin de communicatie plaatsvindt, hangt af van het doel. Gaat het om uitsluitend informatieoverdracht, dan zijn vele vormen van communicatie mogelijk, gebruikmakend van bijvoorbeeld schriftelijk voorlichtingsmateriaal of video's. Gaat het om het op gang brengen van een discussie of de introductie van veiliger werkmethoden, dan is meer interactie noodzakelijk met de doelgroep.

Voor welke vorm ook wordt gekozen, de geboden informatie moet zo volledig mogelijk zijn en bijvoorbeeld ook de onzekerheden in de gepresenteerde feiten omvatten. Het is van belang om daarbij gebruik te maken van betrouwbare informatie en niet af te gaan op nog niet goed geëvalueerde onderzoeksgegevens en 'het laatste nieuws'. Het spreekt vanzelf dat inhoud en vorm moeten zijn afgestemd op de doelgroep (opleidingsniveau, taalgebruik).

In alle gevallen geldt, dat de invloed van voorlichting en communicatie al snel wordt overschat.

Nadat een plan van aanpak is vastgesteld en de uitvoering ervan is gestart, breekt de fase van de *nazorg* aan. Hier gaat blijken of de opgestelde plannen werken.

Het vastleggen van de resultaten is daarbij een effectief hulpmiddel. Bovendien eist de wetgever dat de resultaten van de risico-inventarisatie en -evaluatie schriftelijk worden vastgelegd.

Bij het meten en evalueren van resultaten wordt regelmatig bekeken (gemeten) of een ingevoerde maatregel succesvol is. De manier waarop dat gebeurt, hangt af van de maatregel (interventie) die werd getroffen. Wanneer men bijvoorbeeld heeft gekozen voor isolatie van stralingsbronnen, dan kunnen metingen van stralingsniveaus op de werkplek worden uitgevoerd. Zo wordt duidelijk of de maatregel heeft geleid tot het doel dat men voor ogen had. En wilde men het gedrag van werknemers veranderen, dan moet men gedrag meetbaar maken en observeren.

Ook andere, meer algemene methoden zijn bruikbaar om te kijken of de maatregelen werken in de praktijk. Zo kunnen regelmatige inspecties, al dan niet met gebruik van een checklist, zinvol zijn.

De essentie van deze fase is, dat er een terugkoppeling plaatsvindt. Zo wordt duidelijk of de doelstellingen zijn bereikt en of ze eventueel moeten worden bijgesteld.

3

OPTISCHE STRALING

DE HOOFDSTUKKEN 3 TOT EN MET 6 BESTEDEN AANDACHT AAN SPECIFIEKE TYPEN NIET-IONISERENDE STRALING. IN DIT HOOFDSTUK STAAT OPTISCHE STRALING CENTRAAL. ACHTEREENVOLGENS KOMEN AAN DE ORDE: BRONNEN, GROOTHEDEN EN EENHEDEN, GEZONDHEIDSEFFECTEN, BLOOTSTELLINGSLIMIETEN EN BESCHERMENDE MAATREGELEN.

3.1 ALGEMEEN

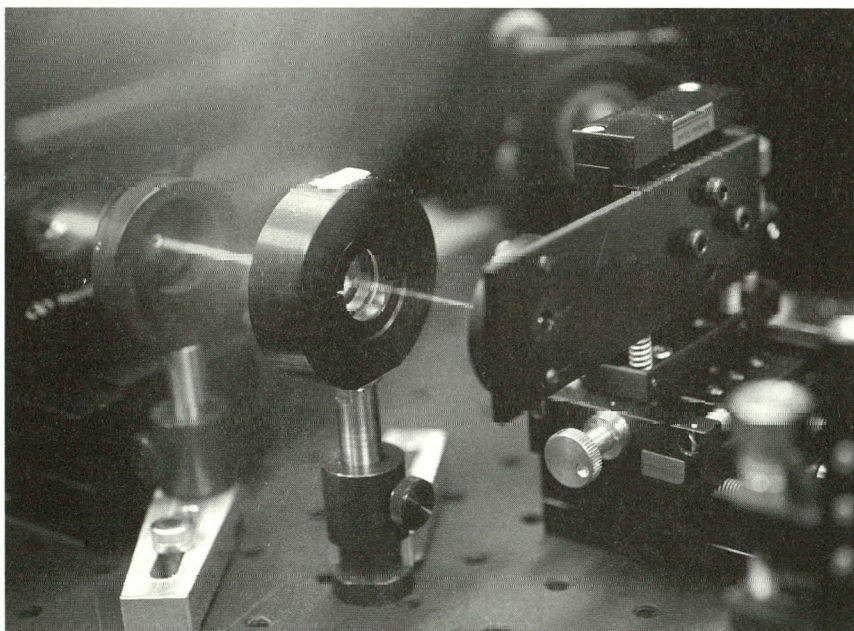
Optische straling omvat ultraviolette straling (UV), licht en infraroodstraling (IR). UV-straling is de meest energierijke vorm van niet-ioniserende straling. Het wordt onder andere gebruikt voor het drogen en uitharden van bepaalde materialen, voor desinfectiedoeleinden (bacteriedodend) en voor bepaalde therapeutische doeleinden. Licht wordt uiteraard vooral toegepast voor verlichtingsdoeleinden. De meeste lichtbronnen, inclusief de zon, zenden ook een zekere hoeveelheid UV en IR uit. Infrarood- of warmtestraling komt vrij bij tal van processen, maar wordt ook functioneel toegepast bij bijvoorbeeld het harden, smelten en drogen van materialen.

3.2 BRONNEN

De bekendste natuurlijke bron van optische straling is de zon, die zowel UV, licht als IR uitzendt. Kunstmatige lichtbronnen zijn zeer talrijk. De spectrale energieverdeling die wordt uitgezonden (de kleur van het licht) is afhankelijk van het omhullende materiaal (de glassoort) en bij gloeilampen van de temperatuur van de gloeidraad. Halogeengloeilampen bijvoorbeeld zijn veel heter en voorzien van een kwartsglazen omhulling in plaats van een normaal glas en zenden daardoor aanzienlijk meer UV uit. Bij gasontladingslampen bepaalt de samenstelling van de fluorescentiepoederlaag van de fluorescentiebuis het spectrum. IR-straling wordt ook functioneel toegepast in onder andere IR-ovens, ruimteverwarming en sauna's.

LASERS

Lasers vormen door hun monochromatische karakter, hun enorme energiedichtheid en sterke bundeling een speciale groep van bronnen. Er zijn



LASERAPPARAAT FOTO MICHEL WIEFICK

zowel UV-, licht- als IR-lasers beschikbaar. Bekende typen zijn de argon- (488-514,5 nm), Nd-YAG- (1064 nm) en CO₂-lasers (10.600 nm). Met lasers kunnen enorm hoge energiedichtheden en zeer korte pulsen worden geproduceerd, die bijvoorbeeld het snijden van staal mogelijk maken.

3.3 GROOTHEDEN EN EENHEDEN

De grootheden en eenheden die worden gebruikt in het golflengtegebied van 100 nm (UV) tot 1 mm (IR) voor het karakteriseren van de blootstelling aan optische straling, worden bepaald door de maat die schadebepalend is.

In het optische gebied wordt daarom doorgaans gebruikgemaakt van de dosis in J/m², of (bij langere blootstellingstijden) de vermogensdichtheid in W/m². Zie ook hoofdstuk 1.

3.4 GEZONDHEIDSEFFECTEN

Afhankelijk van de hoeveelheid energie waaraan men per tijdseenheid wordt blootgesteld, kunnen er verschillende typen van effecten optreden.

Foto-elektrische effecten kunnen optreden wanneer weefsel per oppervlakte-eenheid zeer grote hoeveelheden energie (meer dan 10¹² W/m²) in zeer korte tijd (minder dan 10⁻⁸ s) absorbeert. Hierdoor treedt directe weefsel-schade op.

Fotomechanische effecten treden uitsluitend op bij zeer snelle opname (met pulsduren korter dan 10⁻⁶ s) van grote hoeveelheden energie en kunnen derhalve alleen door lasers worden veroorzaakt. Wanneer de pulsduur toeneemt tot in het gebied boven de µsec (10⁻⁶ s) worden de effecten thermisch van aard. Twee typen van mechanische effecten kunnen worden onderscheiden, te weten beschadiging als gevolg van schokgolven en ablatie van weefsel. Ablatie is het explosief verwijderen van weefsel. Wanneer weefsel in zeer korte tijd voldoende energie absorbeert om de temperatuur ver boven de kritieke temperatuur te brengen (T_c = 369 °C voor water), zal dit weefsel sterk expanderen en omringend weefsel wegslingeren.

De *fotothermische effecten* worden voornamelijk bepaald door de golflengte van het gebruikte licht (direct gerelateerd aan de absorptie door het bestraalde weefsel), de bestralingsduur en bestralingssterkte.

Blijvende thermische schade kan optreden wanneer de geabsorbeerde warmte leidt tot temperatuurstijging van meer dan 10 °C, waardoor blijvende schade aan eiwitten wordt toegebracht. Uiteraard is de afgifte van warmte aan omliggend weefsel van groot belang. Dit betekent dat de aanwezigheid van bloedvaten, de grootte van het bestraalde oppervlak en de spectrale absorptie van het weefsel van invloed zijn op het optreden van warmteschade.

De verschillende weefsels in het oog hebben elk een eigen absorptiespectrum. Bij bestraling van het oog bepaalt de golflengte van de gebruikte laser dan ook in hoge mate welk deel van dit orgaan risico loopt.

SCHEMA 4 STERKST ABSORBEREND OOGWEEFSEL BIJ VERSCHILLENDE GOLFLENGTEGEBIEDEN

GOLFLENGTEGEBIED	OOGWEEFSEL
100-300 nm	HOORNVLIES
300-400 nm	LENS
400-1100 nm	PIGMENTEPITHEEL VAN HET NETVLIES, CHORODEA
1100-1300 nm	VOCHT VAN DE ACHTERSTE OOGKAMER
1300-1400 nm	VOCHT VAN DE VOORSTE OOGKAMER
1400 nm - 1 mm	HOORNVLIES

Temperatuurstijging in de lens van het oog door absorptie van energie of geleiding van warmte vanuit de iris kan leiden tot infrarood-cataract of warmtestaar. Als gevolg van absorptie door pigmenten die in de lens aanwezig zijn, is het ook mogelijk dat bij UV-bestraling met een voldoende sterkte acute thermische schade kan ontstaan.

UV-STRALING

UV veroorzaakt voornamelijk fotochemische schade (waarbij de moleculaire structuur van het weefsel wordt beschadigd). Het wordt sterk geabsorbeerd door de huid, waardoor het de dieper liggende weefsels niet bereikt. In het oog wordt UV voornamelijk in het hoornvlies en de lens geabsorbeerd. Bestraling van de huid kan zowel tot positieve als negatieve effecten leiden. Positieve effecten van blootstelling van de huid aan UV zijn:

- aanmaak van vitamine D
- bruining en verdikking van de huid (waardoor bescherming optreedt tegen een deel van de schadelijke effecten van UV)
- medische therapieën (behandeling van psoriasis)

Negatieve effecten van blootstelling van de huid aan UV zijn:

- erytheem (zonnebrand)
- versnelde huidveroudering
- UV-overgevoeligheid door gebruik van bepaalde medicijnen
- tumoren (huidkanker, met name carcinomen)
- onderdrukking van het immuunsysteem, leidend tot een verlaagde weerstand tegen infecties

Bestraling van het oog kan leiden tot:

- hoorn- en bindvliesontstekingen (sneeuwblindheid of lasogen)
- staar (troebeling van de ooglens)
- aantasting van het netvlies

Nu veroorzaakt niet elke golflengte in dezelfde mate deze effecten. Voor bovenstaande effecten geldt in zijn algemeenheid: hoe groter de golflengte, des te zwakker het effect. UV-B-straling (280-315 nm) is het meest effectief.

ZICHTBAAR LICHT

Optische straling met een golflengte van 400 tot 1400 nm (dus inclusief IR-A) wordt nauwelijks geabsorbeerd door het hoornvlies, de lens of het glasachtig lichaam, en dringt vrijwel volledig door tot op het netvlies. Veruit het grootste deel van de ingestraalde energie wordt in het pigmentepitheel (RPE, retinaal pigmentepitheel) en het vaatvlies omgezet in warmte. Wanneer daardoor de temperatuur in het weefsel teveel stijgt, ontstaat thermische schade. Bij blootstellingstijden langer dan tien seconden kan ook bij lagere intensiteiten fotochemische netvliesschade optreden. Dit treedt echter alleen op bij blauw licht (golflengte kleiner dan 440 nm).

