

Onderzoek naar rook als beroepsrisico bij de brandweer; een literatuurreview

Versie: 2.0, 03 november 2015



Instituut Fysieke Veiligheid
Facilitair Dienstencentrum
Postbus 7112
2701 AC Zoetermeer
Zilverstraat 91, Zoetermeer
www.ifv.nl
info@ifv.nl
079 330 46 00

Colofon

Opdrachtgever: Raad van Brandweercommandanten (RBC)
Contactpersoon: Hans Versnel
Titel: Onderzoek naar rook als beroepsrisico bij de brandweer; een literatuurreview
Datum: 03 november 2015
Status: Definitief
Versie: 2.0
Auteurs: Ronald Heus
Projectleider: Ronald Heus
Review:
Eindverantwoordelijk: Hans Versnel

Samenvatting

Het Kenniscentrum Arbeidsveiligheid heeft in opdracht van Brandweer Nederland een literatuurscan uitgevoerd naar het mogelijk ontstaan van bepaalde vormen van kanker onder brandweerpersoneel in relatie tot brandbestrijdingsactiviteiten. Hiervoor zijn tal van databases met wetenschappelijke literatuur geraadpleegd en beoordeeld op hun geschiktheid voor dit onderzoek. Bij branden komen gevaarlijke gassen en stoffen voor in de rook. De belangrijkste kankerverwekkende stoffen zijn: benzeen, toluen, ethylbenzeen, xylenen, styreen, alifaten, fenolen, aldehyden, ketonen, poly-aromatische koolwaterstoffen, dioxinen, fijn stof, en (zware) metalen. Deze stoffen kunnen bij directe blootstelling kanker veroorzaken, maar kunnen ook ontstekingsreacties tot gevolg hebben. Ook ontstekingsreacties kunnen uiteindelijk leiden tot het krijgen van kanker. Daarnaast zijn lifestyle factoren als overgewicht, roken, alcoholgebruik en stress ook mogelijke oorzaken voor het ontwikkelen van kanker. Verstoring van het bioritme wordt in de literatuur eveneens als oorzaak genoemd om kanker te ontwikkelen. Uit het voorgaande blijkt dat er meerdere factoren zijn die een rol spelen bij het ontwikkelen van kanker, maar niet per definitie tot kanker hoeven leiden.

Uit deze literatuurstudie blijkt dat directe bewijsvoering ontbreekt dat brandweermensen in verhoogde mate kanker ontwikkelen. Toch zijn bovengenoemde risicofactoren voor deze beroepsgroep niet uit te sluiten. In de (buitenlandse) literatuur worden verhoogde incidenties voor de volgende kankersoorten genoemd: huidkanker, blaaskanker, teelbalkanker (ook wel testiskanker), prostaatkanker, longkanker (vooral mesothelioom) en non-hodgkin. Omdat de literatuur niet eenduidig is en een causaal verband ontbreekt kan niet onomstotelijk de conclusie worden getrokken dat blootstelling aan genoemde risicofactoren leidt tot een grotere kans op het krijgen van deze vormen van kanker. Daarvoor is nader onderzoek noodzakelijk.

Inhoud

Samenvatting	3
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	6
1.2 Doelstelling en vraagstelling	6
2 Methode	8
2.1 Literatuurscan	8
2.1.1 Analyse artikelen	8
2.1.2 Expertgroep	8
3 Kentallen bij de brandweer.....	9
4 Predisponerende factoren voor beroepsziekten	10
4.1 Gevaarlijke stoffen in rook	10
4.2 Opname van gevaarlijke stoffen in rook	15
4.3 Overige kankerverwekkende factoren	16
4.3.1 Lifestyle en brandweerpersoneel	16
4.3.2 24-Uurs diensten	17
4.3.3 Overige blootstelling aan carcinogenen	17
5 Risico's van blootstelling aan rook van branden voor brandweerpersoneel.....	18
5.1 Algemeen	18
5.2 Risico op kanker bij de brandweer in Nederland	18
5.2.1 Huidkanker (melanoom)	21
5.2.2 Blaaskanker	21
5.2.3 Testiskanker	21
5.2.4 Prostaat­kanker	21
5.2.5 Longvlieskanker (mesothelioom)	22
5.2.6 Non-hodgkin	22
6 Discussie	23
7 Conclusies.....	25
Referenties.....	27

1 Inleiding

Het recent gestarte Kenniscentrum Arbeidsveiligheid van het IFV wil kennis ontwikkelen, toepassen en borgen voor de veiligheid, gezondheid en welzijn van het personeel van de Veiligheidsregio's. Het Kenniscentrum richt zich op de aandachtsgebieden beroepsziekten, arbeidshygiëne, weerbaarheid en persoonlijke beschermingsmiddelen.

Voor brandweeractiviteiten brengen grote risico's voor veiligheid, gezondheid en welzijn met zich mee. Om zich tegen die risico's te beschermen maken brandweermensen gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen en worden ze regelmatig gekeurd om te bepalen of ze nog in staat zijn het brandweervak uit te oefenen. Ondanks deze (voorzorgs)maatregelen blijven er altijd restrisico's over, die op de korte of lange termijn schade aan de gezondheid en het welzijn van de brandweermensen kunnen toebrengen.

Zo is er de laatste tijd veel aandacht voor de mogelijk verhoogde incidentie van kanker onder brandweerpersoneel o.a. als gevolg van het in aanraking komen met gevaarlijke stoffen in de rook tijdens brandbestrijdingsactiviteiten. In 2010 heeft het IARC¹ een agentschap van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO), het beroep brandweer geclassificeerd als mogelijk kankerverwekkend als gevolg van blootstelling aan rookgassen en -deeltjes. Bij het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten (NCVB) komt de brandweer als beroepsgroep niet voor. Dat wil zeggen dat er geen geregistreerde informatie over beroepsziekten beschikbaar is voor de beroepsgroep brandweer. Brandweer Nederland heeft het Kenniscentrum Arbeidsveiligheid van het Instituut Fysieke Veiligheid (IFV) opdracht gegeven een literatuuronderzoek te doen naar de relatie tussen kanker en de werkzaamheden van de brandweer. Daarnaast heeft Brandweer Nederland gevraagd een advies uit te brengen over de mogelijke maatregelen om het risico zo veel mogelijk te beperken. Dat zal in een separaat document (KCAV, 2015) worden gedaan. Dit rapport beschrijft enkel de resultaten en conclusies van het literatuuronderzoek.

Operationele hulpverleners kunnen bij brandbestrijdingsactiviteiten² worden blootgesteld aan hoge temperaturen en gevaarlijke stoffen in de rook (zoals o.a. roetdeeltjes, residu, zware metalen, asbest). Om toch werkzaamheden te kunnen uitvoeren tijdens brandbestrijding zijn brandweermensen beschermd tegen het vuur en de hoge temperaturen. Zij dragen daartoe beschermende kleding en adembeschermingsmiddelen, die afdoende bescherming moeten bieden om (ook bij hoge inspanningsniveaus) te voorkomen dat zij bij brand onbeschermd zijn tegen vuur en hoge temperaturen. Daarnaast moeten deze beschermingsmiddelen uiteraard ook beschermen tegen opname van vrijkomende gevaarlijke stoffen door ademhalingswegen, huid, ogen en spijsverteringskanaal. De risico's van blootstelling aan rook als gevaarlijke stof bij brand werden tot nog toe lager ingeschat dan bij ongevallen met gevaarlijke stoffen (OGS). In de rook bevinden zich per definitie gevaarlijke stoffen, waarvan veel stoffen ook kankerverwekkend zijn. Een aantal jaren geleden heeft het RIVM (Mennen en van Belle, 2007) laboratoriumonderzoek gepubliceerd naar de emissies van gevaarlijke stoffen bij branden met een aantal specifieke veel gebruikte materialen en daarnaast hebben zij bij 50 grote branden de gegevens van de Milieu Ongevallen Dienst (MOD) meegenomen in hun rapportage. Zodoende hebben zij een beeld geschetst welke gevaarlijke stoffen er bij

¹ International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, volume 98: painting, firefighting, and shiftwork. Lyon, France: IARC, 2010.

² Hieronder vallen alle activiteiten die met brandbestrijding hebben te maken, dus ook nabluswerkzaamheden.

branden vrij kunnen komen. Blootstelling aan deze schadelijke stoffen brengt namelijk risico's met zich mee, zoals (bepaalde vormen van) kanker, luchtwegaandoeningen, ontstekingsreacties, hart- en vaataandoeningen en vergiftigingen. Naast het gevaar op direct contact met deze schadelijke stoffen wordt een deel van de schadelijke stoffen opgenomen door en/of hecht zich aan persoonlijke beschermingsmiddelen. Dat betekent dat brandweermensen aan een secundaire bron van gevaarlijke, mogelijk carcinogene, stoffen worden blootgesteld, die via de ademhalingswegen kunnen worden opgenomen, indien na afloop van een incident geen adembescherming meer wordt gedragen.

1.1 Aanleiding

De laatste jaren is door internationaal onderzoek veel meer bekend geworden over de stoffen die voorkomen in rook bij (grote) branden (Mennen en van Belle, 2007; Fabian e.a., 2010). Ook is er recentelijk publiciteit omtrent de vermeende relatie tussen de grotere kans op het krijgen van kanker onder brandweerpersoneel en de vervuiling van de persoonlijke bescherming waarover echter nog veel onduidelijkheid heerst.

De Raad van Brandweercommandanten (RBC) heeft daarom het Kenniscentrum Arbeidsveiligheid gevraagd een zo duidelijk mogelijk beeld te schetsen over kanker bij de brandweer op basis van de bestaande wetenschappelijke literatuur.

