



---

# Schadelijke stoffen bij branden in relatie tot zuivel

Factsheets en handelingsperspectieven

E.D. van Asselt, M.Y. Noordam



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



---

# Schadelijke stoffen bij branden in relatie tot zuivel

Factsheets en handelingsperspectieven

E.D. van Asselt, M.Y. Noordam

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Food Safety Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research in opdracht van en gefinancierd door de Nederlandse ZuivelOrganisatie (NZO).

Wageningen, augustus 2019

---

WFSR-rapport 2019.010

---

van Asselt, E.D., Noordam, M.Y., 2019. *Schadelijke stoffen bij branden in relatie tot zuivel; Factsheets en handelingsperspectieven*. Wageningen, Wageningen Food Safety Research, WFSR-rapport 2019.010. 38 blz.; 0 fig.; 13 tab.; 68 ref.

Projectnummer: 1297376001

BAS-code:

Projecttitel: Factsheets branden

Projectleider: Esther van Asselt

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/496203> of op <http://www.wur.nl/food-safety-research> (onder WFSR publicaties).

© 2019 Wageningen Food Safety Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research. Hierna te noemen WFSR.

Het is de opdrachtgever toegestaan dit rapport integraal openbaar te maken en ter inzage te geven aan derden. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het WFSR is het niet toegestaan:

- a. *dit door WFSR uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;*
- b. *dit door WFSR uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of WFSR, geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin;*
- c. *de naam van WFSR te gebruiken in andere zin dan als auteur van dit rapport.*

Postbus 230, 6700 AE Wageningen, T 0317 48 02 56, E [info.wfsr@wur.nl](mailto:info.wfsr@wur.nl), [www.wur.nl/food-safety-research](http://www.wur.nl/food-safety-research). WFSR is onderdeel van Wageningen University & Research.

WFSR aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

WFSR-rapport 2019.010

Verzendlijst:

- Jacques Stark, NZO
- Ruben de Vries, NZO

---

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
	<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methoden</b>	<b>10</b>
	2.1 Plan van aanpak	10
	2.2 Geraadpleegde literatuur	10
	2.3 Monitoringsgegevens	10
<b>3</b>	<b>Factsheets</b>	<b>11</b>
	3.1 Relevante types brand	11
	3.1.1 Conclusies relevante types brand	12
	3.2 Organisaties betrokken bij een brand	13
	3.3 Wettelijke limieten in melk en diervoeders	14
	3.4 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)	16
	3.4.1 Introductie	16
	3.4.2 Mogelijke verspreiding naar water en weidegrond	16
	3.4.3 Mogelijke overdracht naar melk	17
	3.4.4 Achtergrondconcentraties in melk	17
	3.5 Dioxinen en polychloorbifenylen (PCB's)	17
	3.5.1 Introductie	17
	3.5.2 Mogelijke verspreiding naar water en weidegrond	18
	3.5.3 Mogelijke overdracht naar melk	20
	3.5.4 Achtergrondconcentraties in melk	21
	3.6 Zware metalen	22
	3.6.1 Introductie	22
	3.6.2 Mogelijke verspreiding naar water en weidegrond	23
	3.6.3 Mogelijke overdracht naar melk	24
	3.6.4 Achtergrondconcentraties in melk	24
	3.7 Gebromeerde verbindingen	25
	3.7.1 Introductie	25
	3.7.2 Mogelijke verspreiding naar water en weidegrond	25
	3.7.3 Mogelijke overdracht naar melk	25
	3.7.4 Achtergrondconcentraties in melk	26
	3.8 Perfluorverbindingen	26
	3.8.1 Introductie	26
	3.8.2 Mogelijke verspreiding naar water en weidegrond	26
	3.8.3 Mogelijke overdracht naar melk	27
	3.8.4 Achtergrondconcentraties in melk	27
	3.9 Overige stoffen die vrij kunnen komen bij een brand	28
<b>4</b>	<b>Handelingsperspectieven melkveehouders en zuivelondernemingen</b>	<b>29</b>
	4.1 Handelingsperspectieven melkveehouders	29
	4.2 Handelingsperspectieven zuivelondernemingen	30
<b>5</b>	<b>Dankwoord</b>	<b>31</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>32</b>

---

<b>Bijlage 1</b>	<b>Afkortingen en definities</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Deelnemende instituten Crisis Expert Team milieu- en drinkwater (CETmd)</b>	<b>37</b>

---

# Samenvatting

Branden komen regelmatig voor en kunnen dus ook voorkomen in de buurt van een melkveebedrijf. Het is zowel voor de melkveehouder als de zuivelonderneming die de melk ophaalt bij het bedrijf van belang te weten welke acties ondernomen kunnen worden om voedselveiligheidsproblemen als gevolg van een brand te voorkomen. Het doel van dit onderzoek was het opstellen van informatieve factsheets op basis waarvan melkveehouders en zuivelondernemingen kunnen handelen om de veiligheid van melk(producten) te kunnen borgen.

Tijdens een brand kan een breed scala aan stoffen vrijkomen. Op basis van beschikbare kennis over branden is er een overzicht gemaakt van de stoffen die voor de zuivel van belang zijn. Bij vrijwel elke brand komen Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's) vrij. Deze dragen echter niet of nauwelijks over naar de melk. Dioxinen kunnen vrijkomen indien er bij de brand chloorhoudende verbindingen aanwezig zijn zoals bij de verbranding van pvc, additieven in kunststoffen, elektrische apparaten, polychloorbifenyyl(PCB)-bevattende verven/coatings en PCB-oliën (b.v. aanwezig in oude transformatoren), oplosmiddelen en bestrijdingsmiddelen met chloorhoudende verbindingen en hout geïmpregneerd met chloorfenolen. Dioxinen worden door de koe opgenomen en kunnen via de melk worden uitgescheiden. Voor zuivel zijn dioxinen daarom de belangrijkste stoffen die vrij kunnen komen bij een brand. Gebromeerde vlamvertragers worden toegepast in industriële en consumentenproducten zoals meubels, stoffering, kleding, elektronica en auto's. Indien deze componenten bij een brand betrokken zijn, kunnen gebromeerde dioxinen gevormd die vergelijkbare eigenschappen hebben als gechloreerde dioxinen. Daarnaast kunnen zware metalen zoals lood, zink, koper en cadmium vrijkomen tijdens een brand. Deze hopen zich met name op in de lever en nier van de koe en worden nauwelijks via de melk uitgescheiden. Perfluorverbindingen kunnen soms nog in blusschuim aanwezig zijn en via slotwater de weidegrond en drinkwater van de koeien besmetten. Sommige perfluorverbindingen worden via de melk uitgescheiden.