In de ooglens wordt slechts een zeer gering percentage straling geabsorbeerd; pas bij een bestralingssterkte van meer dan 1 tot 2 kW/m² kan schade ontstaan.

THERMISCHE SCHADE AAN HET NETVLIES

Wanneer voldoende energie wordt omgezet in warmte, kan de temperatuur van het weefsel dusdanig stijgen dat schade ontstaat. Het lichaam kan geringe schade na enige tijd herstellen. Herstel van lichte schade aan de foto-

receptoren en het pigmentepitheel duurt circa een week. Als de temperatuurstijging echter te groot is geweest, kunnen pigmentepitheel en netvlies permanent zijn beschadigd. Wanneer de schade in het centrum van het gezichtsveld, en dan met name in de gele vlek (*fovea centralis*) ligt, leidt dit zeker tot een vermindering van de gezichtsscherpte. Een shadeplek in de periferie van het gezichtsveld daarentegen hoeft niet tot een vermindering van de gezichtsscherpte te leiden. Herstel van ernstige schade, waarbij meerdere weefseltypen zijn betrokken, duurt al snel enkele weken tot maanden.

Thermische netvliesschade is met behulp van oogspiegelen zichtbaar als een kleine verkleuring van de oogbodem. De mate van verkleuring is afhankelijk van de ernst van de schade, dat wil zeggen van de bereikte temperatuurverhoging. Bij een temperatuurstijging van 10 °C treedt er (blijvende) netvliesschade op. Bij de vaststelling van gezondheidskundige advieswaarden heeft de Gezondheidsraad deze waarde gehanteerd bij beschrijving van minimale thermische schade veroorzaakt door puntbeelden. De zo afgeleide advieswaarden komen goed overeen met de waarden die in de IEC- en ANSI-standaarden worden geadviseerd. Naast de IEC en ANSI-standaarden hebben ook de ICNIRP (internationaal) en de ACGIH richtlijnen opgesteld voor het gebruik van lasers, met daarin blootstellingslimieten. De onderlinge verschillen tussen deze standaarden en richtlijnen zijn gering.

TIJDELIJKE EFFECTEN EN HINDER

Bij lagere energiedichtheden dan die waarbij thermische schade ontstaat, kan al sprake zijn van (ernstige) hinder. In eerste instantie is er sprake van verblinding. Bij grotere helderheid van de bron kunnen de lichtgevoelige cellen tijdelijk uitgeschakeld zijn, waarbij nabeelden optreden. Deze nabeelden kunnen enige tijd aanwezig blijven (tot enkele minuten) en als vlekken voor de ogen zweven.

IR-STRALING

De biologische effecten van infrarood- of warmtestraling zijn overwegend thermisch van aard. Bij blootstelling van het oog zal de meeste energie in het hoornvlies worden geabsorbeerd. Dit kan bij zeer hoge intensiteiten leiden tot hoornvliesverbranding. Eenzelfde proces treedt op in de huid, waardoor verbranding van de huid het gevolg kan zijn. De doordringingsdiepte voor het oog verschilt wel enigszins van die van de huid. Bij een golflengte tot circa 2000 nm is de doordringingsdiepte in het oog veel groter en kan ook de lens worden belast. Dit kan leiden tot troebeling van de lens. Bij chronische blootstelling aan warmtestraling kan het tientallen jaren duren voordat de zogenaamde glasblazersstaar merkbaar wordt. Ook na kortstondige verwarming van de ooglenzen kunnen blijvende troebelingen optreden.

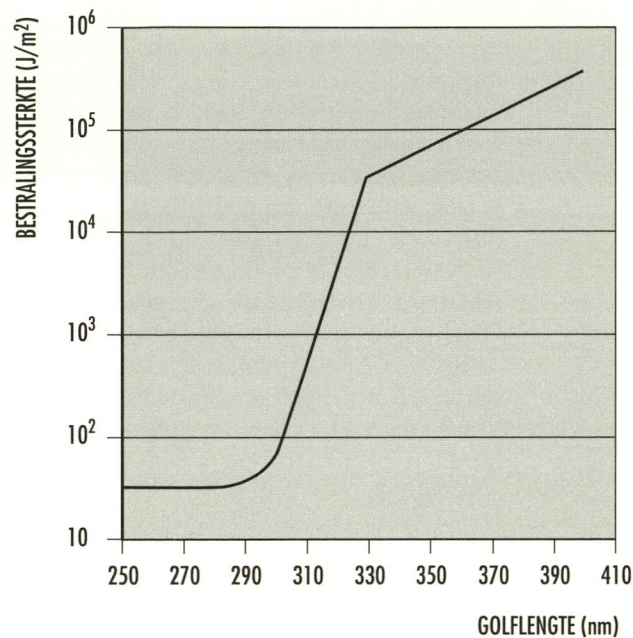
3.5 BLOOTSTELLINGSLIMIETEN

Ter bescherming van werkers en bevolking tegen de negatieve effecten van optische straling in het algemeen en laserstraling in het bijzonder zijn richtlijnen opgesteld waarin blootstellingslimieten worden gegeven. Deze blootstellingslimieten (*MPE-waarden*, *Maximum Permissible Exposure*) zijn gebaseerd op de hiervoor behandelde schadelijke effecten.

Daarbij wordt de bescherming van de huid en de ogen als uitgangspunt genomen. Voor lasers is daarbij rekening gehouden met het feit of bestraling plaatsvindt met gepulste of met continue lasers, en of de blootstelling bestaat uit één aaneensluitende bestraling of herhaalde korte bestralingen. Bij bestraling onder de limieten treden in normale situaties geen van de genoemde beschadigingen op.

Voor UV-straling geldt een limiet van 30 J/m^2 per dag als effectieve dosis. Deze is weergegeven in figuur 3. Hierbij is rekening gehouden met de effectiviteit van de golflengte (zie 'UV-straling' op bladzijde 24).

FIGUUR 3 BLOOTSTELLINGSLIMIETEN VOOR UV-STRALING (OOG-HUID-CURVE; GEZONDHEIDSRaad, 1993)



De gezondheidkundige advieswaarden voor licht en infrarood worden bepaald door de drempelwaarden van een groot aantal verschillende effecten: mechanische weefselschade, hoornvliesontsteking en -verbranding, verschillende vormen van staar, netvliesverbranding, fotochemische netvlieschade, en huidverbranding.

Het voert in dit kader te ver de advieswaarden tot in detail te vermelden; daarvoor wordt verwezen naar het advies Optische straling van de Gezondheidsraad (GR, 1993).

LASERS

Voor lasers is een en ander nadrukkelijker geregeld. De IEC heeft een internationale standaard (IEC-60825-1) opgesteld voor de classificatie, de vereisten en het gebruik van lasers. Hierin is bijvoorbeeld vastgelegd dat de producent verplicht is lasers te voorzien van een etiket met daarop onder meer het laserveiligheidsteken, de klasseaanduiding en, afhankelijk van de klasse, een waarschuwing. Hierin zijn ook blootstellingslimieten opgenomen. Deze standaard is als Europese norm uitgebracht en in Nederland omgezet tot de Nederlandse norm NEN-EN 60825-1. De IEC-standaard is in 1998 voorzien van een amendement, met onder ander nadere details over de vaststelling van de klasse van een laser.

KLASSE-INDELING

De klasse-indeling is gebaseerd op de mate waarin de laser bepaalde typen van oog- of huidschade kan veroorzaken:

- Klasse 1-lasers zijn intrinsiek veilige lasers. Het vermogen van deze lasers is zo laag, dat ze geen oog- of huidletsel kunnen veroorzaken (ook niet bij langdurige blootstelling aan de directe bundel). Voor het gebruik van dergelijke lasers gelden geen beperkende voorwaarden en worden geen beschermende maatregelen of middelen noodzakelijk geacht.
- Klasse 2-lasers zijn lasers die zichtbare straling uitzenden met een golf-

lengte tussen 400 en 700 nm en die geen oogletsel (netvliesverbranding) kunnen veroorzaken wanneer de blootgestelde een normale knipperreflex bezit. De Amerikaanse richtlijn onderscheidt nog een subklasse 2a, voor zichtbaar-lichtlasers die niet zijn gemaakt om in te kijken, en waarbij limieten van de klasse 1 niet overschreden worden binnen een blootstellingstijd van ten hoogste 1000 seconden.

- Klasse 3A-lasers zijn lasers waar men met het blote oog veilig in kan kijken. Voor lasers die licht uitzenden betekent dit, dat de knipperreflex voldoende bescherming biedt tegen oogschade. Kijken in de bundel met behulp van optische hulpmiddelen, zoals verrekijkers, microscopen en telescopen, kan wel netvliesschade opleveren.
- Klasse 3B-lasers. Blootstelling van het oog aan de directe bundel is altijd gevaarlijk. Blootstelling aan de diffuse reflectie van de bundel is normaliter veilig.
- Klasse 4-lasers hebben een dermate hoog vermogen, dat ook de diffuse reflectie gevaarlijk kan zijn. Zij kunnen huid- en oogletsel veroorzaken. Bovendien bestaat bij bestraling van andere materialen het gevaar van brand. Het gebruik vereist uiterste voorzichtigheid.

Het overgrote deel van de bij industriële en medische toepassingen gebruikte lasers valt in klasse 3B en 4.

Veiligheidsmaatregelen kunnen worden gebaseerd op MPE-waarden (Maximum Permissible Exposure), op de klasse-indeling en op gevarenafstanden. Hiertussen bestaat echter niet altijd een eenduidig verband. Zo wordt in de NEN-EN 60825 zowel een klasse-indeling als MPE-waarden gegeven. Bij een kritische vergelijking hiervan ontstaan voor een aantal lasers opmerkelijke verschillen. Deze worden veroorzaakt door het feit dat bij de klasse-indeling alleen het uitgezonden vermogen telt, terwijl bij de MPE-waarden wordt gerekend met het vermogen per oppervlak of per ruimtehoek. Vooral bij lasers die worden gebruikt met fibers, handstukken en probes (die licht onder een sterk verschillende divergentiehoek uitzenden) kan dit betekenen dat de veilige afstand veel minder groot is dan op grond van de klasse-indeling wordt vermoed. Daarbij is het van belang dat zowel op basis van de MPE-waarden voor oogschade als voor die voor huidschade een gevarenafstand kan worden berekend.

Als uitgangspunt geldt: baseer de veiligheidsmaatregelen rondom de laser in de eerste plaats op de verschillende gevarenafstanden, rekening houdend met de divergentie, en niet allereerst op de klasse-indeling.

Daarbij moet worden uitgegaan van de meest ongunstige situatie. Dit betekent, dat ook rekening moet worden gehouden met de mogelijkheid dat (bijvoorbeeld bij het wisselen van handstukken of van handstuk naar microscoop) er tijdelijk een vrijwel parallelle bundel kan uit treden. Dit betekent een zeer grote gevarenafstand.

MINIMALE VEILIGE AFSTAND

Uitgaande van de gezondheidkundige advieswaarde kan worden berekend binnen welke afstand van een laser deze waarde wordt overschreden. In de internationale literatuur staat deze afstand bekend als de NOHD (*nominal ocular hazard distance*):

$$\text{NOHD} = \frac{1}{\phi} \left[\sqrt{\frac{4P_0}{\pi E_{\text{MPE}}}} - a \right] \text{ in m}$$

waarin:

- E_{MPE} is blootstellingslimiet of gezondheidkundige advieswaarde in W/m^2
- P_0 is vermogen in watt
- a is uittreediameter in m
- ϕ is divergentie in radialen

Wanneer de limietwaarde is gegeven in J/m^2 – zoals het geval is bij de gezondheidkundige advieswaarden van de Gezondheidsraad – wordt de formule:

$$\text{NOHD} = \frac{1}{\phi} \left[\sqrt{\frac{4P_0 t}{\pi H_{\text{MPE}}}} - a \right] \text{ in m}$$

Ook de ANSI, de ICNIRP en de IEC geven in hun standaarden blootstellingslimieten voor alle combinaties van golflengte en blootstellingstijd. Zij bevelen aan om bij de bepaling van de risico's van lasers die licht uitzenden, uit te gaan van een blootstellingstijd van 0,25 s en een geheel geopende pupil.

3.6 BESCHERMENDE MAATREGELEN

Om de risico's van blootstelling aan optische straling tijdens het werk te beperken, zijn verschillende maatregelen mogelijk. Deze werden in algemene termen beschreven in hoofdstuk 2.

Om de blootstelling aan IR-straling en zichtbaar licht te beperken, zijn de eerder besproken algemene principes bruikbaar. Vermijden van blootstelling door technische of organisatorische maatregelen verdient de eerste prioriteit. Het automatiseren van handmatige werkzaamheden in de nabijheid van smeltovens is een goed voorbeeld. Afscherming, beperken van de blootstellingsduur en vergroten van de afstand tussen werknemers en stralingsbronnen verdient daarna de voorkeur.