1.2 Doelstelling en vraagstelling

De laatste jaren wordt in de Verenigde Staten, Australië, Canada en de Scandinavische landen veel onderzoek verricht naar de schadelijkheid voor de mens van stoffen die bij branden vrijkomen. In deze literatuurstudie worden relevante nationale en internationale artikelen en rapporten die de laatste jaren zijn verschenen, gescand op de vormen van kanker die vóórkomen bij brandweermensen en worden de mogelijke oorzaken hiervoor in kaart gebracht. Primair wordt ingezoomd op de schadelijke stoffen die vrijkomen bij brandbestrijding en op welke manier (ademhalingswegen, spijsverteringskanaal, ogen en/of huid) brandweerpersoneel blootgesteld wordt aan deze schadelijke stoffen.

Het doel van deze literatuurstudie is wetenschappelijke conclusies te trekken uit de (internationale) publicaties om daarmee een goed beeld te schetsen van de huidige stand van zaken op dit onderwerp. Op basis van deze resultaten wordt Brandweer Nederland in staat gesteld om beleid te ontwikkelen met maatregelen om de risico's van brandbestrijdingsactiviteiten in relatie tot het krijgen van kanker zo veel mogelijk te beperken. Hiervoor zal separaat een adviesdocument worden opgesteld door het Kenniscentrum Arbeidsveiligheid van het Instituut Fysieke Veiligheid. Dit rapport beschrijft dus enkel de resultaten en conclusies van het literatuuronderzoek. Het is goed hierbij op te merken dat hoewel er verschillen zijn in bouwstijlen, gebruik van brandvertragende middelen en de manieren van optreden tussen de verschillende landen, de gevaarlijke stoffen die vrijkomen bij branden grotendeels dezelfde zijn en daarmee de risico's voor de gezondheid vergelijkbaar zijn.

De hoofdvraag van deze literatuurstudie is:

- Aan welke schadelijke factoren als gevolg van brandbestrijdingsactiviteiten, die tot beroepsziekten met de focus op kanker kunnen leiden, wordt brandweerpersoneel in verhoogde mate blootgesteld ten opzichte van de totale Nederlandse populatie?

De te beantwoorden subvragen zijn:

- Welke schadelijke stoffen, die tot kanker kunnen leiden, komen vrij bij branden (zowel woningbranden, industriële branden als natuurbranden)?
- Hoe kunnen brandweermensen in contact komen met deze kankerverwekkende stoffen?
- Leidt contact met deze stoffen tot een verhoogd risico op het krijgen van kanker?
- Zijn er ook andere predisponerende factoren die tot een verhoogde incidentie kanker bij brandweerpersoneel kunnen leiden?

In deze (niet-uitputtende) literatuurstudie zijn bovenstaande vragen zo goed mogelijk beantwoord en geplaatst in het perspectief van de Nederlandse situatie. In hoofdstuk 2 worden de onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 3 wordt aangegeven welke gegevens van de Nederlandse brandweerpopulatie ontbreken. Hoofdstuk 4 gaat over factoren die tot beroepsziekten en dan met name kanker kunnen leiden bij brandweerpersoneel. In hoofdstuk 5 wordt de stand van zaken gegeven in de internationale literatuur ten aanzien van de meest voorkomende vormen van kanker onder brandweermensen. Een beschouwing op de gevonden resultaten en de conclusies staan in hoofdstuk 6 en 7. Aanbevelingen voor vervolgstappen worden in een separate notitie gegeven (KCAV, 2015).

2 Methode

2.1 Literatuurscan

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van bronnen die reeds door geïnteresseerden verzameld waren. Deze bronnen zijn geselecteerd op wetenschappelijke kwaliteit. Verder is gebruik gemaakt van het *viadesk* platform van de vakgroep Arbeidsveiligheid van Brandweer Nederland.

Tenslotte is nog een finale check gedaan op Pubmed³, Researchgate⁴ en Google scholar⁵ om te zien of er geen belangrijke wetenschappelijke artikelen misten in onze eigen databases. Het resultaat hiervan was:

- Pubmed ca. 80 wetenschappelijke artikelen over kanker bij brandweermensen. Hierbij geen nieuwe informatie,
- Researchgate: ca. 80 publicaties (grotendeels overlappend met Pubmed),
- Google Scholar: geen verder aanvullende bronnen.

2.1.1 Analyse artikelen

De wetenschappelijke artikelen zijn geselecteerd op onderzoek naar de effecten van (kankerverwekkende) stoffen die vrijkomen bij (het bestrijden van) branden en daardoor mogelijk tot kanker kunnen leiden bij brandweerpersoneel.

Dat wil zeggen dat eerst is vastgesteld welke stoffen in het algemeen vrijkomen bij branden en brandbestrijdingsactiviteiten. Van deze stoffen is vervolgens onderzocht wat de opnamekanalen zijn door het menselijk lichaam en of ze al dan niet kankerverwekkend zijn.

Verder is op basis van de beschikbare wetenschappelijke literatuur gekeken naar welke vormen van kanker bij brandweerpersoneel vaker voorkomen in vergelijking met de totale populatie in de betreffende landen.

Op basis van beschikbare gegevens over de totale Nederlandse populatie van verschillende vormen van kanker die bij brandweermensen relatief veel voorkomen is een berekening gemaakt wat dat zou betekenen voor het aantal jaarlijkse gevallen van kanker onder de Nederlandse brandweerpopulatie.

Tenslotte is ook gekeken of er in de literatuur andere factoren dan blootstelling aan gevaarlijke stoffen worden genoemd die mogelijk tot een verhoogd risico op het krijgen van kanker kunnen leiden.

2.1.2 Expertgroep

Het eerste conceptrapport is met experts⁶ (o.a. Adviseurs Gevaarlijke Stoffen) uit verschillende regio's⁷ in een sessie besproken. Daarna is een tweede concept naar diezelfde leden van de expertgroep gestuurd voor een schriftelijke commentaarronde. Op basis daarvan is een finale conceptrapportage voor de stuurgroep van het Kenniscentrum Arbeidsveiligheid gemaakt.

³ PubMed comprises more than 24 million citations for biomedical literature from MEDLINE, life science journals, and online books. Citations may include links to full-text content from PubMed Central and publisher web sites.

⁴ ResearchGate is a network dedicated to science and research. Connect, collaborate and discover scientific publications, jobs and conferences.

⁵ Google scholar is een internetzoekmachine die de volledige tekst van wetenschappelijke artikelen uit verschillende disciplines doorzoekbaar maakt.

⁶ Frans Greven, Irene van der Woude, Huib Fransen, Hans Klamer en Clemens Kamp.

⁷ Veiligheidsregio Rotterdam Rijnmond, Veiligheidsregio Midden West Brabant, Veiligheidsregio Groningen.

3 Kentallen bij de brandweer

Vanwege het ontbreken van statistieken van Nederlands brandweerpersoneel moet er nog aanvullende informatie over Nederlandse brandweermensen worden verkregen om een duidelijk beeld te krijgen van de werkelijke situatie onder brandweerpersoneel, zoals:

- Aantallen (oud)brandweermensen ziek als gevolg van kanker
- Aantallen (oud)brandweermensen overleden aan (gevolgen van) kanker

Navraag bij arbodiensten van de brandweer leert dat ook zij dergelijke data niet zo maar beschikbaar hebben. Er is o.a. contact gelegd met de Arbo-Unie, waarvan één van hun bedrijfsartsen, dr. Hein Hendriks, met een onderzoek bezig is in de regio Gooi- en Vechtstreek. Zodra meer bekend is zullen wij door hem worden geïnformeerd⁸.

Ook is nadere informatie gewenst over:

- Aantal inzetten en blootstellingsduur,
- Mate en wijze van gebruik van adembescherming,
- Mate van blootstelling aan carcinogenen buiten het brandweeroptreden,
- Aanwezigheid van carcinogene stoffen in het lichaam (medische screening),
- Aantal hittetrainingen (= realistisch oefenen) tijdens:
 - Gasgestookte trainingen (schone verbranding),
 - Hout gestookte trainingen (korven tot 1m³ pallethout in de ruimte gestookt),
 - Flash-over trainingen (overmaat aan onverbrande schadelijke gassen).

Tenslotte is het van belang om meer informatie te hebben over:

- Concentraties carcinogene stoffen bij brandbestrijdingsactiviteiten,
- Mate en wijze van blootstelling van personen aan opneembare fractie van gevaarlijke stoffen in rook,
- Mate van filteren van beschikbare fractie,
- Stoffen in urine en bloed m.b.t. carcinogene stoffen.

Er is gebleken dat deze informatie niet of onvoldoende gedocumenteerd of niet vrij toegankelijk is.

Vervolgonderzoek(en) moet leiden tot meer duidelijkheid wat dergelijke (verdiepende) informatie kan opleveren met betrekking tot het onderzoek naar rook als risico voor beroepsziekten bij de brandweer. Mogelijke bronnen om data te krijgen zijn Efectis, RIVM en brandweeroefencentra.

⁸ Inmiddels is bekend dat zijn onderzoek in de Veiligheidsregio Gooi- en Vechtstreek twee gevallen heeft opgeleverd van actieve brandweermensen die kanker hebben gekregen (testis kanker en non-hodgkin) en zijn genezen.

4 Predisponerende factoren voor beroepsziekten

Wanneer iemand is blootgesteld aan carcinogene stoffen en factoren wil dat niet zeggen dat deze persoon zeker kanker zal krijgen. Wel loopt men meer risico om de betreffende kanker-soort te krijgen die bij de blootstelling hoort. Hoe hoog dat risico is, hangt o.a. af van welke carcinogene stoffen in het spel zijn, aan hoeveel én hoe lang men is blootgesteld. In Nederland zijn geen gegevens bekend over de relatie tussen kankersterfte en kankerverwekkende stoffen op het werk. Blootstelling aan schadelijke stoffen die carcinogeen zijn kan ook leiden tot andere (beroepsgebonden) aandoeningen zoals luchtwegaandoeningen en ontstekingsreacties.