Naast stoffen die voor de zuivel van belang zijn, kunnen er ook stoffen vrijkomen die schadelijk zijn voor de melkveehouder zelf. Zo kan asbest vrijkomen indien gebouwen van voor 1993 in brand staan die asbesthoudende materialen (zoals golfplaten en dakbeschot) bevatten. Een eenmalige blootstelling aan asbest levert echter niet direct een gevaar op voor de volksgezondheid. Bij accubranden kunnen schadelijke stoffen zoals fluoridegas en zoutzuur vrijkomen. Deze stoffen zijn zeer schadelijk voor de volksgezondheid en acties zijn dan ook nodig om blootstelling te voorkomen.

Op basis van de informatie die verzameld is over de relevante stoffen die vrijkomen bij een brand zijn er handelingsperspectieven opgesteld voor zowel de zuivelonderneming als de melkveehouder. Aanbevolen wordt om in de koude fase (voordat een brand uitbreekt) te inventariseren welk type bedrijven zich in de nabijheid van het boerenbedrijf bevinden, zodat ingeschat kan worden welke stoffen er bij een brand kunnen vrijkomen. Ten tijde van een brand, moeten in eerste instantie de adviezen van de betrokken instanties worden opgevolgd. Verder geldt als leidraad dat als de brand plaatsvindt binnen 3 km van een benedenwinds gelegen melkveebedrijf, het raadzaam is om de koeien op stal te zetten en kuilvoer af te dekken. Dit geldt vooral wanneer er een vermoeden is van dioxinevorming. In overleg met de zuivelonderneming kan besloten worden de melk apart op te halen en analyses uit te voeren op de melk en/of het gras. Handelingsperspectieven voor zowel de melkveehouder als de zuivelonderneming zijn in dit rapport opgenomen.





---

# Summary

Fires occur regularly and can occur near a dairy farm. It is important for both the dairy farmer and the dairy company that collects the milk to know what actions can be taken to prevent food safety issues as a result of a fire. The aim of this research was to prepare informational fact sheets that can be used by dairy farmers and dairy companies to take measures to enhance the safety of milk (products).

A wide range of substances can be released during a fire. Based on the available knowledge about fires, an overview has been made of the substances that are relevant for the dairy supply chain. With almost any fire, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are released. However, these substances are hardly transferred to the milk. Dioxins can be released if chlorine-containing compounds are present during a fire, for example, when polyvinyl chloride (PVC), additives in plastics, electrical devices, polychlorinated biphenyl (PCB) containing paints/coatings, PCB oils (e.g. present in old transformers), solvents and pesticides with chlorine-containing compounds, or wood impregnated with chlorophenol are combusted. Dioxins are taken up by the cow and can be excreted via the milk. For the dairy supply chain, dioxins are thus the most relevant substances that may be released during a fire. Brominated flame retardants are used in industrial and consumer products such as furniture, upholstery, clothing, electronics, and cars. If these components are present in a fire, brominated dioxins may be formed that have characteristics similar to chlorinated dioxins. In addition, heavy metals such as lead, zinc, copper, and cadmium can be released during a fire. These primarily accumulate in the cow's liver and kidney and are hardly excreted via the milk. Perfluorinated compounds can sometimes still be present in firefighting foams and via ditchwater can contaminate the pasture and drinking water of cows. Some perfluors are excreted via milk.

Besides substances that are relevant for the dairy supply chain, there are also substances that may be released during a fire which are harmful to the dairy farmer. For example, asbestos may be released if buildings dated before 1993 contain asbestos-containing materials (such as corrugated sheets and roof boarding) catch fire. However, a single exposure to asbestos does not directly pose a danger to human health. When batteries are involved in a fire, harmful substances such as fluoride gas and hydrochloric acid can be released. These substances are very harmful to human health and measures are needed to prevent exposure.

Based on the information gathered regarding the relevant substances that can be released during a fire, courses of action are proposed for both the dairy company and the dairy farmer. In the cold phase (before a fire breaks out), it is recommended to inventorise the types of companies that surround the dairy farm so that it is possible to estimate which substances may be released during a fire. When a fire occurs, the instructions from the authorities concerned is the first thing that should be followed. Furthermore, the guideline is that if the fire is within 3 km of a downwind dairy farm, it is advisable to put the cows in the stable and to cover the silage. This is especially relevant when dioxin formation is suspected. In consultation with the dairy company, it can be decided to collect the milk separately and carry out analyses on the milk and/or the grass. Courses of action for both the dairy farmer and the dairy company are included in this report.



---

# 1 Introductie

Branden komen in Nederland regelmatig voor. De afgelopen vijf jaar waren er gemiddeld ca. 120.000 brandincidenten per jaar. In een derde van de gevallen wordt de brandweer gealarmeerd (CBS, 2019). Bij deze branden kunnen schadelijke stoffen vrijkomen die direct of indirect gevolgen kunnen hebben voor de volksgezondheid. Bij grote branden kan door overheden en hulporganisaties de Milieu Ongevallen Dienst (MOD) van het RIVM om ondersteuning worden gevraagd (Mennen and van Belle, 2007). Bij complexere branden kunnen rijksoverheid, veiligheidsregio's en drinkwaterbedrijven het Crisis Expert Team milieu- en drinkwater (CET-md) inschakelen voor advies.