Zijn dergelijke maatregelen praktisch onmogelijk, zoals bij veel laswerkzaamheden, dan is het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen noodzakelijk.

Speciale warmte-reflecterende kleding en handschoenen worden wel gebruikt (als laatste stap) om de blootstelling aan IR-straling te beperken. Ook bestaan er speciale brillen (waaronder las- en laserbrillen) die geschikt zijn voor IR-straling.

In werksituaties waar blootstelling aan bronnen van IR-straling optreedt, verdient meestal ook het thermisch klimaat voldoende aandacht.

Bronnen van UV-straling moeten zo mogelijk intrinsiek veilig worden uitgevoerd. Dat wil zeggen dat zij bij voorkeur zijn voorzien van een deugdelijke omkasting. Permanente omkastingen, die slechts in bijzondere gevallen worden verwijderd, verdienen de voorkeur. Met name de situaties waarin de omkastingen worden verwijderd (zoals bij onderhoud of aanpassen van apparatuur), verdienen de aandacht. Het maken van duidelijke afspraken en het tijdelijk toepassen van alternatieve beschermende maatregelen kan noodzakelijk zijn.

Verschillende materialen (metaal, hout, kunststof) zijn bruikbaar om UV-straling af te schermen. Teflon is minder geschikt.

Zijn omkastingen niet mogelijk, dan kan de toepassing van afschermingen worden overwogen. Aanvullend kan het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen noodzakelijk zijn. Voor afschermingen en beschermingsmiddelen worden verschillende materialen toegepast, zoals glas en perspex. UV-straling wordt door veel gladde oppervlakken effectief gereflecteerd. Daardoor kunnen ook werknemers die zich op enige afstand van de stralingsbronnen bevinden, worden blootgesteld. Zo nodig moet hier rekening mee worden gehouden. Ook het ontstaan van ozon verdient in dit opzicht de aandacht en kan aanvullende ventilatie noodzakelijk maken.

Verschillende specialistische publicaties besteden aandacht aan beschermende maatregelen bij het werken met lasers in bijvoorbeeld de industrie en de gezondheidszorg.

Bij het beperken van de blootstelling aan zonlicht bij buitenwerkzaamheden zijn de mogelijkheden beperkt. Bestrijding aan of afscherming van de bron zijn hier uiteraard niet mogelijk. Slechts organisatorische maatregelen (beperken van de blootstellingstijd, werken in de schaduw) en het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen kunnen de risico's hier beperken.

4

RF-STRALING (INCLUSIEF MICROGOLVEN)

IN DIT HOOFDSTUK WORDT DIEPER INGEGAAN OP RADIOFREQUENTE STRALING. ACHTEREENVOLGENDS KOMEN BRONNEN, GROOTHEDEN EN EENHEDEN, GEZONDHEIDSEFFECTEN, BLOOTSTELLINGSLIMIETEN, ELEKTRISCHE COMPATIBILITEIT EN STORING AAN APPARATUUR, EN BESCHERMENDE MAATREGELEN AAN DE ORDE.

4.1 BRONNEN

Elektromagnetische straling waarvan de frequentie ligt tussen 300 Hz en 300 GHz wordt radiofrequente straling (RF-straling) genoemd. De naam radiofrequente straling is ontstaan doordat radio- en andere zendinstallaties van dit frequentiegebied gebruikmaken. Straling met frequenties in het gebied van 3 tot 300 GHz wordt ook wel aangeduid met microgolfstraling. Radiofrequente straling wordt vrijwel uitsluitend geproduceerd door menselijke activiteiten. De natuurlijke achtergrondstraling in het radiofrequente gebied is slechts met uiterst gevoelige apparatuur meetbaar.

RF-straling wordt geproduceerd door apparatuur voor telecommunicatie, zoals mobil telefoons, draagbare telefoons, radar, straalzenders, radio- en televisiezenders. Ook voor verhitte, zowel in de privé-sfeer (magnetrons) als in de medische, paramedische (weefselverwarming) en industriële omgeving (sealers) wordt gebruik gemaakt van RF-straling.

Zoals in hoofdstuk 1 is beschreven, gaat straling altijd gepaard met energietransport. Voorwerpen die zich in het stralingsveld bevinden, kunnen een gedeelte van die energie absorberen.

FACTOREN DIE DE HOEVEELHEID GEABSORBEERDE ENERGIE BEÏNVLOEDEN

De meeste zendantennes zenden hun vermogen uit in alle richtingen. De radiofrequente golven worden opgewekt bij de zendmast en vormen daarna een steeds groter wordende bol daaromheen.

Naarmate de afstand tot de zender groter wordt, wordt het uitgezonden vermogen over het steeds groter wordend (deel van een) boloppervlak verdeeld: de vermogensdichtheid en daarmee de intensiteit wordt steeds kleiner. Hierdoor wordt de ontvangst van radio- en televisiesignalen op een bepaalde afstand tot de zender te zwak voor een goede ontvangst en zijn er steunzenders nodig.

Bij een zuiver bolvormige uitstraling van energie is de vermogensdichtheid op een gegeven afstand overal gelijk. Dit geldt echter niet voor alle zenders. Straalzenders bijvoorbeeld zenden hun energie met behulp van een speciale (schotel)antenne uit in een smalle bundel waardoor met minder energie op grote afstand toch een hoge vermogensdichtheid kan worden bereikt. Ook bij bundeling geldt echter, dat de intensiteit kwadratisch afneemt met de afstand tot de bron.

Bij het bepalen van de wisselwerking tussen radiofrequente straling en materie is behalve de afstand tot de zender ook de oriëntatie van het menselijk lichaam in het stralingsveld van de zender van belang. In figuur 4 is uitgegaan van de oriëntatie waarbij het lichaam loodrecht op de voortplantingsrichting staat; hierbij is de vermogensopname maximaal.

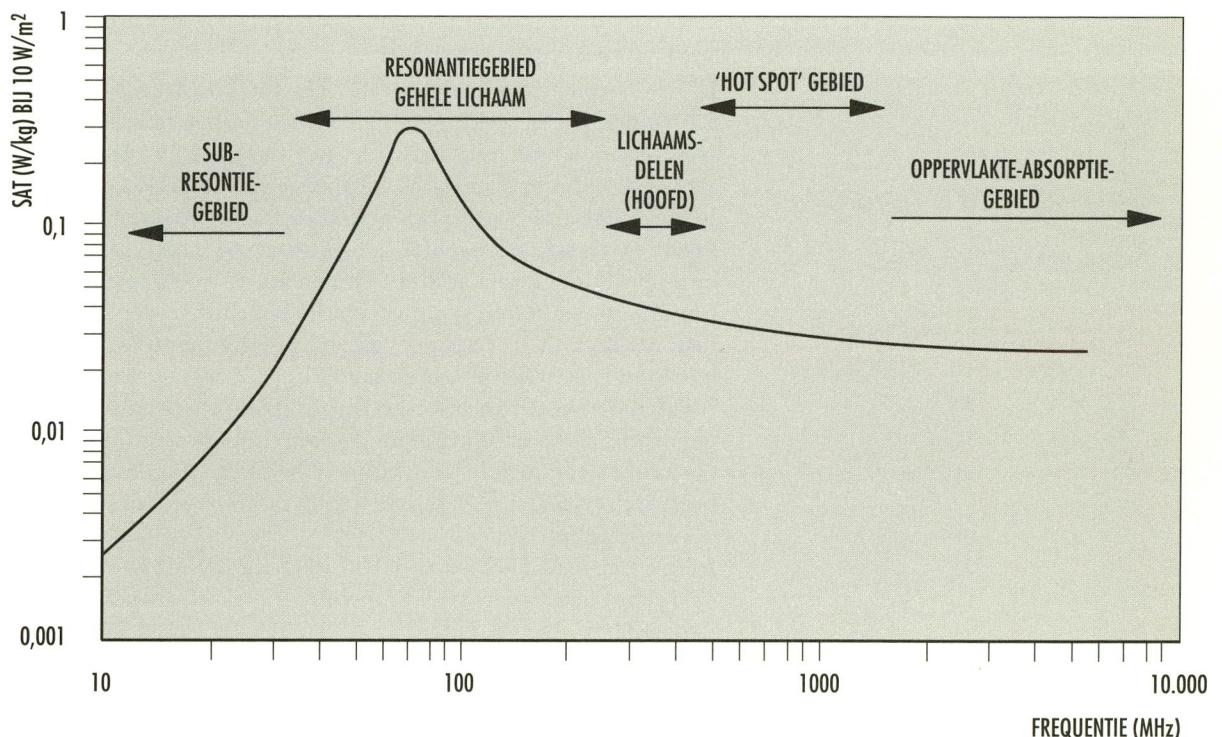
De veldsterkte wordt overigens sterk beïnvloed door de omgeving. De grond, gebouwen, heuvels, wateroppervlakken, objecten van metaal hebben door hun specifieke reflectie en absorptie invloed op het veld.

4.2 GROOTHEDEN EN EENHEDEN

Wanneer het menselijk lichaam wordt blootgesteld aan een elektromagnetisch stralingsveld, hangt het door het lichaam opgenomen vermogen niet alleen af van de vermogensdichtheid van het veld, maar ook van de vorm en de grootte van het lichaam, de aard van het blootgestelde weefsel en van de frequentie van de straling.

Om de frequentieafhankelijkheid van de vermogensopname door het lichaam in rekening te kunnen brengen, heeft men het *Specifiek Absorptie Tempo* (SAT) ontwikkeld. In Engelstalige literatuur noemt men dit SAR (*Specific Absorption Rate*). Het SAT is de per massa-eenheid en per tijdseenheid geabsorbeerde stralingsenergie. De eenheid is watt per kilogram (W/kg). Het SAT is evenredig met de vermogensdichtheid van het veld. Het SAT bij een volwassen persoon in de meest ongunstige oriëntatie als functie van de frequentie bij een bestralingssterkte of vermogensdichtheid van 10 W/m^2 is weergegeven in figuur 4.

FIGUUR 4 SAT ALS FUNCTIE VAN DE FREQUENTIE, BIJ $S = 10 \text{ W/m}^2$



In het frequentiegebied tussen 100 kHz en enkele honderden MHz (het resonantiegebied) hangt de absorptie sterk af van de frequentie. Zij bereikt een maximum wanneer de golflengte tweemaal de lichaamslengte is. Bij een volwassene komt dit overeen met een frequentie van 70 à 80 MHz. Maken de voeten elektrisch contact met de aarde, dan halveert de resonantiefrequentie. Naarmate de blootgestelde persoon kleiner is, is de resonantiefrequentie hoger.

4.3 GEZONDHEIDSEFFECTEN

De gezondheidseffecten van RF-straling kunnen worden ingedeeld in thermische effecten, niet-thermische effecten en indirecte effecten.

Thermische effecten zijn de gevolgen van temperatuurverhogingen in het lichaam door de geabsorbeerde energie. *Niet-thermische effecten* houden ook verband met de geabsorbeerde energie, maar zijn geen gevolg van tempe-

ratuurstijging. *Indirecte effecten* kunnen worden veroorzaakt door elektromagnetische beïnvloeding van voorwerpen buiten het lichaam.

THERMISCHE EFFECTEN

In het frequentiegebied van 100 kHz tot 10 GHz leidt absorptie van energie tot warmteontwikkeling in het lichaam. Dit kan leiden tot oververhitting van weefsels en organen. Bij sterke of langdurige blootstelling kan door beïnvloeding van biologische processen blijvende schade ontstaan, bijvoorbeeld cataract (staar). In extreme gevallen kan ernstige weefsel-schade zoals huidverbranding optreden.

De lichtste vormen van thermische schade aan organismen zijn geconstateerd bij SAT-waarden vanaf 4 W/kg. Bij mensen met een gestoord thermoregulerend vermogen kunnen ook effecten optreden bij SAT-waarden vanaf 1 à 2 W/kg.

In het frequentiegebied tussen 10 GHz en 300 GHz leidt absorptie tot opwarming van de huid. Deze opwarming is direct gerelateerd aan de vermogensdichtheid van de elektromagnetische velden. Bij een vermogensdichtheid van 130 tot 600 W/m² begint men iets te voelen van opwarming.

NIET-THERMISCHE EFFECTEN

In het frequentiegebied van 300 Hz tot 10 MHz leidt blootstelling aan RF-velden tot opwekking van stromen in het lichaam (zie hoofdstuk 2). Deze kunnen leiden tot beïnvloeding van prikkeloverdracht in het centrale zenuwstelsel met als gevolg stimulatie van zenuwen en spieren.