Werkgevers zijn volgens de Arbowet (Arbeidsomstandighedenbesluit, 1997) verplicht om de werksituatie en de blootstelling omtrent kankerverwekkende stoffen op de werkvloer goed bij te houden en te registreren.

In dit register dient te staan met welke kankerverwekkende stoffen wordt gewerkt, de reden waarom deze stoffen niet kunnen worden vervangen door minder gevaarlijke stoffen, de bijbehorende risico's en gevaren. Ook tijdens brandbestrijding worden mensen blootgesteld aan kankerverwekkende stoffen, maar of en welke kankerverwekkende stoffen dat zijn is van te voren niet altijd bekend.

Voor zover bekend is in het verleden door werkgevers van de brandweer in Nederland geen onderzoek gedaan naar de blootstelling omtrent kankerverwekkende stoffen op de werkvloer (woning-, buiten-, voertuig-, en natuurbranden en/of nabluswerkzaamheden).

4.1 Gevaarlijke stoffen in rook

Tijdens brandbestrijding komen stoffen vrij die gevaarlijk zijn voor de (volks)gezondheid bij opname door de luchtwegen, spijsverteringskanaal, ogen en door de huid. Bij blootstelling aan gevaarlijke stoffen bij brand beschermen brandweermensen zich tegen deze stoffen door persoonlijke beschermingsmiddelen te dragen.

Stoffen die vrijkomen bij brand zijn naast waterdamp en kooldioxide altijd koolmonoxide, stikstofoxiden, stofdeeltjes (roet), PAK's (poly-aromatische koolwaterstoffen) en vluchtige organische componenten (VOC's, o.a. benzeen, toluen, styreen, chloormethaan) (Mennen en van Belle, 2007). In hun studie uit 2007 hebben Mennen en van Belle een systematische inventarisatie gedaan van de stoffen die vrij zijn gekomen bij 50 grote branden, die door de Milieu Ongevallen Dienst (MOD) in de voorafgaande tien jaar zijn geanalyseerd. Daarnaast hebben ze, door middel van een uitgebreide literatuurstudie, gegevens verzameld van onderzoeken met verbrandingsexperimenten op laboratoriumschaal en van andere veldmetingen bij branden. In alle gevallen zijn het metingen naar concentraties van stoffen die in de (buiten)lucht voorkomen en depositie van stoffen in de omgeving.

In welke mate stoffen vrijkomen, hangt af van de materialen die verbrand worden, van de omstandigheden (temperatuur, ventilatie, vochtigheid, ontgassing, verbindingen en hoeveelheid zuurstof) tijdens de brand en van de toegepaste brandbestrijdingsmethode (water, schuim, hoeveelheden blusmiddel etc.). Daarnaast kunnen bij sommige branden specifieke

stoffen worden gevormd. Een bekend voorbeeld zijn zoutzuur en dioxinen, die ontstaan bij verbranding van PVC, en zwaveldioxide dat vrijkomt bij de verbranding van rubberachtige materialen (Mennen en van Belle, 2007). In het algemeen geldt bij branden: hoe slechter de verbrandingscondities, des te meer schadelijke stoffen er worden gevormd. Dat betekent dat bij nabluswerkzaamheden ook en mogelijk meer schadelijke carcinogene stoffen vrij kunnen komen. In onderstaande tabellen worden de belangrijkste gasvormige stoffen en deeltjes (stof gebonden) weergegeven, die bij een brand vrij komen (uit: Mennen en van Belle, 2007). Hierbij moet in acht worden genomen dat deze opsomming niet volledig is.

Carcinogenen zijn volgens Fabian, e.a. (2010) asbest, benzeen, styreen, formaldehyde, polycyclisch aromatische koolwaterstoffen (PAK's), overige koolwaterstoffen, ftalaat esters en bepaalde zware metalen (arsenicum (= metalloïde⁹), cadmium, chroom en nikkel). Fabian e.a. (2010) hebben een analyse uitgevoerd van de verbrandingsgassen en -deeltjes gegenereerd uit woningbranden en autobranden, gesimuleerde 'real-scale' brandproeven en van kleinschalige brandtesten. Uiteraard zijn de gegevens niet één-op-één te vertalen naar de Nederlandse situatie, maar de carcinogene stoffen die zij in de VS (Fabian e.a., 2010) hebben aangetroffen worden ook vermeld in de eerder genoemde analyse van Mennen en van Belle (2007).

Formaldehyde is bij alle branden gemeten en in, volgens de NIOSH¹⁰-richtlijnen, (te) hoge concentraties aangetroffen bij branden van woonkamer, slaapkamer, keuken en zolder (Fabian, e.a., 2010). Ook chroom werd in de meeste gevallen gemeten, maar kwam net als aangetroffen concentraties van de overige metalen niet boven door NIOSH vastgestelde schadelijke grenswaarden voor blootstelling. Benzeen en styreen zijn slechts bij de helft of minder van de branden meetbaar. De overige carcinogene stoffen waren niet in alle brandscenario's meetbaar (Fabian e.a., 2010).

In onderstaande tabellen (Tabel I en II, overgenomen van Mennen en van Belle, 2007) wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste gassen en stoffen die vrijkomen bij branden.

⁹ Metalloïde, semi-metaal of half-metaal is een element dat qua eigenschappen tussen de metalen en niet-metalen in zit.

¹⁰ NIOSH is het National Institute of Occupational Safety and Health in de Verenigde Staten.

Tabel I Overzicht van de belangrijkste gasvormige componenten die bij verschillende soorten branden kunnen vrijkomen.

Type brand of materiaal	CO	NO _x	HCN	SO ₂	HCl	BTEXS	Overige aromaten	Alifaten	Aldehyden en ketonen	Overige componenten
Kunststoffen C-H ¹⁾	++	±	-	-	-	++	+	+	+	Fenolen
PVC en PVC-achtigen ¹⁾	++	±	-	-	+++	++	+	+	+	Gechlororeerde aromaten en alifaten, <i>vinylchloride</i> , fosgeen (zie paragraaf 4.3.1)
Kunststoffen O ¹⁾	++	±	-	-	-	++	+	+	++	Fenolen, alcoholen, furanen, carbonzuren, esters, methylmethacrylaat
Kunststoffen N ¹⁾	++	+	++	-	-	++	+	+	+	Ammoniak, isocyanaten, nitrillen, aminen, ureum
Kunststoffen S ¹⁾	++	±	-	++	-	++	+	+	+	Koolstofdioxide, waterstofsulfide, zwavelzuur, zwaveltrioxide
Additieven in kunststoffen ²⁾	(++)	(+)	(+)	(+)	(++)	(++)	(+)	(+)	(+)	Ftalaten, HBr, gebromeerde, gechlororeerde en zuurstofhoudende koolwaterstoffen ³⁾ , organofosforverbindingen
Rubber en autobanden	++	±	(±)	++	(±)	+++	++	+	+	Fenolen, furanen, alcoholen, esters, isocyanaten, nitrillen, cyanobenzenen, thiazolen en thiolenen
Olie en daaruit afgeleide brandstoffen	+	±	-	+	-	++	++	+	±	Fenolen
PCB oliën en transformatoren ⁴⁾	++	±	-	-	++	++	++	+	±	Vinylchloride, gechlororeerde aromaten, gechlororeerde alkanen, fenolen, alcoholen,
Verven, oplosmiddelen, bestrijdingsmiddelen en andere chemicaliën	++	±	(++)	(++)	(+++)	++	+	+	(+)	Ammoniak, nitrillen, isocyanaten, fosgeen, gechlororeerde en zuurstofhoudende koolwaterstoffen ³⁾ , koolstofdioxide, carbonylsulfide,
Hout, papier en karton	+++	+	-	(+)	-	++	+	+	++	Fenolen, furanen, ammoniak, nitrillen, isocyanaten
Afval ⁵⁾	+	(+)	(++)	(+)	(++)	(+++)	+	(++)	+	Diverse verbindingen ⁵⁾
Cacao	++	+	++	-	-	+	+	++	±	Nitrillen
Gebouwen ⁵⁾	+	±	(+)	(+)	(+)	(++)	+	+	(+)	Diverse verbindingen ⁵⁾

BTEXS = verzamelnaam voor benzeen, toluen, ethylbenzeen, xylene en styreen

¹⁾ De kunststoffen zijn, analoog aan de opzet van Tabel 4.1, ingedeeld in kunststoffen met uitsluitend koolstof en waterstof (C-H), kunststoffen met chloorgroepen (PVC en PVC-achtigen), kunststoffen met zuurstofgroepen (O), kunststoffen met stikstofgroepen (N) en kunststoffen met zwavelgroepen (S).

²⁾ Het betreft additieven die worden toegepast in kunststoffen en textiel. Er bestaan zowel organische als metaalhoudende additieven. Voor beide groepen additieven zijn de potentiële componenten die bij branden kunnen vrijkomen, in deze tabel opgenomen.

³⁾ Dit zijn dezelfde gechlororeerde en zuurstofhoudende componenten als die vrijkomen bij de verbranding van chloor- en zuurstofhoudende kunststoffen.

⁴⁾ Bedoeld worden transformatoren met PCB-houdende olie. In principe mogen transformatoren geen PCB-houdende olie meer bevatten, maar in de praktijk komen deze nog wel eens voor in het afvalstadium.

⁵⁾ Bij deze groepen materialen zijn de emissies sterk afhankelijk van de samenstelling, zowel qua omvang als qua diversiteit aan ontstane verbindingen.

Tabel II Overzicht van de belangrijkste stofgebonden componenten die bij verschillende soorten branden kunnen vrijkomen.