Stoffen die vrijkomen bij een brand kunnen zich via de lucht verspreiden, waarna depositie kan plaatsvinden. Afhankelijk van de stoffen die neerslaan, kan dit gevolgen hebben voor de voedselveiligheid indien er gewassen op het land staan die bijna volgroeid zijn. Ook melk kan als gevolg van een brand verhoogde concentraties gevaarlijke stoffen bevatten, indien koeien besmet gras of kuilvoer eten of besmet water drinken. De eerste fase van een brand is cruciaal om voorzorgsmaatregelen te nemen die de besmetting van de melk kunnen voorkomen, zoals het op stal zetten van koeien en het afdekken van kuilvoer. In dit vroege stadium van een brand zijn adviezen vanuit de betrokken instanties echter niet altijd beschikbaar en voor een melkveehouder is het niet altijd duidelijk wanneer er actie nodig is.

In opdracht van de Nederlandse Zuivel Organisatie (NZO) is onderzocht welk typen branden er zijn en welke stoffen daarbij vrijkomen die voor de zuivel relevant zijn. Op basis daarvan kunnen handelingsperspectieven worden aangegeven. De focus van dit onderzoek was de voedselveiligheid van melk en de voederveiligheid in relatie tot melk. Indien er bij een brand gevaar is voor mens of dier zal dit via een NL alert worden aangegeven aan directbetrokkenen en wordt aangegeven welke acties er ondernomen dienen te worden. Dit aspect wordt daarom niet in dit rapport behandeld.

Het doel van dit onderzoek was het opstellen van informatieve factsheets op basis waarvan melkveehouders en zuivelondernemingen kunnen handelen om de veiligheid van melk(producten) te kunnen borgen. Volgens de Algemene Levensmiddelenverordening (EG) 178/2002 is de melkveehouder zelf verantwoordelijk voor het veilig produceren van (kuil)voer en voor het afleveren van voedselveilige melk. De zuivelonderneming is verantwoordelijk voor het op de markt brengen van veilige producten. Het is daarom van belang maatregelen te nemen bij een brand indien er een risico is op besmetting van diervoeder of melk(producten).

---

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Plan van aanpak

1. Allereerst is er een overzicht gemaakt van de schadelijke stoffen die vrijkomen bij de meest voorkomende typen branden. Tevens is een beschrijving gemaakt van achtergrondconcentraties en verspreiding van deze stoffen naar water en weidegrond. Er is hierbij gebruik gemaakt van beschikbare literatuur, openbare rapporten van de MOD/RIVM m.b.t. recente branden en expertkennis binnen CET-md.
2. Op basis van stap 1 werd onderzocht welke van deze stoffen relevant zijn voor voedselveiligheid. Hierbij is uitgegaan van chemische gevaren waarvoor wettelijke limieten in melk beschikbaar zijn en/of waarvoor bekend is dat ze kunnen worden aangetroffen in melk. Tevens werd een beschrijving gegeven van de mogelijke overdracht van deze stoffen naar rauwe melk en de gevolgen voor kuilvoer op basis van beschikbare literatuur en expertkennis.
3. De resultaten van stap 1 en 2 zijn verwerkt in factsheets voor kwaliteitsmanagers van zuivelondernemingen (sectie 3.4-3.9).
4. Op basis van de factsheets in hoofdstuk 3 zijn handelingsperspectieven opgesteld voor melkveehouders en zuivelondernemingen (hoofdstuk 4).
5. Dit rapport is vervolgens gereviewd door interne WFSR-experts en door een expert van RIVM, en vervolgens aangepast.

### 2.2 Geraadpleegde literatuur

Er is uitgegaan van het rapport van Mennen en van Belle (2007) over de stoffen die vrij kunnen komen bij een brand. Per relevante stofgroep is vervolgens recente literatuur gezocht over mogelijke verspreiding van de stoffen naar gras en water, en de overdracht van relevante stoffen door de melkkoe naar de melk. Hierbij is gebruik gemaakt van Google, Google Scholar en Scopus. Daarnaast is gebruik gemaakt van openbare MOD-rapporten. Er is ook specifiek naar literatuur gezocht over accubranden, branden met zonnepanelen en asbestbranden aangezien deze type branden niet zijn beschreven in het rapport van Mennen en van Belle (2007).

### 2.3 Monitoringsgegevens

De KAP-databank (<https://chemkap.rivm.nl>) werd gebruikt om een overzicht te krijgen van de gemiddelde en maximale concentraties stoffen die in melk gevonden werden over een periode van 10 jaar (2008-2017). De verkregen monitoringsgegevens waren afkomstig van WFSR, NVWA en COKZ. Voor dit rapport werden gegevens gebruikt voor zware metalen en PAK's. Voor dioxinen en vlamvertragers werden de WFSR-monitoringsgegevens gebruikt ([WFSR monitoringsdata](#)). Verder werd gebruik gemaakt van beschikbare literatuur waarin monitoringsgegevens voor zuivel zijn weergegeven voor Nederland en/of de EU.

---

## 3 Factsheets

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de stof(groep)en die bij een brand vrij kunnen komen en relevant zijn voor de zuivel, organisaties betrokken bij een brand en wettelijke limieten van schadelijke stoffen in melk. Verder is per relevante stof(groep) de mogelijke verspreiding naar water en weidegrond weergegeven, de mogelijke overdracht naar melk en huidige achtergrondconcentraties in melk<sup>1</sup>. Deze achtergrondconcentraties evenals de concentraties die na een brand in grasmonsters zijn gevonden, kunnen als referentiewaarden gebruikt worden ten tijde van een nieuwe brand.