In de literatuur wordt bij niet-thermische effecten ook gesproken over klachten als irritatie, gebrek aan eetlust, concentratie- en geheugenproblemen, emotionele instabiliteit, moeheid en hoofdpijn. Dit zijn doorgaans moeilijk te verklaren symptomen die bovendien vele andere oorzaken kunnen hebben. Een verband tussen radiofrequente straling en dergelijke klachten is echter niet aangetoond.

Incidenteel wordt in zowel wetenschappelijke literatuur als in de pers ingegaan op de mogelijkheid dat radiofrequente straling een verhoogde kans op kanker tot gevolg zou kunnen hebben. Wetenschappelijk onderzoek heeft tot op heden geen relatie tussen radiofrequente straling en kanker aan het licht gebracht.

In het frequentiegebied van 100 kHz tot 10 MHz vindt een geleidelijke overgang plaats van stroomopwekking naar temperatuurstijging in het lichaam.

INDIRECTE EFFECTEN

Radiofrequente straling is in staat om in het stralingsveld geplaatste ongeaarde voorwerpen elektrisch op te laden. Bij het aanraken van dergelijke voorwerpen kan zich een ontlading voordoen hetgeen een schok geeft. In extreme gevallen kunnen brandwonden door contactstroom optreden. De Gezondheidsraad heeft bij het opstellen van zijn aanbevelingen rekening gehouden met de noodzaak situaties te voorkomen waarbij deze effecten kunnen optreden (Gr97).

4.4 BLOOTSTELLINGSLIMIETEN

In 1997 heeft de Gezondheidsraad advies uitgebracht over radiofrequente elektromagnetische velden. Hierin stelt de Raad gezondheidkundige advieswaarden of referentiewaarden voor, met als uitgangspunt dat bescherming wordt geboden tegen acute directe en indirecte effecten op de gezondheid van de mens. Dit betekent, dat voldaan moet worden aan basisbeperkingen ten aanzien van de stroomsterkte in het frequentiegebied van 300 Hz tot 10 MHz.

In 2000 heeft de Gezondheidsraad blootstelling aan elektromagnetische velden in het frequentiegebied van 0 tot 10 Mhz nader onderzocht, en bijgestelde basisbeperkingen en daarvan afgeleide referentiewaarden geformuleerd. Deze zijn in de schema's in hoofdstuk 5 (Extreem laagfrequente velden) gegeven.

In het gebied van 100 kHz tot 10 GHz moet worden voldaan aan beperkingen ten aanzien van het specifieke absorptietempo (SAT) en in het frequentiegebied van 10 GHz tot 300 GHz aan beperkingen aan de vermogensdichtheid. Naast de directe effecten doet de Gezondheidsraad een aanbeveling voor de maximaal toelaatbare waarde voor contactstroom.

Omdat het SAT en de stroomdichtheid in het lichaam moeilijk te meten zijn, heeft men van de basisbeperkingen limieten afgeleid voor de elektrische en magnetische veldsterkte, beide goed meetbare grootheden.

VELDSTERKTELIMIETEN

Schema 5 en 6 geven de limieten voor het elektrisch en het magnetisch veld in het RF-gebied. De limiet voor het B-veld kan in dit gebied worden afgeleid van de limiet voor het H-veld volgens de omrekening

$$B_{\text{lim}} = 1,26 \times H_{\text{lim}}$$

waarin:

$$\begin{aligned} B_{\text{lim}} &\text{ in } \mu\text{T} \\ H_{\text{lim}} &\text{ in A/m} \end{aligned}$$

Deze limieten zijn van toepassing op blootstelling van het hele lichaam en gelden voor zowel continue als gepulseerde blootstelling. Figuur 5 (zie bladzijde 34) geeft de waarden uit schema 5 en 6 grafisch weer.

Wanneer men slechts korte tijd wordt blootgesteld, of wordt blootgesteld aan gepulseerde velden, geldt in het frequentiegebied van 100 kHz tot 10 GHz dat de blootstelling moet worden gemiddeld over een periode van 6 minuten. Voor het frequentiegebied van 10 GHz tot 300 GHz geldt een middelingstijd van $68 \times f^{-1,05}$ min. Bij toetsing aan de limietwaarde dient dan de grootheid E, B, of H eerst te worden gekwadeerd, vervolgens dient de middeling plaats te vinden en ten slotte dient het resultaat vergeleken te worden met het kwadraat van de limietwaarde.

SCHEMA 5 MAXIMALE TOEGESTANE STERKTE VAN HET ELEKTRISCH VELD

FREQUENTIE f	ELEKTRISCHE VELDSTERKTE E (V/m)			
	WERKERS		BEVOLKING	
	GEEN INDIRECTE EFFECTEN MOGELIJK	INDIRECTE EFFECTEN MOGELIJK		
2,0 kHz - 4 kHz	$1,25 \times 10^4 / f$	$2000 / f$	400	f IN kHz
4 kHz - 1 MHz	1125	1000	1000	
1 MHz - 10 MHz	$3125 \times f^{-1,71}$	$500 \times f^{-0,91}$	$100 \times f^{-0,55}$	f IN MHz
10 MHz - 400 MHz	61	61	28	
400 MHz - 2 GHz	$118 \times f^{0,72}$	$118 \times f^{0,72}$	$53 \times f^{0,72}$	f IN GHz
2 GHz - 10 GHz	194	194	87	
10 GHz - 300 GHz	194	194	$49,5 \times f^{0,24}$	f IN GHz

SCHEMA 6 MAXIMALE TOEGESTANE WAARDEN VAN HET MAGNETISCH VELD

FREQUENTIE f	MAGNETISCHE FLUXDICHTHEID B (μ T)		MAGNETISCHE VELDSTERKTE H (A/m)		
	WERKERS	BEVOLKING	WERKERS	BEVOLKING	
0,2 kHz - 4 kHz	120/f	24/f	95,5/f	19,1/f	f IN kHz
4 kHz - 67 kHz	30	6	23,9	4,8	
67 kHz - 153 kHz	2000/f	6	1590/f	4,8	f IN MHz
153 kHz - 10 MHz	2/f	0,92/f	1,6/f	0,73/f	f IN GHz
10 MHz - 400 MHz	0,2	0,09	0,16	0,07	
400 MHz - 2 GHz	$0,39 \cdot f^{0,73}$	$0,17 \cdot f^{0,73}$	$0,31 \cdot f^{0,72}$	$0,14 \cdot f^{0,74}$	f IN GHz
2 GHz - 10 GHz	0,65	0,29	0,52	0,23	
10 GHz - 300 GHz	0,65	$0,17 \cdot f^{0,73}$	0,52	$0,13 \cdot f^{0,24}$	f IN GHz

SOMMATIE VAN VELDEN

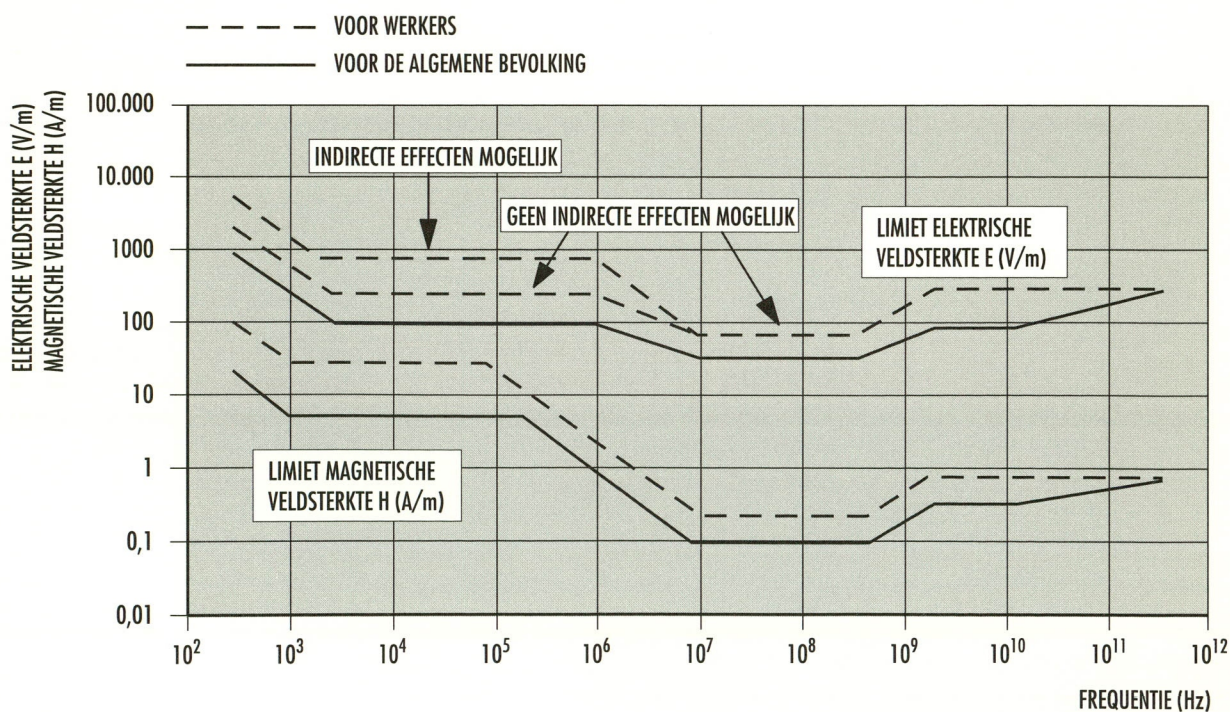
Wanneer er sprake is van blootstelling aan verschillende frequenties dient bij iedere frequentie de elektrische veldsterkte E en de magnetische veldsterkte H te worden bepaald. Bij iedere frequentie moeten de limietwaarden E_{lim} en H_{lim} met behulp van schema 5 en 6 worden bepaald.

Vervolgens moeten vier sommen worden berekend:

- 1 het totaal van de waarden E / E_{lim} voor frequenties kleiner dan 10 MHz
- 2 het totaal van de waarden H / H_{lim} voor frequenties kleiner dan 10 MHz
- 3 het totaal van de waarden $(E / E_{lim})^2$ voor frequenties groter dan 10 MHz
- 4 het totaal van de waarden $(H / H_{lim})^2$ voor frequenties groter dan 10 MHz

Geen van de vier bovengenoemde totalen mag groter dan 1 zijn. Is dat wel het geval, dan wordt het maximaal toelaatbare niveau overschreden.

FIGUUR 5 MAXIMALE TOEGESTANE STERKTEN VAN HET E- EN H-VELD IN HET RF-GEBIED



4.5 ELEKTROMAGNETISCHE COMPATIBILITEIT (EMC) EN STORING AAN APPARATUUR

Elektrische en elektronische apparaten kunnen (veel) gevoeliger zijn voor radiofrequente straling dan de mens. Dat houdt in, dat blootstellingsniveaus die voor de mens geen problemen opleveren, wel kunnen leiden tot storing van apparatuur. Dit kan zowel optreden bij zogeheten vitale apparatuur als bij overige, zogenaamde 'niet-vitale' apparatuur.

VITALE APPARATUUR

Storing van vitale apparatuur kan rechtstreeks tot gezondheidsschade leiden. Veel medische apparaten vallen dan ook onder de noemer vitale apparatuur. Daarom adviseert het Ministerie van VWS geen oncontroleerbare bronnen van RF-straling in ziekenhuizen toe te laten. Dit advies geldt voornamelijk draagbare telefoons.

Een andere groep van vitale apparaten bestaat uit pacemakers, insulinepompjes, gehoorapparaten et cetera. Storingen aan dergelijke apparaten die worden veroorzaakt door een extern veld, zijn voorzover bekend altijd tijdelijk. Bij het verlaten van de invloedssfeer van een storend veld gaat het apparaat dus weer normaal werken.

Bij pacemakers is interferentie sterk afhankelijk van het type pacemaker. Vooral oudere pacemakers zijn relatief gevoelig voor RF-straling. Hiervoor zijn blootstellingslimieten opgesteld. Ook voor nieuwere typen pacemakers zijn limietwaarden opgesteld die aanmerkelijk hoger liggen. De laatste gelden voor pacemakers die na 15 januari 1996 zijn geïmplantéerd. Zie voor de immuniteitseisen voor pacemakers met betrekking tot elektromagnetische straling schema 7 (Gr97).

SCHEMA 7 IMMUNITEITSEISEN VOOR PACEMAKERS (Gr97)

FREQUENTIE (MHz)	E-VELD WAARTEGEN PACEMAKER BESTAND MOET ZIJN (V/m)	
	VOORNORM DIN VDE 0848 DEEL 2 (VIGEERDE TOT 1996)	EUROPESE NORM EN 50061/A1 (WETTELIJKE EIS SINDS 15 JANUARI 1996)
0,5	26,4	587
1	19,7	587
2	14,3	587
10	8,8	470
20	5,0	235
30	1,2	156

NIET-VITALE APPARATUUR

Bij verstoring van niet-vitale apparatuur kan men denken aan de ongewenste beïnvloeding van allerlei gevoelige elektrische en elektronische apparaten: radio's, tv's, telefoons, maar ook computers, meet- en regelapparatuur, et cetera.