Type brand of materiaal	Fijn stof	PAK's en bifenylen	Dioxinen	Overig organische componenten	Lood	Zink	Koper	Overige elementen
Kunststoffen C-H ¹⁾	+++	+++	-	-	-	-	-	-
PVC en PVC-achtigen ¹⁾	+++	+++	++ ²⁾	Gechlorreerde PAK's, PCB's	-	-	-	-
Kunststoffen O ¹⁾	+++	+++	-	Fenolen, alcoholen, furanen, carbonzuren, esters	-	-	-	-
Kunststoffen N ¹⁾	+++	+++	-	Nitro-PAK's	-	-	-	-
Kunststoffen S ¹⁾	+++	+++	-	Zwavelhoudende PAK's	-	-	-	-
Additieven in kunststoffen ³⁾	(++)	(++)	(+)	Ftalaten, organobroom- en organofosforverbindingen	(+)	(+)	(+)	Barium, cadmium, chroom, kobalt, nikkel, antimoon, titanium, calcium, arseen, seleen, kwik, fosfor
Rubber en autobanden	++	+++	-	Zwavel-PAK's, organozwavel- en organobroomverbindingen,	-	++	-	Broom
Olie en daaruit afgeleide brandstoffen	+++	++	-	Organozwavelverbindingen, zwavel-PAK's	-	-	-	Nikkel, vanadium
PCB oliën en transformatoren ⁴⁾	++	+++	+++	Gechlorreerde PAK's	+	+	++	IJzer, aluminium, chroom, antimoon, cadmium, tin, barium
Verven, oplosmiddelen, bestrijdingsmiddelen en andere chemicaliën	++	+++	(+++)	Diverse verbindingen ³⁾	(+)	(+)	(+)	Diverse verbindingen ³⁾
Hout, papier en karton	+	++	(+)	Aldelyden, furanen, fenolen	-	-	-	-
Afval ³⁾	(+++)	(+++)	(++)	Diverse verbindingen ³⁾	(+)	(+)	(+)	Diverse verbindingen ³⁾
Cacao	++	+	-	Nitrillen, carbonzuren, vetzuuresters	-	-	-	-
Gebouwen ³⁾	++	++	(++)	Diverse verbindingen ³⁾	++	++	++	Barium, cadmium, chroom, nikkel, antimoon, tin, titanium

1) De kunststoffen zijn, analoog aan de opzet van Tabel 4.1, ingedeeld in kunststoffen met uitsluitend koolstof en waterstof (C-H), kunststoffen met chloorgroepen (PVC en PVC-achtigen), kunststoffen met zuurstofgroepen (O), kunststoffen met stikstofgroepen (N) en kunststoffen met zwavelgroepen (S).

2) De emissiefactor aan dioxinen bij verbranding van PVC zijn niet hoog, vergeleken met die van andere chloorhoudende stoffen. Omdat het vaak om grote hoeveelheden PVC gaat, kan de uiteindelijke omvang van de dioxine-emissie toch aanzienlijk zijn.

3) Het betreft additieven die worden toegepast in kunststoffen en textiel. Er bestaan zowel organische als metaalhoudende additieven. Voor beide groepen additieven zijn de potentiële componenten die bij branden kunnen vrijkomen, in deze tabel opgenomen.

4) Bedoeld worden transformatoren met PCB-houdende olie. In principe mogen transformatoren geen PCB-houdende olie meer bevatten, maar in de praktijk komen deze nog wel eens voor in het afvalstadium.

5) Bij deze groepen materialen zijn de emissies sterk afhankelijk van de samenstelling, zowel qua omvang als qua diversiteit aan ontstane verbindingen.

In Tabel III wordt aangegeven of bepaalde gassen of stoffen al dan niet carcinogeen zijn en de wat de mogelijke opnamekanalen zijn van het lichaam. Er is (nog) geen informatie beschikbaar over schadelijke concentraties van die stoffen.

Tabel III Carcinogeniteit van gassen en stoffen die vrij kunnen komen bij branden.

Gasvormige componenten	Opname ¹¹	Carcinogeen ¹²	Stoffen en aerosolen	Opname	Carcinogeen
CO	l/h	Nee	Fijn stof	l	Ja
CO ₂	l/s/h	Nee	PAK's en bifenylen	l/s/h	Ja
NO ₂	l	Nee	dioxinen	l/s/h	Ja
HCN	l/h	Nee	Overige organische componenten	NNB	NNB
SO ₂	l/s/h	Nee	Lood(verbindingen)	l/s/h	Ja
HCl	l/s/h	Nee	Zink(verbindingen)	l/s/h	Ja
BTEX ¹³ /aromaten	l/s/h	Ja	Koper(verbindingen)	l/s/h	Ja
alifaten	l/s/h	Ja	Asbest	l	Ja
aldehyden en ketonen	l/s/h	Ja	Overige elementen	NNB	NNB
fenolen	l/s/h	Ja			

Er is volgens Mennen en van Belle (2007) nader onderzoek nodig naar de volgende schadelijke en mogelijk carcinogene stoffen die bij branden vrij kunnen komen:

- isocyanaten,
- broomhoudende brandvertragers,
- gebromeerde dioxinen,
- nitro-PAK's,
- zwavel-PAK's,
- furanen,
- nitrillen,
- waterstoffluoride (HF),
- waterstofbromide (HBr).

¹¹ Opname door luchtwegen (l), spijsverteringskanaal (s) en/of huid (h).

¹² www.msds hazcom.com.

¹³ BTEX verzamelnaam voor o.a. benzeen, toluen, ethylbenzeen, xylenen en styreen.

4.2 Opname van gevaarlijke stoffen in rook

De carcinogene PAK's komen voornamelijk in het lichaam door voeding en inademing. Een kleine hoeveelheid wordt opgenomen via de huid ([http://www.rivm.nl/Onderwerpen/B/Binnenmilieu/Chemische stoffen in huisstof/Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen_PAK_s](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/B/Binnenmilieu/Chemische_stoffen_in_huisstof/Polycyclische_Aromatische_Koolwaterstoffen_PAK_s)). Van het carcinogene vloeibare benzeen wordt minder dan 1% door de huid opgenomen, waarschijnlijk als gevolg van de hoge mate van verdamping van benzeen (Fent e.a., 2013). In een vochtig milieu zal wel meer benzeen zijn opgelost als gevolg van de wateroplosbaarheid van benzeen (Fent e.a., 2013).

Susan Shaw e.a. (2013) hebben in een kleine steekproef (12 Californische brandweermensen) verhoogde concentraties van een aantal van deze stoffen (o.a. broomhoudende brandvertragers, gebromeerde dioxinen) in het bloedserum van brandweermensen aangetoond na de bestrijding van een brand. Zij concluderen dat gezien de studies naar verhoogde incidenties van kanker onder brandweermensen deze resultaten het belang van monitoring van brandweerpersoneel aantonen.

In een gepubliceerde studie van Kirk en Logan (2015) wordt vermeld dat de beschermende kleding veel meer carcinogene stoffen tegenhoudt dan verwacht en dat de concentraties van die stoffen in het microklimaat lager zijn dan normaal in een industriële omgeving voorkomen. Dat betekent ook dat huidblootstelling aan carcinogene stoffen lager is dan op grond van de concentraties in de omgeving van die stoffen mag worden verwacht. Wel is het zo dat carcinogene stoffen onder de kleding aantoonbaar zijn. Soms zijn de concentraties carcinogene stoffen na een trainingsinzet bij de brandweer net zo hoog als na een volledige industriële shift.

Alexander en Baxter (2014) toonden in een casestudie aan dat het carcinogene di-ethyl ftalaat in veel grotere concentraties op de kleding voorkomt dan de PAK's. Vooral handschoenen en 'firehoods' (balaclava's) zijn besmet. Nader onderzoek volgens hen is wel noodzakelijk.

Op basis van biomarkers in urinemonsters van proefpersonen concludeerden Fent e.a. (2014) dat PAK's wel door de huid kunnen worden opgenomen maar dan met name in de halsstreek waar de 'firehoods' of nekflappen zitten, omdat daar direct contact met de huid is en de beschermingsgraad ter plekke ook lager is. Nekflappen worden veel minder vaak gereinigd in vergelijking met de overige uitrusting en dus ligt het volgens hen voor de hand dat dat de voornaamste bron van opname van PAK's door de huid is, hoewel zij geen huidopnamemetingen hebben gedaan. Onduidelijk is of verhoogde concentraties in de urine ook leiden tot een verhoogde kans op het krijgen van kanker.

Op de balaclava's (een soort bivakmuts) en handschoenen van brandweerpersoneel werden meetbare concentraties van de volgende carcinogene stoffen aangetroffen (Fabian e.a. 2010):

- arsenicum,
- chroom,
- nikkel,
- PAK's,
- Ftalaat ester.

Fabian e.a. (2010) bevestigen hiermee dat ook de huid van brandweerlieden kan worden blootgesteld aan diverse anorganische (metaalhoudende) en organische carcinogenen, maar dat zegt nog niets of deze stoffen dan ook door de huid worden opgenomen. De

meeste van deze stoffen overschrijden de in de VS vastgelegde wettelijke vastgestelde gevaarlijke grenswaarden niet. Overigens zijn grenswaarden niet overal gelijk en zal nader onderzoek moeten aantonen of in Europa en in Nederland grenswaarden worden overschreden.

Niet uitgesloten kan worden volgens Fabian e.a. (2010) dat gelijktijdige blootstelling aan meerdere carcinogene stoffen tot een versterkend effect kan leiden, maar zij hebben niet gemeten wat het potentiële risico is van stapeling van contaminatie met carcinogene stoffen vanwege inadequate of onvoldoende reiniging van de persoonlijke beschermingsmiddelen. In een studie van CENTEXBEL (Verminck, 2014) is dit wel onderzocht, maar die studie blijft voornamelijk onvoldoende betrouwbaar te hebben omdat de steekproefgrootte één is. Doordat de rapportage over dat onderzoek betrouwbaar is kunnen die gegevens ook niet worden meegenomen in deze review.