### 3.1 Relevante types brand

Tijdens een brand kunnen verschillende schadelijke stoffen vrijkomen (Mennen and van Belle, 2007). Voor de zuivelproductie zijn niet alle stoffen die vrij kunnen komen bij een brand relevant, aangezien niet alle stoffen naar de melk worden overgedragen. Als gevolg hiervan richt dit rapport zich op: Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's), dioxinen, zware metalen en gebromeerde verbindingen, omdat deze kunnen vrijkomen bij een brand en in meer of mindere mate kunnen overdragen naar melk (zie secties 3.4-3.7). PAK's komen vrijwel altijd vrij bij een brand door onvolledige verbranding van materialen zoals hout, kunststoffen, brandstoffen of verf. Afhankelijk van de locatie van de brand en het type bedrijf of gebouw dat in brand staat, kunnen specifieke stoffen gevormd worden (Mennen and van Belle, 2007). Zo worden dioxinen alleen gevormd bij de verbranding van materialen waarin grote hoeveelheden van zowel chloorhoudende als koolstofhoudende materialen aanwezig zijn, zoals pvc, huishoudelijk of bedrijfsafval, PCB-houdende vloeistoffen/oliën/verven, elektrische apparaten, auto's, chloorhoudende bestrijdingsmiddelen en met chloorfenolen geïmpregneerd hout. De vorming is verder afhankelijk van de verbrandingstemperatuur en zuurstoftoevoer. Een temperatuur tussen de 200 en 500 °C is optimaal voor de vorming van dioxinen (Mennen et al., 2009); boven de 1000 °C worden dioxinen weer afgebroken (Mennen and van Belle, 2007). Indien zware metalen zijn aangetroffen na een brand gaat dit in de meeste gevallen om lood, zink, koper en titanium. Lood, zink en koper komen veel voor in de bouw; het kan bijvoorbeeld aanwezig zijn in dakbedekkingen (loodslabben, bladzink), waterleidingen en elektriciteitsdraad (koper). Titanium, lood en zink komen ook veel voor in verf (titaniumdioxide als witmaker) en kunststoffen (Mennen and van Belle, 2007). Bij de verbranding van producten die gebromeerde vlamvertragers bevatten kunnen HBr, gebromeerd benzeen en - onder slechte verbrandingscondities -ook gebromeerde dioxinen gevormd worden (en gemengd gebromeerde en gechloteerde dioxinen, dus stoffen met zowel broom als chlooratomen) (Altarawneh et al., 2019). Voor deze laatste verbindingen ontbreken normen in melk en voeders; de MOD laat ook (nog) geen metingen verrichten naar deze stoffen.

Naast stoffen die vrij kunnen komen bij een brand, behandelt dit rapport perfluorverbindingen (zie sectie 3.8), omdat deze in het bluswater aanwezig kunnen zijn en zo het sloot- en dus drinkwater van de koeien kunnen besmetten. Daarnaast wordt asbest besproken (sectie 3.9), omdat dit soms vrijkomt en hier door de melkveehouder en zuivelonderneming dan vragen over kunnen zijn. Bovendien worden accubranden en branden met zonnepanelen behandeld (sectie 3.9). Door de toename in gebruik van accu's en zonnepanelen komen dergelijke branden steeds vaker voor met mogelijke gevolgen voor de melkveehouder en zijn gezin.

Tabel 1 en 2 geven een overzicht van de voor de zuivel en melkveehouder relevante typen brand, materialen betrokken bij een brand, en de stoffen die per type brand vrij kunnen komen.

---

<sup>1</sup> Disclaimer: Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de informatie over stoffen die vrij kunnen komen bij een brand op basis van de kennis die op dit moment (mei 2019) beschikbaar is. Voor sommige stoffen is momenteel weinig informatie bekend over mogelijke overdracht naar de melk en/of toxiciteit van de stoffen. Indien er meer wetenschappelijke informatie beschikbaar komt, dient dit document herzien te worden.

**Tabel 1** Mogelijke gevaren voor zuivel en de melkveehouder per type brand

Type brand	Mogelijke gevaren	Sectie
Alle branden	PAK's	3.4
Bedrijven met chloorhoudende verbindingen	Dioxinen	3.5
Grote industrie, bedrijven met metaalopslag, bouw, afvalverwerking	Zware metalen	3.6
Alle branden (via bluswater)	Perfluorverbindingen	3.8
Accubranden	Fluoridegas, zoutzuur en andere verbindingen	3.9
Gebouwen (<1993) met asbesthoudend materiaal	Asbest	3.9

**Tabel 2** Mogelijke gevaren voor zuivel per materiaalsoort betrokken bij een brand (Mennen en van Belle, 2007)<sup>1</sup>

Materialen	PAK's	Dioxinen	Lood	Zink	Koper	Gebromeerde verbindingen
Kunststof	+++	-	-	-	-	-
Additieven in kunststof <sup>2</sup>	(++)	(+)	(+)	(+)	(+)	(++)
PVC en PVC-achtigen	+++	++	-	-	-	-
Electrische apparaten	+	++	+	+	+	+++
Rubber en autobanden	+++	-	-	++	-	x
Olie en daaruit afgeleide brandstoffen	++	-	-	-	-	-
PCB-oliën en oude transformatoren met PCB-houdende oliën	+++	+++	+	+	++	-
Verven, oplosmiddelen, bestrijdingsmiddelen en andere chemicaliën	+++	(+++) <sup>3</sup>	(+)	(+)	(+)	-
Hout, papier en karton	++	(+) <sup>4</sup>	-	-	-	(±)
Cacao	+	-	-	-	-	-
Afval <sup>5</sup>	(+++)	(++)	(+)	(+)	(+)	(+)
Gebouwen <sup>5</sup>	++	(++)	++	++	++	(x)

<sup>1</sup> Classificatie is als volgt:

- : stof komt niet vrij bij verbranding.

± : stof komt in geringe mate vrij bij verbranding.

+ : stof komt in redelijke mate vrij bij verbranding.

++ : stof komt in hoge mate vrij bij verbranding.

+++ : stof komt in zeer hoge mate vrij bij verbranding.

x: Genoemde stoffen kunnen vrijkomen bij een brand, maar de mate waarin is onbekend.

(...): Als de aanduiding tussen haakjes staat, gaat het om potentieel vrijkomende stoffen, afhankelijk van de samenstelling van het materiaal.