Het functioneren van elektrische apparaten zonder storing te veroorzaken of te ondervinden wordt aangeduid met de term *elektromagnetische compatibiliteit* (EMC).

4.6 BESCHERMENDE MAATREGELEN

Om blootstelling aan RF-straling in werksituaties te beperken, kunnen uiteenlopende maatregelen worden toegepast. Deze werden in algemene zin eerder beschreven in hoofdstuk 2. Technische maatregelen die zijn gericht op bestrijding aan of afscherming van de bron verdienen in principe de voorkeur. Afscherming met metalen omhullingen en aarding kan de blootstelling reduceren. Organisatorische maatregelen, zoals een weldoor-

dachte indeling van de werkzaamheden of taakroulatie, kunnen de blootstellingsduur beperken.

Het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals brillen die zijn voorzien van metaalgaas, is omstreden.

Bij het werken aan of in de directe nabijheid van grotere zend- of radarinstallaties kunnen ingrijpende maatregelen noodzakelijk zijn. Metingen maken duidelijk waar de stralingsniveaus zo hoog zijn dat de blootstellingslimieten bij het werk worden overschreden. De blootstelling kan veelal worden beperkt door een combinatie van technische maatregelen (vergrendelingen op deuren, afscherming van stroostraling) en organisatorische maatregelen (beperken van de blootstellingstijd, aanbrengen van waarschuwingsborden). Aanvullend kan gebruik worden gemaakt van specifieke beschermende kleding, zoals elektrisch geleidende werkkleding, handschoenen en veiligheidsschoenen.

5

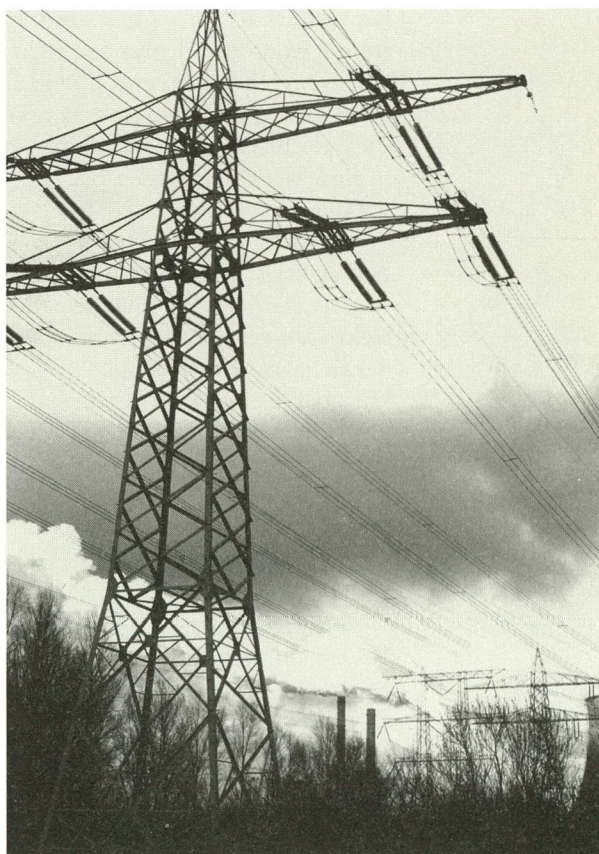
EXTREEM LAAGFREQUENTE VELDEN (ELF)

IN DIT HOOFDSTUK WORDT AANDACHT BESTEED AAN EXTREEM LAAGFREQUENTE VELDEN. NET ALS IN DE VOORGAANDE HOOFDSTUKKEN KOMEN ACHTEREENVOLGENS BRONNEN, GROOTHEDEN EN EENHEDEN, GEZONDHEIDSEFFECTEN, BLOOTSTELLINGSLIMIETEN EN BESCHERMENDE MAATREGELEN AAN DE ORDE.

Elektromagnetische straling met een frequentie van 30 tot 300 Hz noemt men extreem laagfrequente velden. Dergelijke velden hebben een golflengte van 1000 tot 10.000 km. Hierdoor bevindt men zich doorgaans binnen één golflengteafstand van de bron. Er moet dan onderscheid worden gemaakt tussen elektrische en magnetische velden. Overigens zijn bovengenoemde grenzen slechts arbitraire grenzen en wordt ook vaak het gebied tussen 1 Hz en 200 Hz gehanteerd voor ELF. In Nederland wordt voor de elektriciteitsvoorziening vrijwel uitsluitend gebruikgemaakt van 50 Hz wisselstroomvelden. De golflengte hiervan is ongeveer 6000 km.

5.1 BRONNEN

De belangrijkste bron van extreem laagfrequente velden (ELF) is het elektriciteitsnet, dat opereert met een frequentie van 50 Hz (in de VS 60 Hz). De natuurlijke elektrische veldsterkte (E-veld) rond de aarde in het frequentiegebied van 50 tot 60 Hz fluctueert van 10^{-4} tot 0,5 V/m ten gevolge van wisselende atmosferische invloeden. De fluxdichtheid van het natuurlijke magnetisch veld (B-veld) in datzelfde frequentiegebied bedraagt ongeveer 10^{-6} μ T.



ELEKTRICITEITSMAST

FOTO MICHEL WIELICK

KUNSTMATIGE OF TECHNISCHE VELDEN

De sterkte van kunstmatige magnetische velden rond kabels en leidingen wordt bepaald door de stroomsterkte in de kabel en de configuratie van de draden. Elektrische velden worden door bijvoorbeeld grond, bomen en gebouwen afgeschermd. In de grond wordt het elektrisch veld vrijwel volledig afgeschermd; onder een boom of in een gebouw nabij een hoogspanningslijn bedraagt het elektrisch veld nog slechts 1 tot 10% van het ongestoorde veld op die plaats. Magnetische velden daarentegen worden nauwelijks afgeschermd. Zo is het magnetisch veld van bijvoorbeeld een hoogspanningslijn binnenshuis nog vrijwel geheel aanwezig.

5.2 GROOTHEDEN EN EENHEDEN

Extreem laagfrequente velden worden vaak beschreven aan de hand van de stroomdichtheid (in mA/m²). Voor het magnetisch veld wordt gebruikgemaakt van de magnetische fluxdichtheid (in mT of μ T) of de magnetische veldsterkte (in A/m). Het elektrisch veld wordt uitgedrukt in termen van de elektrische veldsterkte (V/m).

Als maat voor stromen in het lichaam hanteert men de stroomdichtheid, de stroomsterkte per oppervlakte-eenheid door een loodrecht op de richting van de stroom staand oppervlakje.

5.3 GEZONDHEIDSEFFECTEN

Bij E- en B-velden met een frequentie van 50 of 60 Hz zijn alle fysiologische effecten het gevolg van elektrische stromen in het lichaam.

Wanneer een geleidend voorwerp, zoals het menselijk lichaam, in zo'n laagfrequent elektrisch veld wordt geplaatst, beweegt de positieve lading in de richting van het veld en de negatieve lading in tegengestelde richting. Er ontstaat zo een ladingsverdeling aan het oppervlak die het elektrisch veld binnen de geleider (of het lichaam) neutraliseert. Verandert het veld, zoals bij wisselspanning, dan verplaatst de lading zich weer, met andere woorden, er gaat een elektrische stroom lopen.

Een wisselend magnetisch veld kan door inductie elektrische stromen in het menselijk lichaam teweegbrengen.

Elektrische en elektronische apparaten (bijvoorbeeld implantaten) kunnen in hun werking worden beïnvloed door elektrische stroompjes. Zie paragraaf 4.5.

Het elektrisch veld kan met name op indirecte wijze stroom in het lichaam veroorzaken. Grote niet geaarde voorwerpen kunnen namelijk door het elektrisch veld opgeladen worden en bij aanraking een ontlaadstroom door het lichaam veroorzaken.

Het magnetisch veld veroorzaakt met name kringstromen in het lichaam. De volgende vuistregel geeft voor een B-veld van 50 Hz de maximale stroomdichtheid J in het lichaam:

$$J \approx 2 B$$

waarin:

J is stroomdichtheid in mA/m²

B is magnetische fluxdichtheid in mT

Met andere woorden: een 50 Hz B-veld van 500 μ T (= 0,5 mT) leidt maximaal tot een stroomdichtheid van 1 mA/m².

Schema 8 toont de effecten van door externe invloeden veroorzaakte 50 Hz stromen in het lichaam.

SCHEMA 8 FYSIOLOGISCHE EFFECTEN VAN 50 Hz WISSELSTROOM IN HET LICHAAM

MAGNETISCHE FLUX-DICHTHEID B-VELD (mT)	STROOMDICHTHEID J IN LICHAAM (mA/m ²)	DIRECTE FYSIOLOGISCHE EFFECTEN
< 0,5	< 1	NIET AANGETOOND
0,5-5	1-10	GERING, ONDER MEER TIJDELIJK VERANDERD IONENTRANSPORT DOOR PLASMAMEMBRAAN
5-50	10-100	DUIDELIJKE AANTOONBAAR, ONDER MEER VERANDERENDE HORMOONSPIEGEL
50-500	100-1000	SPIERSAMENTREKKINGEN MET MOGELIJK NADELIGE GEVOLGEN VOOR DE GEZONDHEID
> 500	> 1000	HARTFIBRILLATIE LEIDEND TOT ACUUT LEVENSGEVAAR

In de normale woon- en werkomgeving en direct onder hoogspanningslijnen is het magnetisch veld zeker een factor 25 zwakker dan de laagste waarde waarbij fysiologische effecten optreden.

Er is veel epidemiologisch onderzoek gedaan naar het eventuele verband tussen langdurige blootstelling aan ELF-velden enerzijds en kanker en verschillende aspecten van de algemene gezondheidstoestand (slapeloosheid, hoofdpijn, et cetera) anderzijds. Het algemene beeld uit deze onderzoeken is, dat een relatie tussen langdurige blootstelling aan ELF en gezondheidsklachten niet bestaat of zeer zwak is (WHO98).

5.4 BLOOTSTELLINGSLIMIETEN

Reeds in de circulaire 'inzake extreem laagfrequente elektrische en magnetische velden (ELF-velden)' heeft de overheid blootstellingslimieten voor elektrische en magnetische velden van 50 Hz geadviseerd (VROM, 1995). Deze limieten zijn gebaseerd op de aanbevelingen van de Gezondheidsraad van 1992. Zij bieden volgens de Raad voldoende veiligheid tegen eventuele nadelige effecten van 50 Hz elektrische en magnetische velden.

SCHEMA 9 MAX. TOELAATBARE BLOOTSTELLING AAN 50 HZ ELEKTRISCHE EN MAGNETISCHE VELDEN

ELEKTRISCHE VELDSTERKTE E (kV/m)	MAGNETISCHE FLUXDICHTHEID B (μT)	MAGNETISCHE VELDSTERKTE H (A/m)	DOELGROEP EN MAXIMALE BLOOTSTELLINGSDUUR
10	500	400	WERKERS
30 ^a	5 000 ^b	4 000 ^b	- GEHELE WERKDAG
-	25 000	20 000	- KORT DUREND
			- LEDEMATEN
5	100	80	BEVOLKING
10 ^d	1 000 ^e	800 ^e	- 24 UUR PER DAG ^c
			- ENKELE UREN PER DAG

a BEPERKING AAN DE BLOOTSTELLINGSDUUR $t / (h) \leq 80 / (E / (kV/m))$. VOORBEELD: BIJ $E = 10\,000\text{ V/m} = 10\text{ kV/m}$ GELDT: $t \leq 8\text{ h}$

b MAXIMAAL 2 UUR PER WERKDAG

c VOOR PLAATSEN IN HET BUITENMILIEU WAAR BURGERS EEN GROOT DEEL VAN DE DAG DOORBRENGEN (ZOALS RECREATIE- GEBIEDEN EN ONTMOETINGSPLAATSEN)

d DEZE BEPERKING GELDT NIET WANNEER VOORZORGSMATREGELEN WORDEN GENOMEN OM CONTACTSTROMEN, DIE KUNNEN ONTSTAAN BIJ AANRAKING VAN GEÏSOLEERDE VOORWERPEN, TE VOORKOMEN

e BLOOTSTELLING AAN HOGERE WAARDEN VAN B EN H DIENT BEPERKT TE BLIJVEN TOT ENKELE MINUTEN PER DAG

De blootstellingssituaties zijn onderverdeeld in arbeidssituaties en overige situaties. De laatste worden verdeeld in binnen- en buitenmilieu. In deze drie situaties wordt tevens onderscheid gemaakt tussen *hoge* veldsterkten (magnetische fluxdichtheid $B > 100 \mu\text{T}$, elektrische veldsterkte $E > 5 \text{ kV/m}$) en *lage* veldsterkten ($B < 100 \mu\text{T}$, $E < 5 \text{ kV/m}$).