In paragraaf 5.2 wordt dieper ingegaan op welke vormen van kanker als gevolg van blootstelling aan gevaarlijke stoffen in het werkterrein van de brandweer kunnen voorkomen.

4.3 Overige kankerverwekkende factoren

Hoewel deze literatuurstudie is gefocust op kankerverwekkende stoffen die vrij komen als gevolg van brandbestrijdingsactiviteiten, kunnen andere oorzaken die tot kanker leiden niet worden uitgesloten. Brandweerpersoneel heeft ook te maken met een aantal voor hun beroepsgroep specifieke factoren die in de volgende paragrafen kort worden behandeld. Hoewel daarover wel wordt gespeculeerd (Magnusson en Hultman, 2014) is ook niets bekend over opname van schadelijke stoffen door een warme en vochtige huid (zoals voorkomend bij hoge inspanningsniveaus). Tenslotte kan kanker op den duur ook ontstaan door (verwaarloosde) ontstekingsreacties die het gevolg zijn van blootstelling aan schadelijke stoffen.

4.3.1 Lifestyle en brandweerpersoneel

De doelstelling van dit onderzoek laat het niet toe om uitgebreid onderzoek te verrichten naar de lifestyle van brandweerpersoneel. Echter komt het thema in enkele internationale onderzoeken terug en gezien het belang ervan is dit wel opgenomen in deze rapportage. Het 'Healthy workers' effect (o.a. Glass e.a. 2014, Greven 2011, Guidotti, 1995) wordt genoemd. Dat is het effect dat optreedt als je fitte en gezonde mensen voor een bepaald beroep selecteert. Glass e.a. (2014) vonden ook dat de Australische brandweerpopulatie minder rookt in vergelijking met de totale populatie. Beide effecten kunnen compenseren voor de blootstelling aan andere kankerverwekkende factoren waardoor het effect van die factoren niet tot uiting komt in een verhoogde kankerincidentie bij brandweerpersoneel.

Hoewel ook Greven e.a. (2011) melding maakt van het 'Healthy workers' effect hebben brandweermensen gemiddeld wel meer last van luchtwegaandoeningen en bleek ook dat een groter percentage van de Nederlandse brandweerpopulatie (30%) rookt in vergelijking met de gehele Nederlandse bevolking (25%) (STIVORO, 2012).

BMI, oftewel Body Mass Index is een maat voor overgewicht. Overgewicht is, op roken na, de belangrijkste risicofactor voor kanker waar je zelf invloed op hebt (www.wkof.nl/nl/kanker/risicofactoren-voor-kanker). Bekend is dat onder de Amerikaanse brandweermensen meer dan 70% overgewicht heeft (Wilkinson, e.a., 2014) en dat dat een belangrijke oorzaak is voor verschillende gezondheid gerelateerde aandoeningen. Ook Greven (2015) heeft niet gepubliceerde resultaten over een verhoogd BMI onder een steekproef van Nederlands brandweerpersoneel. Over voedingsgewoonten en alcoholgebruik van de Nederlandse brandweer zijn voor zover bekend geen gegevens beschikbaar.

Pukkala e.a. (2014) daarentegen zien geen grote verschillen in lifestyle tussen de Scandinavische brandweerpopulatie en de rest van de Scandinavische (beroeps)bevolking.

4.3.2 24-Uurs diensten

Onregelmatige werktijden met verstoring van het dag-nacht ritme kunnen tot aandoeningen als kanker leiden. In een meta-analyse van Megdal e.a. (2005) is geconcludeerd dat (vrouwelijke) ploegdienst medewerkers en (vrouwelijk) luchtvaart cabinepersoneel een ongeveer 50% hogere kans op het krijgen van borstkanker hebben in vergelijking met mensen die geen verstoring hebben van het dag-nacht ritme. Mogelijke oorzaak hiervoor is de onderdrukking van de melatonine spiegels, dat een anti-carcinogene en een anti-oxidatieve werking heeft. Hoewel brandweerpersoneel geen deel uitmaakte van de onderzoekspopulatie is de kans aanwezig dat ook zij een hogere kans op borstkanker hebben, indien zij regelmatig 's nachts een uitruk hebben. In een vervolgonderzoek kunnen deze statistieken worden opgevraagd.

Davis en Mirrick (2006) vermeldden een verhoogde incidentie van prostaatkanker bij cabinepersoneel en andere ploegdienstmedewerker waaronder brandweerpersoneel, maar konden (nog) niet aantonen dat dit het gevolg was van onregelmatige diensten, omdat zij geen interventie-onderzoek hebben uitgevoerd. Ook Pukkala e.a. (2014) zien een verhoogde incidentie van prostaatkanker onder brandweerpersoneel mogelijk als gevolg van onregelmatige arbeid.

4.3.3 Overige blootstelling aan carcinogenen

In schuimvormende blusmiddelen kwamen of komen carcinogene stoffen voor, bijvoorbeeld perfluoralkyl zuren (PFAA's). Deze stoffen veroorzaken naast een verhoging van LDL-cholesterol ook het risico op het krijgen van borstkanker (Laitinen e.a. 2014).

Inademen van (diesel)uitlaatgassen, die een aantal van dezelfde carcinogene stoffen bevatten als branden, kan leiden tot het ontstaan van longkanker. Er zijn behalve dierstudies nog geen studies die oorzakelijk verband tussen het inademen van uitlaatgassen en het krijgen van kanker hebben aangetoond. Wel geeft Garrity (1998) aan dat blootstelling aan uitlaatgassen een mogelijk verhoogd risico op kanker geeft en dit wordt ook onderschreven door het 'International Agency for Research on Cancer' (IARC, 2010). Afzuiging van de schadelijke uitlaatgassen vindt tegenwoordig wel plaats, maar blootstelling in het verleden kan nu kanker tot gevolg hebben.

Verder kwam in het verleden asbest voor in persoonlijke beschermingsmiddelen (bijvoorbeeld de handschoenen en helmen) (Pukkala e.a. 2014) en in remvoeringen van de (brandweer)voertuigen die regelmatig schoon geblazen werden in de kazerne (Weges, J., 2015). Hoewel er stemmen opgaan dat het gebruik van communicatieapparatuur leidt tot een verhoogde incidentie van kanker (Milham, 2009), zijn er geen wetenschappelijke studies die bewijs leveren dat er een causaal verband is tussen de straling als gevolg van het gebruik van communicatieapparatuur en de kans dat men kanker krijgt. Er zijn wel richtlijnen (Europese richtlijn 2013/35/EU, 2013) voor de maximale blootstelling aan elektromagnetische straling als gevolg van gebruik van bijvoorbeeld communicatieapparatuur.

5 Risico's van blootstelling aan rook van branden voor brandweerpersoneel

5.1 Algemeen

Om kanker aan te kunnen merken als een beroepsziekte bij de brandweer, zoals genoemd in de hoofdvraagstelling van dit onderzoek moet beroepsziekte worden gedefinieerd. Een bruikbare definitie (<http://www.beroepsziekten.nl/content/wanneer-komt-ziekte-door-het-werk>) van een beroepsziekte is dat het gaat om een ziekte die toe te schrijven is aan blootstelling op het werk. Dat levert drie belangrijke elementen voor een argumentatie op (Verbeek, 2012), nl.:

- het moet om een ziekte gaan,
- er moet een of andere vorm van blootstelling zijn,
- er moet een relatie tussen deze beide zijn.

Het zesstappenplan (<http://www.beroepsziekten.nl/het-zes-stappenplan-voor-beroepsziekten>) is een methode om beroepsziekten aantoonbaar te maken. Wanneer het vermoeden bestaat van een beroepsziekte ('stap 0'), is het belangrijk om een aantal aspecten systematisch in kaart te brengen. Op die manier kan worden nagegaan of de aandoening of ziekte inderdaad een beroepsziekte is: een klinisch waarneembare ziekte of aandoening als gevolg van een belasting die in overwegende mate (>50%) in arbeid of arbeidsomstandigheden heeft plaatsgevonden. Het gaat om de volgende stappen:

1. vaststellen van de aandoening/ziekte,
2. vaststellen van de relatie met werk,
3. vaststellen van de aard en het niveau van de oorzakelijke blootstelling,
4. nagaan van andere mogelijke verklaringen en de rol van individuele gevoeligheid,
5. concluderen en melden,
6. preventieve maatregelen en interventies inzetten en evalueren.

Om gekenmerkt te worden als beroepsziekte moet aan alle zes stappen worden voldaan.

5.2 Risico op kanker bij de brandweer in Nederland

In 2010 heeft het IARC een agentschap van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO), het beroep brandweer geclassificeerd als mogelijk kankerverwekkend als gevolg van blootstelling aan rookgassen en -deeltjes. In de VS, Canada en Australië worden een aantal vormen van kanker door de overheid als beroepsziekte bij de brandweer erkend. Hoewel de bewustwording bij de brandweer groeit, is er nog geen diepgaand onderzoek naar (oud)brandweermensen gedaan.

Bij het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten (NCVB) komt de brandweer als beroeps-groep niet voor. Dat wil zeggen dat er geen geregistreerde informatie over beroepsziekten beschikbaar is voor de beroepsgroep brandweer. In de wetenschappelijke literatuur over dit

onderwerp lijkt een trend zichtbaar dat de incidentie van kanker onder brandweerpersoneel licht verhoogd is. De meeste studies laten zien dat kanker onder brandweerpersoneel zo'n 2 tot 10 procent vaker voorkomt (Lemasters e.a., 2006; Daniels, e.a., 2014, 2015; Glass e.a., 2014; Pukkala e.a., 2014; McGegor, D.B. 2005, 2007, a, b, c; Ahn e.a., 2012; Stang e.a. 2003).