<sup>2</sup> Additieven toegepast in kunststof en textiel. Afhankelijk van de gebruikte additieven (organisch of metaalhoudend) kunnen verschillende stoffen vrijkomen bij een brand.

<sup>3</sup> Indien de materialen chloorhoudende verbindingen bevatten (bv chloorhoudende bestrijdingsmiddelen of PCB's in geval van oude verflagen) kunnen dioxinen gevormd worden.

<sup>4</sup> Dioxinen kunnen vrijkomen bij hout geïmpregneerd met chloorfenolen.

<sup>5</sup> Afhankelijk van de materialen aanwezig kunnen andere stoffen vrijkomen bij een brand.

### 3.1.1 Conclusies relevante types brand

De concentraties schadelijke stoffen die vrijkomen bij een brand verschillen afhankelijk van de aard en hoeveelheden materialen die in brand staan en de omstandigheden (temperatuur en zuurstoftoevoer) tijdens een brand. Bij slechte verbrandingscondities worden meer schadelijke stoffen gevormd. Hierdoor worden in de smeulfase van een brand vaak meer schadelijke stoffen aangetroffen dan tijdens de brand zelf. Er zijn geen algemene richtlijnen te geven over de afstand tot waar verhoogde concentraties gevonden worden. Over het algemeen geldt dat tot 1 km van de brandhaard de concentraties in de lucht verhoogd kunnen zijn. Depositie vanuit de lucht en dus de concentraties in gras/water/bodem zijn altijd lager dan in de lucht (Mennen et al., 2009). Verhoogde concentraties in gras/water/bodem zijn over het algemeen terug te vinden tot enkele honderden meters van een

---

brandhaard (Mennen and van Belle, 2007). In sommige gevallen zijn echter verhoogde gehalten dioxinen in gras aangetroffen op 3 km of meer van de brandhaard, zoals bij de Moerdijkbrand in 2011 (Weber et al., 2018).

Van de onderzochte stoffen die een rol kunnen spelen bij een brand (zie Tabel 1 en 2 en secties 3.4-3.9) zijn (gebromeerde) dioxinen het meest relevant voor melk en zuivelproducten. Deze stoffen worden regelmatig aangetroffen bij een brand en kunnen worden overgedragen naar de melk. Voor de melkveehouder zelf is de vorming van fluoridedegas en zoutzuur bij een accubrand een gevaar voor de gezondheid, waarop acties ondernomen moeten worden. Onderbouwing voor deze conclusie is terug te vinden in secties 3.4-3.9.

## 3.2 Organisaties betrokken bij een brand

Nederland is onderverdeeld in 25 Veiligheidsregio's. Elke veiligheidsregio heeft een meldkamer van waaruit de politie, ambulance en brandweer worden aangestuurd. Wanneer iemand 112 belt om een brand te melden, zal de persoon die de telefoon opneemt (de 'centralist') vragen waar het meeste behoefte aan is. Vervolgens zullen via de meldkamer de benodigde hulpdiensten worden ingeschakeld. Bij een brand zijn dat in eerste instantie de brandweer en de politie, en afhankelijk van de melding, geneeskundige zorg en ambulancediensten. Ook de gemeente, waterschappen en Rijkswaterstaat kunnen een rol spelen. Wanneer bij de bestrijding van een brand meerdere disciplines betrokken zijn en coördinatie tussen de hulpdiensten nodig is, zal er worden opgeschaald. De opschaling geschiedt volgens de 'GRIP-structuur'. GRIP staat voor 'Gecoördineerde Regionale Incident bestrijdingsProcedure'. Bij GRIP-1 wordt bij het incident een CoPI (commando plaats incident) ingericht voor de coördinatie van de hulpverleningsdiensten en bestrijding van de brand in het 'brongebied'. Indien ook hulpverleningsdiensten van buiten het brongebied nodig zijn, wordt opgeschaald naar GRIP-2, naast het CoPI wordt dan een ROT ingericht (regionaal operationeel team), veelal op het kantoor van de Veiligheidsregio. Het ROT richt zich op (mogelijke) effecten van de brand. Wanneer de aard van de brand vraagt om bestuurlijke afstemming met andere publieke en private partijen dan wordt (formeel door de burgemeester) opgeschaald naar GRIP-3 en wordt een GBT (gemeentelijk beleidsteam) gevormd dat de burgemeester adviseert over maatregelen en communicatie. Wanneer meer dan twee gemeenten (binnen één Veiligheidsregio) zijn betrokken kan opgeschaald worden naar GRIP-4 en wordt een RBT (regionaal beleidsteam) ingericht. Er wordt opgeschaald naar GRIP-5 bij een ramp of crisis die zich uitstrekt over meer dan één Veiligheidsregio (met een iROT (interregionaal operationeel team) en mogelijke een iRBT (interregionaal beleidsteam)) (IVF, 2017).

Bij brand ontstaat rook. Rook is een zeer complex mengsel van talloze stoffen. De brandweer kan een aantal van de stoffen die een acuut risico vormen voor de volksgezondheid zelf meten (zoals koolmonoxide, stikstofoxiden, zwaveldioxide, zoutzuur en blauwzuur) (RIVM, 2018b). De brandweer kan zelf met de app 'Pluimradar' op basis van modellen een beperkte voorspelling doen over waar de rookpluim naar toe zal gaan en wat het verspreidingsgebied zal zijn. Bij grote branden kan door de brandweer (c.q. de Adviseur Gevaarlijke Stoffen (AGS)), overheden (veiligheidsregio (Geneeskundig Adviseur Gevaarlijke Stoffen), gemeente, provincie) en hulporganisaties de Milieu Ongevallen Dienst (MOD) van het RIVM om ondersteuning worden gevraagd. De MOD heeft de beschikking over uitgebreidere modellen en kan kwantitatieve verspreidingsberekeningen maken. De MOD kan verder in aanvulling van de metingen door de brandweer diverse andere stoffen en stofgroepen meten. De MOD stelt, veelal in samenspraak met de AGS, een meetplan op en neemt ter plaatse monsters van lucht en/of (neergedaald) stof en/of bodem en/of water en/of gras/gewas en beschikt over geavanceerde apparatuur om ter plekke concentraties van een aantal gevaarlijke stoffen te kunnen meten. De MOD analyseert veeg- of grasmonsters op zware metalen, PAK's en/of dioxinen, afhankelijk van het type brand (Mennen and van Belle, 2007). Een deel van deze analyses kan al in de MOD-meetwagen worden uitgevoerd. Voor sommige van deze analyses is het noodzakelijk om monsters naar een laboratorium te sturen waardoor het een aantal dagen kan duren voordat analyseresultaten beschikbaar zijn. Op basis van de beschikbare informatie en modelberekeningen wordt een risico-inschatting gemaakt van de effecten op de gezondheid en het milieu (Mennen and van Belle, 2007) en de grootte van het vervuilde gebied (RIVM, 2018b). Bij complexere branden kunnen rijksoverheid, veiligheidsregio's en drinkwaterbedrijven het Crisis Expert Team milieu- en drinkwater (CET-md)