Omdat blootstelling aan *lage* veldsterkten geen bewezen effect heeft op de gezondheid, geldt hiervoor geen beperking. Bij hoge veldsterkten wordt geadviseerd de limieten in schema 9 aan te houden. Daarbij is als uitgangspunt gekozen dat de stroomdichtheid in het lichaam maximaal 10 mA/m^2 mag bedragen.

Hoge veldsterkten komen in het buitenmilieu zelden voor. Alleen onder bepaalde omstandigheden, bijvoorbeeld recht onder een hoogspanningslijn en in de nabijheid van bepaalde industriële apparaten, kan de elektrische veldsterkte boven de blootstellingslimiet van 5 kV/m uitkomen.

In die situaties waar in de toekomst sprake kan zijn van een toename van de blootstelling aan ELF-velden met *lage* veldsterkten, bijvoorbeeld in geval van nieuwbouw in stadsuitbreidingsgebieden in de buurt van hoogspanningslijnen, moet nieuwbouw (woningen of andere verblijfsgebouwen) in de zakelijk-rechtstrook (dit is een strook grond onder de lijnen, in breedte variërend van ongeveer 15 tot 30 meter) zoveel mogelijk worden beperkt. Hoewel de belangrijkste reden hiervoor het vermijden van gevaar ten gevolge van elektrische overslag, draadbreuk, omwaaien van masten en van de draden vallende ijsafzetting is, heeft dit tevens het karakter van een voorzorgsmaatregel voor het geval mocht blijken dat langdurige blootstelling aan ELF-velden met *lage* veldsterkten toch een negatief effect op de gezondheid heeft.

5.5 BESCHERMENDE MAATREGELEN

De blootstelling aan ELF-velden tijdens het werk is op verschillende manieren te beperken. De algemene uitgangspunten voor het beheersen van risico's werden eerder beschreven in hoofdstuk 2.

In de eerste plaats valt bestrijding aan de bron of afscherming van de bron te overwegen. Dit kan mogelijk worden bereikt door een combinatie van technische en organisatorische maatregelen.

Afschermende maatregelen zijn effectiever voor E-velden dan voor B-velden. Veel materialen schermen elektrische velden effectief af en aarding van technische apparatuur heeft vaak een aanzienlijk effect op het elektrische veld.

Magnetische velden zijn daarentegen zeer lastig af te schermen. Bestrijding aan de bron is hier het devies.

Organisatorische maatregelen komen neer op het vergroten van de afstanden tot bronnen en het beperken van de blootstellingstijd.

6

STATISCHE ELEKTRISCHE EN MAGNETISCHE VELDEN

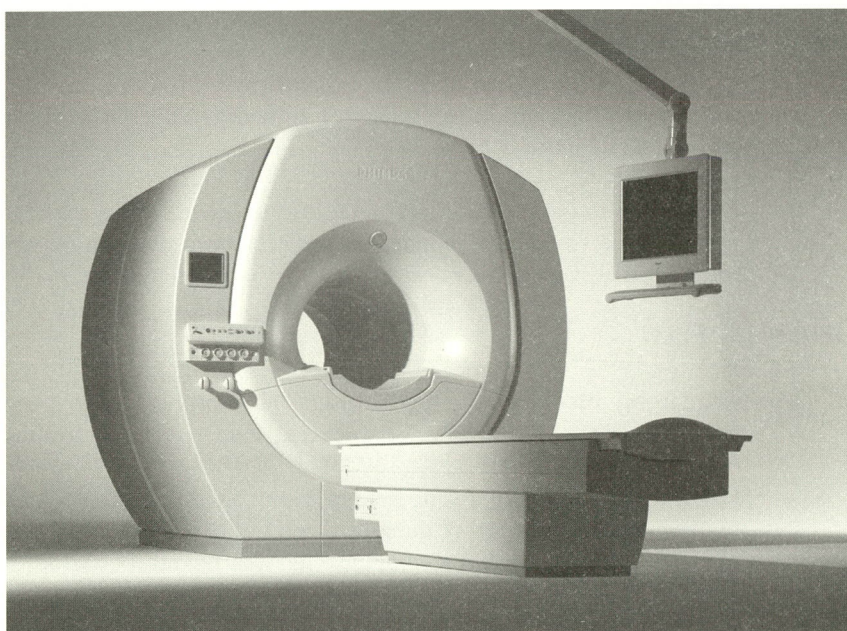
TOT SLOT KOMEN IN DIT HOOFDSTUK BRONNEN, GROOTHEDEN EN EENHEDEN, GEZONDHEIDSEFFECTEN, BLOOTSTELLINGSLIMIETEN EN RISICOBEHEERSENDE MAATREGELEN AAN DE ORDE DIE BETREKKING HEBBEN OP STATISCHE ELEKTRISCHE EN MAGNETISCHE VELDEN.

6.1 BRONNEN

Blootstelling aan statische magnetische velden wordt gedomineerd door het aardmagnetisch veld, dat varieert van 0,03 tot 0,07 mT, afhankelijk van de locatie.

Statische magnetische velden onder hoogspanningslijnen bedragen circa 0,02 mT. Kleine kunstmatige bronnen van statische magnetische velden (zoals permanente magneten) zijn algemeen, en lopen uiteen van speciale magneten (audio speakers, batterij gevoede motoren, magnetrons) tot triviale zoals koelkastmagnetten. Deze kleine magneten produceren velden van 1 tot 10 mT op enkele centimeters afstand van de magneet. Statische velden in elektrische treinen bedragen maximaal 0,2 mT.

De hoogste blootstelling aan statische velden voor het publiek zijn afkomstig van MRI-apparatuur, waar de velden kunnen variëren van 150 tot 2000 mT.



MRI-APPARAAT FOTO PHILIPS MEDICAL SYSTEMS

Bij het werk zijn het vooral MRI-apparatuur en deeltjesversnellers die tot hoge blootstelling van werknemers kunnen leiden. Dit geldt ook voor omstandigheden waar elektrolytische processen worden toegepast (zoals in de aluminiumproductie). In de aluminiumindustrie worden veldsterkten gerapporteerd van 5 tot 15 mT gedurende langere tijd en maxima tot 60 mT. In bedrijven waar wordt gewerkt met elektrolysecellen kunnen werknemers worden blootgesteld aan velden van 4 tot 10 mT gedurende lange tijd, en maxima tot 30 mT.

Deeltjesversnellers leiden tot velden van 0,5 mT gedurende lange tijd, circa 300 mT gedurende enkele uren en maxima tot 2000 mT.

Overigens blijft in een ruimte waar sterke magneten zijn verwijderd een statisch magnetisch veld aanwezig. Zo kan het magnetisch veld in een ruimte waar een klinische MRI-unit heeft gestaan 2 mT bedragen als gevolg van het magnetsich worden van de stalen structuur van het gebouw. Dergelijke velden vormen weliswaar geen bedreiging voor de gezondheid, maar kunnen wel invloed uitoefenen op gevoelige elektronische apparatuur. De velden kunnen worden verminderd door professionele 'degaussing'.

6.2 GROOTHEDEN EN EENHEDEN

De sterkte van statische elektrische velden wordt vaak uitgedrukt in V/m. Voor de magnetisch-veldsterkte wordt doorgaans de eenheid tesla (T) gehanteerd.

6.3 GEZONDHEIDSEFFECTEN

Statische elektrische velden kunnen elektrische stromen op het oppervlak van het lichaam veroorzaken. Deze kunnen leiden tot bewegingen van haren. De drempel hiervoor ligt bij een veldsterkte van ongeveer 20 kV/m. Evenals bij extreem laagfrequente velden kunnen bij voldoende hoge spanningsverschillen ontladingen optreden (zie ook paragraaf 5.3). De hierbij opgewekte veldsterkte kan variëren van 10 kV/m tot meer dan 1200 kV/m. Deze zullen echter niet tot negatieve gezondheidseffecten leiden. Wel kunnen uiteraard schrikreacties optreden.

Door magnetische inductie kunnen geladen deeltjes die in een statisch veld bewegen, elektrische stromen en velden opleveren (zie ook paragraaf 5.3).

Wanneer mensen zich snel door een sterk magnetisch veld bewegen, ervaren zij soms effecten als duizeligheid, misselijkheid en hoofdpijn. Bij magnetische veldsterkten onder 2 T zijn deze effecten echter niet waargenomen (zie ook Gr2000).

Zoals reeds in paragraaf 4.5 gemeld, kunnen elektromagnetische velden de werking van (medische) apparaten wel verstoren door de opgewekte stromen. Daarbij valt bijvoorbeeld te denken aan pacemakers.

6.4 BLOOTSTELLINGSLIMIETEN

Omdat bij blootstelling aan statische elektrische velden geen nadelige gezondheidseffecten zijn te verwachten, zijn geen blootstellingslimieten opgesteld.

Hoewel ook bij magnetische velden geen concreet biologisch effect is aan te geven waarop limitering gebaseerd zou kunnen worden, heeft de Gezondheidsraad basisbeperkingen opgesteld waarboven bepaalde hinderlijke effecten zoals misselijkheid en duizeligheid kunnen optreden. Deze zijn in schema 10 weergegeven.

SCHEMA 10 BASISBEPERKINGEN VOOR BLOOTSTELLING AAN STATISCHE MAGNETISCHE VELDEN

	MAGNETISCHE VELDSTERKTE (mT)	
	BEROEPSMATIG BLOOTGESTELDEN	ALGEMENE BEVOLKING
CONTINUE BLOOTSTELLING	200	40
PIEKBLOOTSTELLING	2000	
PIEKBLOOTSTELLING, ALLEEN LEDEMATEN	5000	

6.5 BESCHERMENDE MAATREGELEN

De blootstelling van werknemers aan statische velden is op verschillende manieren te beperken. In hoofdstuk 2 werden de algemene principes hiervoor beschreven. Organisatorische maatregelen zijn in de praktijk het meest effectief. Zo is het wenselijk om werknemers niet onnodig aanwezig te laten zijn in ruimten waar hoge veldsterkten heersen. Duidelijke afspraken die worden ondersteund met gebruik van waarschuwingsborden, zijn hier gewenst.

Afschermende (bouwkundige) voorzieningen worden wel toegepast bij sterke magneetvelden, maar zijn veelal kostbaar.

In de praktijk wordt meestal gekozen voor een combinatie van afscherming en toegangsrestrictie.

Bij MRI-faciliteiten verdient overigens ook de afwezigheid van magnetische of magnetiseerbare gebruiksvorwerpen (zoals scharen, scalpels en schroevendraaiers) de aandacht. In een sterk magneetveld gedragen dergelijke voorwerpen zich als gevaarlijke projectielen.

7

WET- EN REGELGEVING; NORMEN

IN DIT HOOFDSTUK WORDEN ENKELE ARTIKELEN UIT DE ARBOWETGEVING BEHANDELD, ALSMEDE RELEVANTE REGELGEVING MET BETREKKING TOT DE WET MILIEUBEHEER. AANDACHT WORDT GESCHONKEN AAN INTERNATIONALE REGELGEVING. OOK KOMEN NORMEN VAN HET NEDERLANDS NORMALISATIE-INSTITUUT (NEN) TER SPRAKE.

7.1 ARBOWETGEVING

De Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet) gaat over de veiligheid, de gezondheid en het welzijn van de werknemers tijdens het werk. De wet beschrijft verschillende algemene verplichtingen voor zowel werkgevers als werknemers. Bovendien geeft de wet voorschriften voor bijvoorbeeld deskundige ondersteuning en bedrijfshulpverlening.

De tekst van de Arbowet is algemeen geformuleerd. Zo spreekt de wet over 'gevaaren' en 'risico's' zonder dat de aard of bron van de risico's wordt genoemd. Verschillende algemene voorschriften van de Arbowet zijn relevant voor de risico's van niet-ioniserende straling, ook al valt het woord straling niet. Dat geldt bijvoorbeeld voor de verplichting van de werkgever om werknemers voor te lichten over de risico's van het werk.