In verschillende buitenlandse studies is aangetoond dat sommige vormen van kanker significant vaker voorkomen onder brandweermensen dan onder de rest van de bevolking (Tabel IV). Op basis van die buitenlandse literatuur zijn er aanwijzingen dat het om de volgende vormen van kanker gaat:

- Huidkanker,
- Blaaskanker,
- Teelbalkanker (ook wel testiskanker),
- Prostaatcancer,
- Longkanker (vooral mesothelioom),
- Non-hodgkin.

Tabel IV Incidentieratio's¹⁴ kanker bij brandweermensen¹⁵

Kankersoort	Lemasters ¹⁶ (2006)	Glass ¹⁷ (2014)	Pukkala (2014)	Daniels (2014)	Daniels ¹⁸ (2015)	Ahn (2012)
Alle vormen	1,05 (25 studies)	1,08 (N=1208)	1,06 (N=2536)	1,09 (N=4461)	0,96 (N=2609)	0,97 (N=446)
Melanoom	0,67 (2 studies)	1,45 (N=209)	1,25 (N=109)	0,72 (N=32)	-	-
Testis	2,02 (4 studies)	1,44 (N=31)	0,51 (N=9)	0,75 (N=15)	-	-
Prostaat	1,28 (13 studies)	1,23 (N=325)	1,13 (N=660)	1,03 (N=1261)	0,90 (N=832)	1,32 (N=9)
Mesothelioom	1,03 ¹⁹ (19 studies)	1,33 (N=11)	1,55 (N=17)	2,29 (N=35)	1,05 (N=382)	-
Blaas	1,20 (11 studies)	0,85 (N=23)	1,11 (N=194)	1,12 (N=316)	1,01 (N=172)	1,60 (N=17)
Non-hodgkin	1,51 (8 studies)	0,98 (N=6)	1,04 (N=82)	0,99 (N=170)	1,07 (N=92)	1,69 (N=18)

N-waarden zijn de absolute aantallen van mensen met kanker in genoemde studies. Cursieve waarden zijn **geen** significante incidentieratio's.

¹⁴ Bouter, L.M., van Dongen, M.C.J.M. en Zielhuis, G.A. (2008). Epidemiologisch onderzoek. Opzet en Interpretatie. 5e herziene druk Bohn, Stafleu van Loghem, Houten.

¹⁵ Bij een incidentie van 1,00 is het aantal gevallen onder brandweermensen gelijk aan het aantal gevallen van de gehele populatie. Lager dan 1,00 geeft aan dat de kans voor de betreffende populatie lager is en hoger dan 1,00 geeft een hoger kans voor die populatie aan.

¹⁶ Dit is een meta-analyse en het aantal studies is genoemd waarop de meta-analyse is gebaseerd.

¹⁷ Voor mannelijke beroepsbrandweermensen.

¹⁸ Op basis van blootstellingsduur aan brandbestrijdingsactiviteiten.

¹⁹ Gebaseerd op longkanker.

Hoewel sommige incidentieratio's significant zijn, zijn in veel van de significante gevallen de absolute aantallen zo klein dat één kanker geval meer of minder al een groot verschil uitmaakt op de incidentieratio. Hierdoor kan de conclusie dat de kans op kanker onder brandweerpersoneel al dan niet verhoogd is ten opzichte van de rest van de bevolking niet worden getrokken.

Hoewel er in meerdere studies wel een verband lijkt te bestaan tussen brandbestrijdingsactiviteiten en het krijgen van kanker zijn de aantallen kanker gevallen relatief klein ten opzichte van de totale onderzoekspopulatie. Duidelijke oorzakelijke conclusies kunnen daarom niet worden getrokken. In een recente studie van Daniels e.a. (2015) door NIOSH²⁰ wordt daarop nogmaals gewezen. Bovendien hebben volgens Daniels e.a. (2015) andere onderzoekers geen van alle rekening gehouden met de blootstellingsduur. In hun recente studie hebben zij dat wel onderzocht en er bleek een effect te zijn voor sommige vormen van kanker (longkanker en leukemie). Er gaan volgens hen meer brandweermensen dood als gevolg van deze twee vormen van kanker. Alleen van longkanker is daarnaast ook de incidentie hoger onder brandweerpersoneel. Op basis van blootstellingsduur zien zij geen verhoogde kans op andere vormen van kanker. Verder geven zij aan dat er een verband lijkt te bestaan tussen het brandweervak en het krijgen van kanker, maar zij geven daarbij aan dat voorzichtig moet worden omgegaan met deze conclusie, omdat er te weinig data zijn om brandbestrijdingsactiviteiten als enige factor aan te wijzen. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft vijf jaar geleden (IARC, 2010) geconcludeerd dat op basis van de beschikbare kennis er een beperkt bewijs is dat beroepsmatige blootstelling van brandweerpersoneel aan gevaarlijke stoffen tot kanker kan leiden. Op basis daarvan heeft de WHO beroepsmatige blootstelling van brandweermensen als mogelijk kankerverwekkend geclassificeerd (klasse 2B, zie ook tabel V).

Tabel V Internationale classificatie van carcinogeniteit voor mensen door de IARC

Group 1	Carcinogenic to humans
Group 2A	Probably carcinogenic to humans
Group 2B	Possibly carcinogenic to humans
Group 3	Not classifiable as to its carcinogenicity to humans
Group 4	Probably not carcinogenic to humans

De wetenschappelijke literatuur voor de meest genoemde vormen van kanker bij de brandweer wordt hieronder besproken. De belangrijkste studies (Lemasters e.a., 2006; Daniels, e.a., 2014; Daniels e.a., 2015; Glass e.a., 2014; Pukkala e.a., 2014; McGegor, D.B. 2005, 2007 a, b, c; Ahn e.a., 2012; Stang e.a. 2003) die een zo compleet mogelijk geografisch beeld schetsen en die recentelijk verschenen zijn in Amerika, Australië, Europa en Azië. Om een beeld te vormen om hoeveel specifieke kanker gevallen het gaat is op basis van cijfers van de Nederlandse bevolking aangegeven hoeveel brandweermensen die specifieke vormen van kanker zouden krijgen als er geen verschil zou zijn in risicofactoren. Hierbij is uitgegaan van de totale repressieve brandweerpopulatie van 25000 mensen (CBS, 2014).

Er lijkt een trend waar te nemen dat de eerder genoemde vormen van kanker vaker voorkomen bij brandweermensen, maar in de wetenschappelijke studies is de conclusie dat zuiver bewijs ontbreekt voor kanker bij de brandweer als gevolg van beroepsmatige factoren. Om dit voor de Nederlandse brandweer feitelijk te onderbouwen zijn naast statistieken van de doelgroep ook vervolgstudies noodzakelijk.

²⁰ NIOSH is National Institute of Occupational safety and Health, Atlanta USA

5.2.1 Huidkanker (melanoom)

Huidkanker komt in Nederland, gemeten onder alle inwoners, ruim 15000 keer per jaar voor (www.cijfersoverkanker.nl). Dat zou betekenen dat er onder brandweerpersoneel ongeveer 22 gevallen per jaar zijn als de incidentie voor brandweerpersoneel gelijk zou zijn aan die van de rest van de bevolking.

Glass e.a. (2014) in Australië en Lemasters e.a. (2006 in de VS) vonden een hogere incidentie voor huidkanker onder brandweerpersoneel in vergelijking met de rest van de bevolking. Ook Pukkala (2014) vond een verhoogde incidentie voor huidkanker onder brandweerpersoneel in de Scandinavische landen. Daniels (2014, 2015) en Ahn e.a. (2012) noemen deze vorm van kanker niet in hun studie.

5.2.2 Blaaskanker

Blaaskanker wordt in Nederland ruim 3000 keer ontdekt (www.cijfersoverkanker.nl). Het komt ca. 4 keer vaker voor bij mannen dan bij vrouwen. Aangezien de brandweerpopulatie voornamelijk uit mannen bestaat zal deze vorm van kanker derhalve ook vaker voorkomen onder brandweermensen in vergelijking met de gehele populatie. Als de incidentie dus niet verschillend zou zijn krijgen 4 brandweermensen per jaar blaaskanker. Van belang is te weten dat roken de belangrijkste oorzakelijke factor is voor blaaskanker.

In de Australische studie (Glass e.a., 2014) is geen toename te zien van blaaskanker onder brandweerpersoneel. In de VS is door Lemasters e.a. (2006) wel een hogere blaaskankerincidentie gevonden, maar Daniels e.a. (2014; 2015) bevestigen dat beeld weer niet. Pukkala e.a. (2014) vonden in de Scandinavische studie wel een toename van blaaskanker onder brandweermensen. Ahn e.a. (2012) vonden dat vooral blaaskanker meer voorkwam onder de Koreaanse brandweermensen.

5.2.3 Testiskanker

Per jaar komen er nu in Nederland ca. 800 nieuwe gevallen van testiskanker voor onder de gehele bevolking (www.cijfersoverkanker.nl). Dat betekent voor de brandweerpopulatie 1 nieuw geval per jaar.

Glass e.a. (2014) vonden geen significante verschillen tussen (beroeps)brandweerpersoneel en de rest van de mannelijke bevolking voor testiskanker. Ook Pukkala e.a. (2014) vonden geen toename in testiskanker in de Scandinavische populatie brandweermensen. Lemasters e.a. (2007) concludeerden dat testiskanker waarschijnlijk is voor brandweerpersoneel, omdat zij een sterk verhoogde incidentie voor deze vorm van kanker vonden onder brandweerpersoneel in hun meta-analyse. Ahn e.a. (2012) noemen deze vorm van kanker niet in hun studie.