inschakelen. Het CET-md adviseert over vragen met een multidisciplinair karakter en bundelt en integreert de adviezen van bij het CET-md aangesloten kennisinstituten (zie Bijlage 2). Het CET-md is niet toegankelijk voor publieksvragen.

### 3.3 Wettelijke limieten in melk en diervoeders

Levensmiddelen die in de handel worden gebracht mogen niet onveilig zijn (artikel 14, Verordening (EG) 178/2002 (Algemene Levensmiddelenverordening (ALV))). Het is aan de levensmiddelenproducent c.q. de melkveehouders en melkverwerkende bedrijven om hieraan, en aan alle andere voorschriften in de levensmiddelenwetgeving, te voldoen (artikel 17 ALV). Voor sommige schadelijke stoffen geldt dat hun aanwezigheid in levensmiddelen niet volledig vermijdbaar is. Voor deze stoffen, contaminanten, worden maximumgehalten vastgelegd op een niveau dat 'redelijkerwijs haalbaar is met goede landbouw-, visserij- en productiepraktijken en rekening houdt met de risico's voor de mens bij consumptie van levensmiddelen'. Verder is aangegeven dat 'In geval van verontreinigingen die als genotoxische carcinogenen worden beschouwd, of in gevallen waarin de huidige blootstelling van de bevolking of van een kwetsbare bevolkingsgroep dichtbij of boven de toelaatbare inname ligt, de maximumgehalten zo laag als redelijkerwijs haalbaar moeten worden vastgesteld (ALARA). Een dergelijke aanpak zorgt ervoor dat exploitanten van levensmiddelenbedrijven maatregelen nemen om verontreiniging zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken met het oog op de volksgezondheid.' (Overweging 4, Verordening (EG) 1881/2006). Bij het vaststellen van maximumgehalten wordt rekening gehouden met de bijdrage van een bepaald levensmiddel aan de blootstelling van de consument. Alleen voor die levensmiddelen die in belangrijke mate bijdragen aan de blootstelling worden maximumgehalten vastgesteld.

Wettelijke maximum limieten (ML's) voor de contaminanten lood, dioxinen en PCB's in o.a. zuivel zijn vastgelegd in Verordening (EG) 1881/2006, voor koper en kwik zijn maximum residulimieten (MRL's) vastgelegd in Verordening (EG) 396/2005. De ML's/MRL's voor melk uit deze verordeningen staan vermeld in Tabel 3.

**Tabel 3** Maximumgehalten in melk(vet)

Groep	Stof(groep)	Matrix	Maximumgehalte
<b>Metalen</b>			
	Lood	Rauwe melk	0,020 mg/kg vers gewicht
	Koper	Rauwe melk	2 mg/kg vers gewicht
	Kwik	Rauwe melk	0,01 <sup>1</sup> mg/kg vers gewicht
<b>Dioxinen en PCB's</b>			
	Som van dioxinen	Melkvet van rauwe melk en melkproducten	2,5 pg WHO-PCDD/F-TEQ /g vet
	Som van dioxinen en dioxine achtige PCB's	Melkvet van rauwe melk en melkproducten	5,5 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g vet
	Som van PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180 (ICES - 6)	Melkvet van rauwe melk en melkproducten	40 ng/g vet

<sup>1</sup> = standaardwaarde.

Er zijn ook maximumgehalten voor andere schadelijke stoffen zoals de metalen cadmium, tin, en arseen en PAK's vastgesteld in andere levensmiddelen dan melk. Melk is voor deze stoffen niet een dusdanige bron van blootstelling dat het noodzakelijk werd geacht om ML's vast te stellen. Kwik vormt een uitzondering. Er zijn MRL's vastgesteld voor kwik in de regelgeving voor residuen van gewasbeschermingsmiddelen omdat in het (verre) verleden kwikhoudende verbindingen werden gebruikt in gewasbeschermingsmiddelen. Dit is al heel lang geleden verboden en de MRL is daarom op de standaardwaarde van 0,01 mg/kg gezet. Er wordt gesproken over het opnemen van ML's voor kwik in levensmiddelen in Verordening (EG) 1881/2006 (nu staan hierin alleen de ML's voor kwik in vis(producten) en voedingssupplementen). Waarschijnlijk zal dan de ML voor kwik in melk komen te vervallen, aangezien melk geen belangrijke bijdrage levert aan de totale blootstelling van de mens aan kwik (EFSA, 2012e). Levensmiddelen met gehalten hoger dan de ML's zijn onveilig en mogen niet op de markt worden gebracht.



Verder geldt dat er voor dioxinen en dioxineachtige PCB's ook actielimieten (AL) zijn vastgesteld in levensmiddelen (Aanbeveling 2013/711/EU). Indien deze worden overschreden zouden de lidstaten in samenwerking met de exploitanten c.q. de bedrijven onderzoek moeten doen naar de bron van de blootstelling en maatregelen moeten nemen om de bron van verontreiniging te reduceren of te elimineren. De AL's voor melk (en zuivelproducten) staan vermeld in Tabel 4.