Volgens artikel 5 van de Arbowet zijn werkgevers onder andere verplicht om alle risico's die zijn verbonden aan de werkzaamheden in hun bedrijf, te inventariseren en te evalueren. Het ondernemingsbeleid moet mede gebaseerd zijn op een 'risico-inventarisatie en -evaluatie'. Dat wil zeggen dat elk bedrijf een overzicht en beoordeling moet (laten) maken van de risico's van het werk voor de werknemers. In deze risico-inventarisatie en -evaluatie moeten ook de risico's van blootstelling aan niet-ioniserende straling aan de orde komen. De eisen waaraan die risico-inventarisatie en -evaluatie moet voldoen, worden globaal beschreven in de wet en nader toegelicht in een arbo-informatieblad (AI-1: 'Arbo- en verzuimbeleid').

De Arbowet vormt een algemeen wettelijk kader. Materiële bepalingen op het gebied van arbeidsomstandigheden zijn niet in de Arbowet zelf opgenomen, maar in het Arbeidsomstandighedenbesluit (Arbobesluit). Dit besluit vervangt sinds 1997 het grote aantal oude uitvoeringsbesluiten, zoals het Veiligheidsbesluit voor fabrieken of werkplaatsen 1938 en het Veiligheidsbesluit restgroepen.

Artikel 6.12 en artikel 6.27 van het Arbobesluit schenken expliciet aandacht aan niet-ioniserende straling.

ARBOBESLUIT, ARTIKEL 6.12

1. Toestellen die schadelijke niet-ioniserende elektromagnetische straling kunnen uitzenden, bestaan uit deugdelijk materiaal, zijn van deugdelijke constructie en verkeren in goede staat. Deze toestellen bevinden zich in een zodanige ruimte en zijn voorts zodanig ingericht, opgesteld of afgeschermd, dat bij het in werking zijn van die toestellen lichamelijke schade als gevolg van bedoelde straling zoveel mogelijk is voorkomen.

2. Indien bij het in werking zijn van een toestel als bedoeld in het eerste lid het gevaar van lichamelijke schade als gevolg van de straling, ondanks de naleving van dat lid, niet of niet geheel kan worden voorkomen, worden zodanige organisatorische maatregelen getroffen dat lichamelijke schade

als gevolg van de straling zoveel mogelijk wordt voorkomen. Indien de organisatorische maatregelen de schade niet of niet voldoende kunnen voorkomen worden persoonlijke beschermingsmiddelen ter beschikking gesteld, die door de werknemers bij de arbeid worden gebruikt.

3. Bij ministeriële regeling kunnen niveaus worden vastgesteld, waarboven voor de toepassing van dit artikel die straling wordt geacht schadelijk te zijn.

ARBOBESLUIT, ARTIKEL 6.27

2. Jeugdige werknemers mogen geen arbeid verrichten met toestellen die schadelijke niet-ioniserende elektromagnetische straling kunnen uitzenden.

Naast artikel 6.12 is voor het werken met niet-ioniserende straling hoofdstuk 7 van het Arbobesluit van belang, omdat dit handelt over arbeidsmiddelen, zoals hulpmiddelen, gereedschappen, speciale apparatuur, machines en installaties.

Volgens het Arbobesluit moet een werkgever veilige arbeidsmiddelen ter beschikking stellen. Dat wil zeggen dat eisen zijn gesteld aan constructie, veiligheidsvoorzieningen, onderhoud en voorlichting van gebruikers. Deze voorschriften gelden voor alle arbeidsmiddelen.

Uit de risico-inventarisatie en -evaluatie wordt duidelijk wat de risico's zijn van de werkzaamheden die met een specifiek arbeidsmiddel worden uitgevoerd en of het middel aan de bepalingen uit het Arbobesluit voldoet. Zo'n risico-inventarisatie kan worden uitgevoerd met checklists of door middel van bijvoorbeeld storingsanalyse. Aan de hand hiervan wordt besloten of aanpassingen of aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn. Daarbij wordt niet alleen het arbeidsmiddel zelf beoordeeld, maar ook omgevingsaspecten zoals verlichting, geluidniveaus en beschikbare werkruimte. Ook voorlichting en instructie van werknemers worden beoordeeld.

De Arbowet en het Arbobesluit geven op onderdelen de mogelijkheid om bij ministeriële regeling een nadere uitwerking te geven. Dit is gebeurd in de Arbeidsomstandighedenregeling (Arboregeling).

Ten slotte zijn er de Arbobeleidsregels. In deze regels is neergelegd hoe de Arbeidsinspectie met bepaalde, meer globale voorschriften uit de Arbowet en het Arbobesluit omgaat. Bij de vervulling van haar handhavende taak zal de Arbeidsinspectie regelmatig verwijzen naar deze beleidsregels. Daarnaast geven de beleidsregels de werkgevers en werknemers houvast bij de toepassing van de wettelijke regels. Met de inwerkingtreding van de beleidsregels zijn de Publicatiebladen (P-bladen) komen te vervallen.

De beleidsregels zijn overigens geen algemeen verbindende voorschriften. Een werkgever mag andere maatregelen nemen dan in de beleidsregels zijn aangegeven. Als deze maatregel ten minste hetzelfde beschermingsniveau oplevert als de beleidsregels voorschrijven, zal de Arbeidsinspectie hiermee akkoord gaan.

Daarnaast onderschrijft de overheid de advieswaarden van de Gezondheidsraad en adviseert zij te voldoen aan deze waarden. Hoewel de begrippen 'deugdelijk' en 'schadelijk' niet nader zijn uitgewerkt in de formele wetgeving, kan voor een praktische invulling gebruik worden gemaakt van de adviezen van de Gezondheidsraad, de blootstellingslimieten van de ICNIRP en uiteenlopende productnormen (zie paragraaf 7.2, 'Normen').

7.2 ANDERE RELEVANTE REGELGEVING

WET MILIEUBEHEER

De Wet milieubeheer is tegenwoordig de belangrijkste wet op het gebied van milieuhygiëne. De wet wordt gefaseerd ingevoerd en aangepast en omvat steeds meer wetgeving die voorheen in andere wetten was ondergebracht. De Wet milieubeheer kent een vergunningstelsel. Vrijwel elk bedrijf dient te beschikken over een vergunning in het kader van de wet. In deze vergunning, die vaak wordt verstrekt door de gemeente, worden uiteenlopende eisen gesteld die soms betrekking hebben op de risico's van niet-ioniserende straling.

INTERNATIONALE REGELGEVING

Binnen de Europese Unie is een voorstel gedaan voor uitbrengen van een Richtlijn betreffende de minimumvoorschriften inzake veiligheid en gezondheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (kortweg de Richtlijn fysische agentia genoemd). Het is de bedoeling dat in deze richtlijn onder meer bepalingen worden opgenomen voor bescherming van werknemers tegen de schadelijke invloeden van niet-ioniserende straling. Momenteel is nog onduidelijk of, en zo ja wanneer, deze richtlijn zal worden vastgesteld.

Op internationaal niveau bestaan er verschillende instanties die normen hebben opgesteld voor blootstelling aan niet-ioniserende straling (zoals IEC, ICNIRP, ACGIH, LIA). Deze normen verschillen onderling weinig. Een aantal internationale organisaties, waaronder de ICNIRP en de WHO, heeft voorstellen gedaan voor de ontwikkeling van internationale richtlijnen, maar die voorstellen – die vooral bedoeld zijn als voorzorgsmaatregel – zijn nog niet overgenomen door de Europese Unie.

NORMEN

De wetgeving vormt het formele uitgangspunt om vast te stellen waaraan een werksituatie moet voldoen. Zo zijn in de Arbowet de algemene uitgangspunten geformuleerd voor de kaders voor de arbozorg. Deze uitgangspunten zijn verder uitgewerkt in het Arbobesluit en de Arboregeling. De beleidsregels geven aan hoe concreet aan de wetgeving kan worden voldaan. In beleidsregels wordt soms doorverwezen naar normen, zoals NEN-, CEN- en DIN-normen. Dergelijke normen hebben geen kracht van wet. In feite wordt de status van de normen bepaald door de verwijzing daarnaar. Als in een beleidsregel wordt verwezen naar een norm, krijgt deze norm daarmee een status die vergelijkbaar is met die van de beleidsregel.

Zo wordt volgens de beleidsregel 8.2 Arbobesluit aan artikel 8.2 voldaan als de keuze en beoordeling van persoonlijke beschermingsmiddelen wordt uitgevoerd volgens de richtlijnen in de Gids persoonlijke beschermingsmiddelen van het Nederlands Normalisatie-instituut (NEN). Enkele relevante normen die in deze gids worden genoemd zijn:

- NEN-EN 167: Oogbescherming - Optische beproevingsmethoden
- NEN-EN 168: Oogbescherming - Niet-optische beproevingsmethoden
- NEN-EN 169: Oogbescherming - Filters voor lassen en aanverwante technieken - Doorlatingsfactoren en aanbevolen gebruik
- NEN-EN 170: Oogbescherming - Ultravioletfilters - Doorlatingsfactoren en aanbevolen gebruik
- NEN-EN 171: Oogbescherming - Infrarood filters - Doorlatingsfactoren en aanbevolen gebruik

- NEN-EN 172: Oogbescherming - Zonlichtfilters voor industrieel gebruik
- NEN-EN 175: Persoonlijke bescherming - Middelen voor oog- en gezichtsbescherming tijdens lassen en aanverwante processen (exclusief kappen)
- NEN-EN 207: Oogbescherming - Filters en oogbeschermers tegen laserstraling
- NEN-EN 208: Oogbescherming - Oogbeschermers voor instelwerkzaamheden aan lasers en lasersystemen (oogbeschermers voor laserinstalling)
- NEN-EN 379: Oogbescherming - Lasfilters met variabele beschermingsfactor of met twee beschermingsfactoren
- NEN-EN 407: Beschermende handschoenen tegen thermische gevaren (hitte en vuur)
- NEN-EN 1731: Oog- en gezichtsbeschermingsmiddelen van geweven metaaldraad voor industrieel en niet-industrieel gebruik, voor bescherming tegen mechanische gevaren en/of hitte
- NEN-EN 12477: Beschermende handschoenen voor lassers

Voor een beoordeling van de deugdelijkheid van toestellen die niet-ioniserende straling uitzenden, kan gebruik worden gemaakt van verschillende productnormen. Zo zijn lasers deugdelijk als ze ten minste voldoen aan de normen:

- NEN 10825-1 (1995): Veiligheid van laserproducten - Deel 1: Apparatuurclassificatie, eisen en gebruikershandleiding (IEC 825-1: 1993; EN 60825-1: 1998)
- NEN 10825-2 (1995): Veiligheid van laserproducten - Deel 2: Veiligheid van communicatiesystemen met optische vezels (IEC 825-2: 1993; EN 60825-2: 1997)

Voor materiaalbewerkingsmachines met lasers is bovendien de voorlopige Europese norm pr EN 31553 beschikbaar ('Optics and optical instruments; lasers and laser related equipment. Safety of machines using laser radiation to process materials; requirements of hazards generated by laser radiation').

Op medische lasers is bovendien de norm IEC 601-2-22 (1995) van toepassing.

BIJLAGE

1

LITERATUURLIJST

Cherimisinoff N. P., Teresinski M. F. Industrial radiation hazards desk-book. Technomic Publishing Company Inc., Lancaster, 1987.

Gr93. Gezondheidsraad, Commissie Optische straling. Gezondheidskundige advieswaarden voor blootstelling aan elektromagnetische straling met golflengten tussen 100 nm en 1 mm. Den Haag, Gezondheidsraad, 1993, Advies 1993/09.

Fachverband für Strahlenschutz e.v. Nicht ioniserende Strahlung, juli 1997.

Gr97. Gezondheidsraad, Commissie Radiofrequente straling. Radiofrequente elektromagnetische velden (300 Hz - 300 GHz). Rijswijk, Gezondheidsraad, 1997, Advies 1997/01.

Gr2000. Gezondheidsraad, Commissie ELF elektromagnetische velden. Blootstelling aan elektromagnetische velden (0 Hz - 10 MHz). Den Haag, Gezondheidsraad, 2000, publicatienummer 2000/06.

International Labour Organisation, 'Occupational hazards from non-ionizing electromagnetic radiation' INIRC-IRPA/ILO. Occupational Safety and Health Series No. 53, 1985.

Iping P.J.M., Zwaard A.W. Jaarboek Arbo en binnenmilieu, Samsom, Alphen aan den Rijn (jaarlijkse uitgave).

Matthes R (ed.). Non-ionizing Radiation. Proceedings of the Third International Non-Ionizing Radiation Workshop in Baden, Austria. ICNIRP, 1996.

Ministerie van SZW. Elektromagnetische straling in arbeidssituaties, gezondheidsrisico's. Den Haag, augustus 1995.

Moseley, H. Non-ionizing radiation. Adam Hilger, Bristol, 1988.

Sliney D., Wolbarsht M. Safety with lasers and other optical sources. Plenum Press, New York, 1980.

Suess M. J., Benwell-Morison D.A. Non-ionizing radiation protection, second edition. World Health Organization, WHO Regional Publications, European Series no 25, Kopenhagen, 1989.