5.2.4 Prostaatkanker

Onder alle inwoners van Nederland worden ca. 11000 nieuwe gevallen per jaar (www.cijfersoverkanker.nl) genoteerd. Dat betekent voor brandweerpersoneel 15 nieuwe gevallen per jaar.

In de Australische studie van Glass e.a. (2014) is er een significante toename in prostaatkanker te zien onder beroepsbrandweermensen in vergelijking met de gehele Australische populatie. Ook Pukkala e.a. (2014) zagen een verhoogde incidentie voor prostaatkanker onder brandweerpersoneel in de Scandinavische landen. Zeegers e.a. (2004) zagen juist een lagere (niet-significante) incidentie van prostaatkanker onder brandweermensen in Nederland. Ook Lemasters (2006) vond een verhoogde incidentie van prostaatkanker onder brandweerpersoneel in hun meta-analyse terwijl Daniels e.a. (2014) juist een lagere incidentie voor prostaatkanker vindt. Ahn e.a. (2012) zien in Zuid-Korea een hogere incidentie van prostaatkanker, maar de aantallen zijn zeer klein en dus zijn eigenlijk (nog) geen conclusies te trekken.

5.2.5 Longvlieskanker (mesotheliom)

Ca. 550 nieuwe gevallen per jaar (www.cijfersoverkanker.nl) onder de gehele Nederlandse populatie. Dat betekent voor brandweerpersoneel 1 nieuw geval per jaar.

In Australië was de incidentie voor mesotheliom hoger voor brandweerpersoneel dat korter dan 10 jaar in dienst was maar de brandweerpopulatie week niet significant af van de gehele Australische populatie (Glass e.a. 2014). Pukkala e.a. (2014) hadden maar heel weinig gevallen van mesotheliom in hun brandweerpopulatie en zodoende zijn uitspraken over deze vorm van kanker niet mogelijk. Daniels e.a. (2015) zien een verhoogde kans op mesotheliom als blootstellingsduur aan de kankerverwekkende stof als factor mee wordt genomen. Ahn e.a. (2012) noemen deze vorm van kanker niet in hun studie.

5.2.6 Non-hodgkin

In Nederland kent non-hodgkin ongeveer 4000 nieuwe gevallen per jaar onder de totale populatie (www.cijfersoverkanker.nl). Dat betekent voor brandweerpersoneel 6 nieuwe gevallen per jaar.

Soms wordt ook non-hodgkin (lymfeklierkanker) genoemd in de studies, maar eigenlijk laat alleen de studie van Lemasters e.a. (2006) een duidelijk verhoogde incidentie van deze vorm van kanker zien. Pukkala e.a. (2014) zien ook een lichte verhoging, maar die is volledig toe te schrijven aan brandweermensen van boven de 70 jaar. De aantallen brandweermensen met non-hodgkin zijn over het algemeen klein. Ook Ahn e.a. (2012) zien een verhoging onder de Zuid-Koreaanse brandweermensen, maar ook zij merken op dat de aantallen te laag zijn om harde conclusies te trekken. Glass e.a. (2014) en Daniels e.a. (2015) zien in respectievelijk Australië en de VS geen hogere incidentie voor non-hodgkin onder brandweermensen.

6 Discussie

Gezien de opdrachtformulering en de doorlooptijd is alleen gekeken naar de blootstelling aan gevaarlijke stoffen als gevolg van brandbestrijdingsactiviteiten. Er is niet gekeken of andere taken (o.a. THV, IBGS en duiken) ook blootstelling aan kankerverwekkende factoren tot gevolg hebben die mogelijk leiden tot een hogere kankerincidentie onder brandweerpersoneel.

Hoewel er in de wetenschappelijke literatuur een statistische trend is waar te nemen dat voor sommige vormen van kanker de incidentie hoger is vergeleken met de totale populatie zijn er geen causale verbanden tussen blootstelling aan rook en het krijgen van kanker onder brandweermensen. Toch heeft de WHO in tegenstelling tot het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten (NCVB) 5 jaar geleden (IARC, 2010) beroepsmatige blootstelling van brandweermensen als mogelijk kankerverwekkend geclassificeerd. Het NCVB concludeert in haar meest recente studie (v.d. Molen e.a., 2015) wel dat in buitenlandse onderzoeken licht verhoogde incidenties en sterftcijfers onder brandweerpersoneel te zien zijn, maar dat nog te veel onduidelijk is wat betreft het type kanker en aard van de risicovolle blootstelling. Verder ontbreken gegevens over kanker en sterfte als gevolg van kanker van brandweerpersoneel. Omdat niet onomstotelijk vast te stellen is dat kanker bij brandweerpersoneel een ziekte is die toe te schrijven is aan blootstelling op het werk (Verbeek e.a., 2012) wordt kanker nu mogelijk nog niet als beroepsziekte aangemerkt door het NCVB. Ondanks dat het NCVB heeft gesignaleerd dat in buitenlandse onderzoeken licht verhoogde incidenties en sterftcijfers onder brandweerpersoneel te zien zijn, is dit niet verder opgepakt. Om hierover in de toekomst meer duidelijkheid te krijgen is het van belang dat er vanaf nu eenduidige gezondheidsregistratie van brandweerpersoneel plaatsvindt.

Volgens de Arbowet zijn werkgevers verplicht het werken met kankerverwekkende stoffen bij te houden en te registreren, Het is het heel lastig om hier bij brandweeractiviteiten aan vast te houden, want in tegenstelling tot werknemers die beroepsmatig met (bekende) kankerverwekkende stoffen werken weet men bij de brandweer vooraf niet aan welke stoffen en hoe lang men wordt blootgesteld. Dat gegeven maakt het ook lastig om aan te tonen dat brandweermensen (ondanks de nodige voorzorgsmaatregelen) al dan niet kanker kunnen ontwikkelen na blootstelling aan carcinogene stoffen. Tot op heden houdt de brandweer ook geen registraties bij van blootstelling aan kankerverwekkende stoffen.

Daarnaast is aantonen van de aanwezigheid van kankerverwekkende stoffen alleen niet voldoende. Het gaat erom te weten hoe groot de concentraties zijn, de hoeveelheid die op en in de uitrusting van de mens aanwezig is en de fractie die eventueel door het menselijk lichaam wordt opgenomen en vervolgens via de natuurlijke weg weer wordt uitgescheiden. Het deel dat in het lichaam achterblijft, is een potentieel risico om kanker te kunnen ontwikkelen. Aangezien dergelijke studies niet zijn uitgevoerd, kan voor de Nederlandse situatie de conclusie dat de aanwezigheid van kankerverwekkende stoffen tot een verhoogde kans op het krijgen van kanker bij brandweelieden leidt niet worden getrokken.

Daniels e.a. (2015) geven verder aan dat blootstellingduur aan schadelijke stoffen een belangrijke factor is, maar in de meeste studies niet is meegenomen, omdat die gegevens ontbreken. In hun studie blijkt dat wanneer daar naar wordt gekeken er alleen een licht verhoogde incidentie voor longkanker wordt gevonden.

Omdat inmiddels wel duidelijk is dat er kankerverwekkende stoffen in rook zitten is het van belang blootstelling aan deze stoffen zoveel mogelijk te beperken. Dat wil zeggen dat tijdens de werkzaamheden toereikende beschermingsmiddelen moeten worden gedragen, maar ook dat de blootgestelde middelen gereinigd dienen te worden. Dit is op basis van 'best practices' beschreven door (Magnusson en Hartlund, 2014) en staat bekend als het Skellefteå model. Ook zijn er in Nederland diverse initiatieven gestart om in navolging van het Zweedse model schoon te werken, die onder leiding van een door Brandweer Nederland ingestelde projectgroep tot uniforme richtlijnen moeten leiden.

7 Conclusies

De hoofdvraag of er factoren zijn onder brandweermensen die tot kanker kunnen leiden kan positief worden geantwoord. Deze factoren zijn o.a.:

- lifestyle factoren,
- verstoring van het bioritme,
- blootstelling aan gevaarlijke stoffen.

Conclusies ten aanzien van de subvragen van dit onderzoek worden hieronder gegeven.

De focus in deze studie lag op verdieping van de blootstelling aan gevaarlijke stoffen die vrijkomen bij branden. Bij brand komen tal van kankerverwekkende stoffen vrij waaraan Nederlands brandweerpersoneel bij de brandbestrijding mogelijk blootgesteld wordt. De belangrijkste stoffen zijn:

- benzeen,
- toluen,
- ethylbenzeen,
- xylenen,
- styreen,
- alifaten,
- fenolen,
- aldehyden,
- ketonen,
- poly-aromatische koolwaterstoffen,
- dioxinen,
- fijn stof, en
- (zware) metalen.

Wanneer geen afdoende maatregelen worden genomen kan direct contact met deze stoffen door inademing, opname via het spijsverteringskanaal en in sommige gevallen door de huid mogelijk kanker tot gevolg hebben. Het is daarom belangrijk adembeschermingsmiddelen en beschermende kleding te dragen die in het algemeen zorgen voor primaire bescherming tegen deze stoffen.

Kritische plaatsen in de beschermende uitrusting zijn de aansluitingen van de verschillende beschermingsmiddelen en de nekflap en/of balaclava, omdat daar direct contact mogelijk is tussen de huid en de gevaarlijke stoffen als gevolg van de openingen in de kleding en de dunnere beschermende textiellaag van de balaclava of het dragen van onvoldoende gereinigde PBM's die in contact met de huid zijn.

Secundaire besmetting kan plaatsvinden door blootstelling aan verontreinigde middelen. Het is daarom belangrijk om ook voldoende beschermd te zijn tijdens reiniging van de verontreinigde (beschermings)middelen.