**Tabel 4** Actielimieten voor dioxinen en dioxineachtige PCB's in melk(vet)

Stof(groep)	Matrix	Actielimiet
Som van dioxinen	Melkvet van rauwe melk en zuivelproducten	1,75 pg WHO-PCDD/F-TEQ /g vet
Som dioxineachtige PCB's	Melkvet van rauwe melk en zuivelproducten	2,00 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g vet

Er zijn door de Europese Commissie niet alleen maximumgehalten vastgesteld maar ook eisen aan de monsterneming en analysemethoden. Alleen als zowel de monsternaming als de analysemethode aan de eisen voldoen, kan worden vastgesteld of een wettelijk vastgesteld maximumgehalte daadwerkelijk is overschreden en een levensmiddel dus niet meer in de handel mag worden gebracht. Voor dioxinen en PCB's staan deze eisen in Verordening (EU) 2017/644, voor zware metalen en PAK's in Verordening (EG) 333/2007. Voor dioxinen en PCB's geldt dat niet alleen analyses door de overheid maar ook analyses door bedrijven aan de bepalingen in Verordening (EU) 2017/644 moeten voldoen. Er zijn geen wettelijke maximumgehalten voor andere metalen, vlamvertragers, perfluorverbindingen of asbest in melk.

Wettelijke ML's voor contaminanten in diervoeders zijn vastgelegd in de Bijlage I van Richtlijn 2002/32/EG. De ML's in voeders zijn vastgesteld ter bescherming van de gezondheid van dieren en/of van de consument van dierlijke producten (Tabel 5).

**Tabel 5** Maximumgehalten in voedermiddelen (met een vochtgehalte van 12%)

Groep	Stof(groep)	Matrix	Maximumgehalte
<b>Metalen</b>			
	Arseen	Voedermiddel (o.a. gras/maïs)	2 mg/kg
	Cadmium	Voedermiddel (o.a. gras/maïs)	1 mg/kg
	Lood	Voedermiddel (o.a. gras/maïs)	30 mg/kg
	Kwik	Voedermiddel (o.a. gras/maïs)	0,1 mg/kg
<b>Dioxinen en PCB's</b>			
	Som van dioxinen	Voedermiddelen van plantaardige oorsprong (o.a. gras/maïs)	0,75 ng WHO-PCDD/F-TEQ /kg
	Som van dioxinen en dioxine-achtige PCB's	Voedermiddelen van plantaardige oorsprong (o.a. gras/maïs)	1,25 ng WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/kg
	Som van PCB's 28, 52, 101, 138, 153, 180 (ICES – 6)	Voedermiddelen van plantaardige oorsprong (o.a. gras/maïs)	10 µg/kg

Voor dioxinen en dioxineachtige PCB's zijn tevens AL's in voeders vastgesteld (Bijlage II van Richtlijn 2002/32/EG). Indien de AL wordt overschreden moet, rekening houdend met de achtergrondniveaus, een onderzoek ingesteld worden naar de bron van de ongewenste stoffen. Deze actielimieten staan vermeld in Tabel 6.

**Tabel 6** Actielimieten voor contaminanten in diervoeders (met een vochtgehalte van 12%)

Stof(groep)	Matrix	Actielimiet
Som van dioxinen	Voedermiddelen van plantaardige oorsprong (o.a. gras/maïs)	0,5 ng WHO-PCDD/F-TEQ /kg
Som dioxine-achtige PCB's	Voedermiddelen van plantaardige oorsprong (o.a. gras/maïs)	0,35 ng WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/kg

Ook voor contaminanten in diervoeders geldt dat alleen kan worden vastgesteld of een ML is overschreden als de wettelijke eisen aan monsterneming en analysemethoden in acht zijn genomen. Voor diervoeders staan deze in Verordening (EG) 152/2009. Ook hier geldt dat v.w.b. dioxinen en PCB's ook de analyses door bedrijven aan deze verordening moeten voldoen.

## 3.4 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

### 3.4.1 Introductie

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) zijn een groep chemicaliën die kunnen ontstaan door onvolledige verbranding of pyrolyse van organisch materiaal, zoals brandstof, tijdens andere industriële processen of door onvolledige verbranding bij bosbranden. Dit kan leiden tot vervuiling van de omgeving met PAK's. PAK's kunnen ook worden gevormd tijdens verwerking van voeding door blootstelling aan hoge temperaturen. Benzo[a]pyreen wordt vaak gezien als marker voor de groep PAK's, maar EFSA heeft geconcludeerd dat dit geen geschikte indicator is voor de aanwezigheid van PAK's in voeding. De som van verschillende PAK's (PAK8 en PAK4) worden door EFSA gebruikt als indicator van PAK's in voeding (EFSA, 2008). Een aantal PAK's zijn door IARC geclassificeerd als mutageen, genotoxisch en humaan carcinogeen. Voor niet-rokers is voeding de belangrijkste bron van blootstelling aan PAK's. Graan en graanproducten en zeeproducten dragen het meest bij aan de blootstelling van PAK's via de voeding. Melk en zuivelproducten worden niet genoemd als voedingsmiddelen die een belangrijke bijdrage leveren aan de blootstelling van PAK's (EFSA, 2008).

### 3.4.2 Mogelijke verspreiding naar water en weidegrond

Bij elke brand zullen PAK's vrijkomen. In Tabel 7 en 8 staan gehalten gevonden na recente branden in het effectgebied (benedenwinds gebied waar de rook overheen waaide) en de achtergrondgehalten van PAK's in bovenwinds genomen monsters (achtergrondconcentraties). Alle gehalten zijn uitgedrukt in µg/kg product (o.b.v. 88% droge stof). Noot: om gehalten om te rekenen naar gehalten in veldvochtig gras (vochtgehalte ca 80%) moeten getallen gedeeld worden door  $(20/88 =) 4,4$ .