VROM, 1995. Circulaire inzake extreem laagfrequente elektrische en magnetische velden (ELF-velden). Den Haag, Ministerie van VROM, publicatie 94661/1-95, 1 januari 1995.

V&W95. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Regeling klachtenbehandeling elektrische en elektronische apparaten. Staatscourant, 1995, nr 163.

Zwaard A.W. Risico-inventarisatie en -evaluatie. Kluwer, Deventer, 1995.

BIJLAGE **2** VOORVOEGSELS

n	=	nano	10^{-9}
μ	=	micro	10^{-6}
m	=	milli	10^{-3}
k	=	kilo	10^3
M	=	mega	10^6
G	=	giga	10^9
T	=	tera	10^{12}
P	=	peta	10^{15}

BIJLAGE 3 WOORDENLIJST

CATARACT	Staar; een vertroebeling van de oog lens, die het zicht ontnemt. Kan optreden als gevolg van langdurige of hoge blootstelling aan elektromagnetische straling.
CONTACTSTROOM	Stroom die gaat lopen zodra contact wordt gemaakt met een geladen voorwerp.
DRAAGGOLF	Bij radio- en televisiezenders wordt de geluids- en beeldinformatie uitgezonden als modulatie (geringe variatie op de frequentie of amplitude) op een golf met een vaste frequentie, de draaggolf.
ELEKTRISCH VELD	Eén van de twee componenten van het elektromagnetisch veld. De grootte van het elektrisch veld, de elektrische veldsterkte E, heeft als eenheid volt per meter (V/m).
EMC	Elektromagnetische compatibiliteit. Eigenschap dat elektrische apparatuur onderlinge beïnvloeding voorkomt.
EIRP	Equivalent Isotropically Radiated Power. Het vermogen dat een zender nodig zou hebben als deze de vermogensdichtheid die in de hoofdbundel wordt gehaald, gelijkmatig in alle richtingen zou uitzenden.
FM-ZENDER	Zender die uitzendt op de zogenaamde omroepband van 88-108 MHz.
FREQUENTIE	Het aantal herhalingen per tijdseenheid van een periodieke beweging.
HERTZ (Hz)	Eenheid voor frequentie, het aantal herhalingen per seconde van een periodieke beweging.
INTENSITEIT	Vermogensdichtheid. De elektromagnetische energie die per tijdseenheid op een loodrecht op de voortplantingsrichting staand eenheidsoppervlak valt. Eenheid: watt per vierkante meter (W/m^2).
MAGNETISCH VELD	Eén van de twee componenten van het elektromagnetisch veld. De grootte van het magnetisch veld, de magnetische veldsterkte H, heeft als eenheid ampère per meter (A/m).
MAGNETISCHE FLUXDICHTHEID	De belangrijkste grootte voor het beschrijven van magnetisme. Tenzij er sprake is van magnetisatie, is de magnetische fluxdichtheid B evenredig met het magnetisch veld H. De verhouding hangt echter af van het medium waarin het veld zich bevindt. De eenheid van B is de tesla ($T = V s m^{-2}$).
SAT	Specifiek Absorptietempo. Engels: Specific Absorption Rate, SAR. De elektromagnetische energie die per tijdseenheid en per massa-eenheid in een deel van het menselijk lichaam wordt opgenomen. De eenheid is watt per kilogram (W/kg).
TESLA	Eenheid voor magnetische fluxdichtheid.
THERMISCHE SCHADE	Schade als gevolg van warmte-ontwikkeling in weefsel.
VERMOGENSDICHTHEID	Zie Intensiteit.

BIJLAGE 4 AFKORTINGEN

IEC	International Electrotechnical Commission
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ANSI	American National Standard Institute
ICNIRP	International Commission on Non Ionising Radiation

BIJLAGE 5 INDEX

- AARDMAGNETISCH VELD 5, 41
 ALARA-BEGINSEL 17
 ARBO- EN VERZUIMBELEID 3, 9, 19-20, 44
 ARBODIENST 12
 ARBOWET 10-11, 17, 44-46
- BEHEERSMAATREGELEN 13, 18-19
 BESCHERMENDE KLEDING 17, 36
 BEVEILIGINGEN 11
 BEVOLKING 13, 25, 33-34, 39, 42
 BLOOTSTELLING AAN
 – STRALING 9, 13, 17
 – VERSCHILLENDE FREQUENTIES 34
 – GEPULSEERDE 33
 BLOOTSTELLINGSLIMIETEN 4, 13, 22, 25-26, 28, 30, 32, 35-37, 39, 41-42, 45
 BRILLEN
 – LAS- 28
 – LASER 17, 28
 BRONMAATREGELEN 15, 17
 BRONNEN EN PROCESSEN 7-8
 BRONSTERKTE 12
- COMMUNICATIE 10, 20-21, 30, 47
 CONTROLEKAMERS 16
- DEELTJESVERSNEMLERS 41
 DOORDRINGEND VERMOGEN 17
 DRAAGBARE TELEFOONS 30, 35
- EFFECTEN
 – FOTO-ELEKTRISCHE 23
 – FOTOMECHANISCHE 23
 – FOTOTHERMISCHE 23
 – INDIRECTE 31-32
 – NIET-THERMISCHE 31-32
 – THERMISCHE 23, 25, 31-32
 ELEKTRISCHE POTENTIAAL 5
 EXTREEM LAAGFREQUENTE VELDEN (ELF) 6, 33, 37-38, 42
- FUNCTIE-OMSCHRIJVING 10
- GEDRAGSVERANDERING 10
 GEHOORAPPARATEN 35
 GEZONDHEIDSRaad 13, 25-26, 28, 32-33, 39, 42, 45
- HALOGEENGLOEILAMPEN 7-8, 22
 HOOGSPANNINGSLEIDINGEN 3
 HOORNVLIESONTSTEEKING 26
- HUDVERBRANDING 26, 32
 HULPMIDDELEN 10-11, 27, 45
- IMMUNITEITSEISEN 35
 INSTRUCTIE 10, 45
 INSULINEPOMPJES 35
 INTENTIEVERKLARING 10-11, 19
 INTERFERENTIE 35
- LASERS 5, 7, 15-17, 22-23, 25-28, 47
 LASSCHERMEN 16
 LASWERKZAAMHEDEN 16, 28
- MAGNETISCHE FLUXDICHTHEID 5, 34, 38, 40, 50
 MAGNETISCHE VELDSTERKTE 5, 7, 33-34, 38, 42, 50
 MAGNETRONS 5, 30, 41
 MANAGEMENT 10, 19
 MAXIMUM PERMISSIBLE EXPOSURE 25, 27
 METEN VAN DE BLOOTSTELLING 12-13
 MICROGOLVEN 4, 30
 MINISTERIE VAN VWS 35
 MPE-WAARDEN 25, 27
 MRI-APPARATUUR 5, 8, 16, 41
- NETVLISSCHADE 24-27
 NETVLIESVERBRANDING 26-27
- OMKASTING 28
 OZON 28
- PACEMAKERS 35, 42
 PERSOONLIJKE BESCHERMINGS-
 MIDDELEN 10-12, 15, 17, 28-29, 36, 45-46
 PLAN VAN AANPAK 18, 20-21
 PLASMASNIJDEN 16
- RADAR 7-8, 30, 36
 RADIO- EN TV-ZENDERS 5, 8
 RADIOACTIVITEIT 3
 RF-SEALERS 5
 RISICOBEHEERSING 3, 9, 11, 15, 18-20
 RISICOBELEVING 13-14
 RISICO-INVENTARISATIE EN
 -EVALUATIE 3, 9-12, 21, 44-45, 48
 RISICOPERCEPTIE 14
- SAT 31-33
 SEALERS 30
 SMELTOVENS 28
- SPECIFIEK ABSORPTIE TEMPO 12
 STAAR 24, 26, 32
 STAPPENPLAN 3, 9-10, 13
 STRALING
 – ELEKTROMAGNETISCHE 3, 5-7, 33, 44-45, 48, 50
 – GAMMA- 3, 6-7
 – INFRAROOD- 3, 5-6, 8, 22, 24-25
 – IONISERENDE 3, 6
 – NIET-IONISERENDE 3, 5-12, 15, 19-20, 22, 44-47
 – OPTISCHE 3, 6, 22-23, 25, 28
 – RF- 6, 13, 30-31, 35
 – RÖNTGEN- 3, 6
 – ULTRAVIOLETTE (UV-) 3, 6, 22
 STRALINGSBRONNEN 3, 5, 7, 14, 17-18, 21, 28
- TAAKROULATIE 17, 36
 TEFLON 28
 TESLA 5, 42, 50
 THERMOREGULATIE 13
 TRAINING 10
- VECTORVELD 5
 VELDSTERKTE
 – ELEKTRISCHE 5, 33-34, 37-38, 40, 50
 – MAGNETISCHE 5, 7, 33-34, 38, 42, 50
 VELDSTERKTELIMIETEN 33
 VERANTWOORD GEDRAG 11
 VERMOGENSDICHTHEID 5, 7, 13, 23, 30-33, 50
 VITALE APPARATUUR 35
 VOORLICHTING 10-11, 18, 20-21, 45
- WEEFSELSCHADE 23, 26, 32
 WEEFSELVERWARMING 30
 WERKGEVER 10-12, 19-20, 44-45
 WERKNEMER 10-14, 16-17, 19-21, 28, 41, 43-46
- ZENDINRICHTINGEN 3
 ZIEKENHUIZEN 16, 35
 ZWAARWEGENDE BELANGEN 18



De 'Praktijkgidsen Arbeidshygiëne' informeren over actuele thema's op het gebied van het werken met toxische stoffen en andere arbeidshygiënische thema's. Centraal staat de toepasbaarheid van de informatie in de dagelijkse bedrijfspraktijk. Op die wijze bieden de Praktijkgidsen ondersteuning bij het treffen van maatregelen. Een redactieraad van deskundigen bewaakt de kwaliteit van de Praktijkgidsen.

REDACTIERAAD 'PRAKTIJKGIDSEN ARBEIDSHYGIËNE'

J. G. M. van Griensven, bedrijfsarts (Commit Arbo), dr. ir. D. Heederik RAH (arbeidshygiënist, LU Wageningen), ir. Th. J. Heesen RAH (arbeidshygiënist, Chemielinco), ing. P. Iping, drs. ing. N. H. A. M. Louwrier (eindredacteur, TNO Arbeid) ing. H. van Marle RAH, ir. J. Marquart RAH (arbeidshygiënist, TNO Voeding), ir. N. M. J. G. Pikkemaat (arbeidshygiëniste, FNV Formaat), dr. T. Spee RAH (arbeidshygiënist, stichting Arbouw), drs. R. Visser (chemicus, TNO Arbeid), dr. W. Zwaard (veiligheidskundige, RU Leiden).

OVERZICHT 'PRAKTIJKGIDSEN ARBEIDSHYGIËNE'

- Opsporen en beoordelen van informatie over toxische stoffen (april 1994).
- Toxische-stoffenbeleid: opzetten en uitvoeren (juni 1994, herzien april 1995, februari 1998, oktober 2000).
- Bronbestrijding: vrijkomen van toxische stoffen beperken (juni 1994).
- Toxische stoffen en werkende mens effectief scheiden (juni 1994).
- Asbest: een handleiding voor opsporing en integrale aanpak (november 1994, herzien mei 1997).
- Micro-organismen, plantaardige en dierlijke stoffen op het werk (juli 1995).
- Infectierisico's door besmet bloed (december 1995, herzien november 1999).
- Risico-inventarisatie en -evaluatie van toxische stoffen (maart 1996).
- Ventilatie en afzuiging van toxische stoffen en warmte (augustus 1996).
- Gevaarlijk afval: handleiding veiligheid en milieu (april 1997).
- Het veiligheidsinformatieblad: inhoud en toepassing (augustus 1997).
- Biologische risico's in de gezondheidszorg en in laboratoria (december 1997).
- Het gevaarsetiket: inhoud en toepassing (juli 1998).
- Geluidshinder: van klacht naar aanpak (juli 1998).
- RI&E Toxische stoffen – het beoordelen van de blootstelling (maart 2001)
- Niet-ioniserende straling (augustus 2001)

Zodra daar aanleiding toe is, wordt de inhoud van de Praktijkgidsen aangepast aan nieuwe ontwikkelingen. Let daarom op de datum en vraag zonodig na of recentere versies beschikbaar zijn.

INFORMATIE EN BESTELLEN

Klantenservice Samsom

Postbus 4

2400 MA Alphen aan den Rijn

Tel.: (0172) 466848

Fax: (0172) 466769

E-mail: klantenservice@samsom.nl

Internet: www.samsom.nl