Als gevolg van blootstelling aan genoemde kankerverwekkende stoffen is er een statistische trend dat de volgende vormen van kanker bij brandweermensen vaker voor lijken te komen:

- huidkanker,
- blaaskanker,
- teelbalkanker (ook wel testiskanker),

- prostaatkanker,
- longkanker (vooral mesothelioom),
- non-hodgkin.

Toch is het niet zo dat op basis van de beschikbare literatuur een causaal verband kan worden gelegd op een verhoogde kans op het krijgen van (deze vormen van) kanker bij de brandweer als gevolg van blootstelling aan kankerverwekkende stoffen, omdat onduidelijk is hoeveel van deze stoffen door het lichaam worden opgenomen en/of eventuele opname ook leidt tot het ontwikkelen van kanker. Wel is er een verhoogd risico bij brandweermensen, omdat ze in aanraking kunnen komen met kankerverwekkende stoffen tijdens de uitoefening van hun beroep. Het is daarom van belang zoveel mogelijk de blootstelling aan deze stoffen te beperken.

In deze studie is de nadruk gelegd op blootstelling aan schadelijke stoffen in rook als risico op het krijgen van kanker. Andere factoren zoals lifestyle, verstoring van het bioritme en blootstelling aan andere carcinogenen zijn daarom verder buiten beschouwing gelaten.

Referenties

- Alexander, B.M. en Baxter, C.S. (2014). Case Study. Plasticizer Contamination of Firefighter Personal Protective Clothing – A Potential Factor in Increased Health Risks in Firefighters, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 11, D43–D48.
- Ahn, Y-S, Jeong, K-S, Kim, K-S (2012). Cancer Morbidity of Professional Emergency Responders in Korea, *AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE* 55, 768–778.
- Bouter, L.M., van Dongen, M.C.J.M. en Zielhuis, G.A. (2008). Epidemiologisch onderzoek. Opzet en Interpretatie. 5^e herziene druk Bohn, Stafleu van Loghem, Houten.
- Brandweerstatistiek 2013. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen, 2014, ISBN 978-90-357-1989-7.
- CBS (2014). Brandweerstatistiek 2013. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen, 2014.
- Daniels R.D., Kubale T.L., Yiin J.H., Dahm, M.M., Hales, T.R., Baris, D., Zahm, S.H., Beaumont, J.J., Waters, K.M. en Pinkerton, L.E. (2014). Mortality and cancer incidence in a pooled cohort of US firefighters from San Francisco, Chicago and Philadelphia (1950-2009). *Occup Environ Med* 71, 388-397.
- Daniels R.D., Bertke, S., Dahm, M.M., Yiin, J.H., Kubale T.L., Hales, T.R., Baris, D., Zahm, S.H., Beaumont, J.J., Waters, K.M. en Pinkerton, L.E. (2015). Exposure–response relationships for select cancer and non-cancer health outcomes in a cohort of US firefighters from San Francisco, Chicago and Philadelphia (1950–2009), *Occup Environ Med*, epub.
- Davis, S. en Mirrick, D.K. (2006). Circadian disruption, shift work and the risk of cancer: a summary of the evidence and studies in Seattle, *Cancer Causes Control* 17, 539–545.
- Europese Richtlijn 2013/35/EU (2013). RICHTLIJN 2013/35/EU VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 26 juni 2013 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden) (twintigste bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG) en tot intrekking van Richtlijn 2004/40/EG
- Fabian, T., Borgerson, J.L., Kerber, S.I., Gandhi, P.D., Baxter, C.S., Ross, C.S., Lockey J.E. & Dalton, J.M. (2010). *FIREFIGHTER EXPOSURE TO SMOKE PARTICULATES*; Final Report. Underwriters Laboratories Inc.
- Fent, K.W., Eisenberg, J., Snawder, J., Sammons, D., Pleil, J.D., Stiegel, M.A., Mueller, C.1, Horn, G.P. en Dalton, J. (2014). Systemic Exposure to PAHs and Benzene in Firefighters Suppressing Controlled Structure Fires, *Ann. Occup. Hyg.*, 58(7), 830–845.
- Garrity, T.J. (1998). DOES EXPOSURE TO DIESEL EMISSIONS INCREASE CANCER MORTALITY RISK FOR PHILADELPHIA FIREFIGHTERS? Report, An applied research project submitted to the National Fire Academy as part of the Executive Fire officer program.
- Glass, D., Sim, M., Pircher, S., Del Monaco, A. Dimitriadis, C. en Miosge, J. (2014). Final Report Australian Firefighters' Health Study, Monash Centre for Occupational and Environmental Health (MonCOEH) School of Public Health & Preventive Medicine Department of Epidemiology & Preventive Medicine The Alfred Centre, Melbourne, Australia.
- Greven, F.E., Rooyackers, J.M., Kerstjens, H.A.M. en Heederik, D.J. (2011). Respiratory symptoms in firefighters, *American Journal of Industrial Medicine* 54, 350-355.

- Greven, F, E (2011). Respiratory effects of fire smoke exposure in firefighters and the general population. Proefschrift, Utrecht.
- Greven (2015). Persoonlijke mededeling.
- Guidotti, T.L. (1995). Occupational mortality among firefighters: assessing the association. *J Occup. Environ Med* 37(12), 1348-1356
- Hollands midden (2015). Adequaat preventief optreden. Het voorkomen van kanker als beroepsziekte voor de brandweerman.
- International Agency for Research on Cancer (2010). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Painting, Firefighting, and Shiftwork. Lyon, France: World Health Organization.
- KCAV (2015). notitie Vervolgstappen gezond en veilig werken bij de brandweer.
- Kirk, K.M. en Logan, M.B. (2015). Firefighting Instructors' Exposures to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons During Live Fire Training Scenarios, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 12, 227–234.
- Laan, G. van der (2014). Kanker bij brandweerlieden. Literatuuronderzoek Kanker bij brandweerlieden. Gert van der Laan, klinisch arbeidsgeneeskundige, Nederlands Centrum voor Beroepsziekten. November 2014.
- Laitinen, J.A., Koponen, J., Koikkalainen, J. & Kiviranta, H. (2014). Firefighters' exposure to perfluoroalkyl acids and 2-butoxyethanol present in firefighting foams, *Toxicology Letters* 231, 227–232.
- LeMasters, G.K., Genaidy, A.M., Succop, P., Deddens, J. Sobeih, T., Barriera-Viruet, H., Dunning, K. en Lockey, J. (2006). Cancer Risk Among Firefighters: A Review and Meta-analysis of 32 Studies, *Occup Environ Med.*, 48, 1189–1202.
- Magnusson, S en Hultman, D. (2014). Healthy firefighters – the Skellefteå Model improves the work environment. Swedish Civil Contingencies Agency (MSB). ISBN: 978-91-7383-480-3
- McGregor, M.D. (2005). Risk of Urinary Bladder Tumours in Firemen. Studies and research Projects Report R-401, IRSST, Quebec Canada.
- McGregor, M.D. (2007a). Risk of Cancer of the Colon and Rectum in Firemen. Studies and research Projects Report R-516, IRSST, Quebec Canada.
- McGregor, M.D. (2007b). Risk of Multiple Myeloma and Cancers of the Respiratory System, Oesophagus, Stomach, Pancreas, Prostate, Testes and Skin in Firemen. Studies and research Projects Report R-522, IRSST, Quebec Canada.
- McGregor, M.D. (2007c). Risk of Leukaemia in Firemen. Studies and research Projects Report R-518, IRSST, Quebec Canada.
- Megdal, S.P., Kroenke, C.H., Laden, F., Pukkala, E. en Schernhammer, E.S. (2005). Night work and breast cancer risk: A systematic review and meta-analysis, *European Journal of Cancer* 41, 2023–2032.
- Mennen, M,G. en van Belle, N.J.C. (2007). Emissies van schadelijke stoffen bij branden. RIVM Rapport 609021051/2007, Bilthoven.
- Milham, S. (2009). Most cancer in firefighters is due to radio-frequency radiation exposure not inhaled carcinogens, *Medical Hypotheses* 73(5), 788-789.
- Pukkala, E., Martinsen, J.I., Weiderpass, E, Kjaerheim, K., Lynge, E., Tryggvadottir, L., Sparén, P. en Demers, P.A. (2014). Cancer incidence among firefighters: 45 years of follow-up in five Nordic countries, *Occup Environ Med.* 71(6), 398-404.
- Shaw, S.D., Berger, M.L., Harris, J.H., Yun, S.H., Wu, Q., Liao, C., Blum, A., Stefani, A., and Kannan, K. (2013). Persistent organic pollutants including polychlorinated and polybrominated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in firefighters from northern California. *Chemosphere* 91, 1386-1394.
- Stang, A, Jöckel, K-H., Baumgardt-Elms, C. en Wolfgang Ahrens (2003). Firefighting and risk of testicular cancer: Results from a German population-based case-control study, *43(3)*, 291–294.

- Verbeek, J. (2012). When Work is Related to Disease, What Establishes Evidence for a Causal Relation? *Saf Health Work*. 2012 Jun;3(2):110-116.
- Verminck, T. (2104). "BRANDWEERMANNEN STERVEN JONGER". Presentatie gehouden op het Brandweerforum van het Ministerie van Binnenlandse zaken (IBZ) op 10 december 2014 in Brussel.
- Weges, J. (2015). Persoonlijke mededeling.
- Wilkinson, M.L., Brown, A.L, Poston, W.S.C., Haddock, C.K., Jahnke, S.A. en Day, R.S. (2014). Physician Weight Recommendations for Overweight and Obese Firefighters, United States, 2011–2012, *Prev Chronic Dis* 2014, 11, 1-9.
- Zeegers, M.P.A., Friesema, I.H.M., Goldbohm, R.A. en Brandt, P.A. van den (2004). A Prospective Study of Occupation and Prostate Cancer Risk, *J Occup Environ Med.*, 46, 271–279.