- Brand in raffinaderij van ExxonMobil in het Botlekgebied in het 'fornuis' van de fabriek waar lichte benzinecomponenten verwerkt worden (start brand 21 augustus 2017 rond 22.00, rond 24.00 brand meester, monsternamen 22 augustus overdag) ([Advies CETmd 25-08-2017](#)). Deze brand ging gepaard met een forse rookontwikkeling, waarbij roetdeeltjes terechtkwamen in benedenwinds gelegen gemeenten.

**Tabel 7** PAK-gehalten in µg/kg product (12% vocht) zoals aangetroffen bij de Exxon brand

Product	maïsblad + 5 km	maïsblad + 6 km	gras + 7 km	maïsblad + 8 km	maïsblad + 9 km	maïsblad Bovenwinds	gras Bovenwinds
Benzo(a)pyreen	14	15	8,1	0,88	2,2	0,34	0,49
PAK4 <sup>1</sup>	93	94	45	5,0	13	2,4	2,7
PAK16 (EU) <sup>2</sup>	174	190	94	10	28	4,9	6,1

<sup>1</sup> PAK4: Benzo[a]pyreen, benzo[a]antraceen, benzo[b]fluoranteen en chryseen.

<sup>2</sup> PAK16 (EU): benzo[c]fluoreen, Cyclopenta[cd]pyreen, Benzo[a]antraceen, Chryseen, 5-methylchryseen, Benzo[b]fluoranteen, Benzo[k]fluoranteen, Benzo[a]pyreen, Benzo[j]fluoranteen, Indeno[1,2,3-cd]pyreen, Benzo[ghi]peryleen, Dibenzo[a,h]antraceen, Dibenzo[a,e]pyreen, Dibenzo[a,h]pyreen, Dibenzo[a,i]pyreen, Dibenzo[a,l]pyreen.

Gezien de aard van de brand (plasbrand nafta) was het niet waarschijnlijk dat bij deze brand andere stoffen dan roet en PAK's zouden vrijkomen. Op de weidegrond was de roetdepositie (met daarin PAK's) zichtbaar aanwezig.

- Brand Shell Moerdijk 3 juni 2014: explosies rond 22.45 uur gevolgd door brand in een installatie waarin uit ethylbenzeen met behulp van koper, chroom en barium bevattende katalysators propyleenoxide en styreenmonomeer werd gemaakt (de Groot et al., 2014).

De PAK-gehalten gevonden in grasmonsters genomen in de nacht van 3 op 4 juni van locaties in het effectgebied varieerden voor de som van PAK4 van 2,6 – 15 µg/kg en voor de som van PAK16 (EU) van 8,2 – 30 µg/kg. Deze gehalten weken niet af van de normaal rond deze tijd gevonden achtergrondgehalten.

In het bovenwinds genomen monster werd een PAK4-gehalte gevonden van 3,2 µg/kg en een PAK16 (EU) gehalte van 9,4 µg/kg (alle gehalten o.b.v. 88% droge stof).

- Brand afvalverwerkingsbedrijf huishoudelijk afval Weurt 23 januari 2014 (Morgenstern et al., 2014). Brand ontstond op 23 januari rond 04.30 uur in de nacht, rond 18.00 uur zijn grasmonsters genomen.

**Tabel 8** PAK-gehalten in µg/kg gras (12% vocht) zoals aangetroffen bij de brand in Weurt

Afstand tot de brand	+ 0,9 km	+ 1,9 km	+ 2,0 km	Achtergrondconcentratie in NL
PAK4	56	37	71	50 (4-800) <sup>1</sup>
PAK16 (EU)	101	65	130	

<sup>1</sup> In de winter zijn gehalten hoger dan in de zomer.

### 3.4.3 Mogelijke overdracht naar melk

Over het algemeen wordt aangenomen dat PAK's slechts in zeer geringe mate worden overgedragen naar melk. Laagmoleculaire (niet-carcinogene) PAK's worden wel overgedragen naar melk. Benzo(a)pyreen wordt voornamelijk via de feces uitgescheiden (88%) en slechts in beperkte mate via de melk (0,20%) (Bulder et al., 2006). Metabolieten van PAK's kunnen echter wel overgedragen worden. Dit is aangetoond voor metabolieten van fluoreen, fenantreen en pyreen (Lutz et al., 2005). Bulder et al. (2006) hebben aangenomen dat hoogmoleculaire, meer toxische PAK's (zoals benzo(a)antracene (BaA), benzo(a)pyreen (BaP), benzo(b)fluoranteen (BpFA), dibenzo(a,h)antracene (DBahA), indeno(1,2,3-c,d)pyreen (IP)) een overdrachtsfactor hebben van 0,2% en laag-moleculaire PAK's met lagere toxiciteit (zoals acenaftyleen, fluoranteen) een overdrachtsfactor van 1,9% (Bulder et al., 2006).

### 3.4.4 Achtergrondconcentraties in melk

De KAP-databank bevat slechts 50 resultaten van PAK-metingen in melk voor de jaren 2008-2010. Alle resultaten waren beneden de detectielimiet. EFSA rapporteerde in 2008 gemiddelde concentraties in zuivelproducten (n=61) o.b.v. lower bound (LB; hierbij wordt aangenomen dat gehalten <LOD gelijk zijn aan 0) van 0,08 µg BaP/kg, 0,06 µg BaA/kg, 0,04 µg BbFA/kg, 0,04 µg BkFA/kg, 0,01 µg BghiP/kg, 0,10 µg CHR/kg, 0,00 µg DBahA/kg en 0,00 µg IP/kg (EFSA, 2008).

## 3.5 Dioxinen en polychloorbifenylen (PCB's)

### 3.5.1 Introductie

Dioxinen en polychloorbifenylen (PCB's) zijn lipofiele verbindingen die wereldwijd in het milieu voorkomen en accumuleren in de voedingsketen, o.a. in de lever en in het vetweefsel van dieren (EFSA, 2012f). PCB's zijn in het verleden op grote schaal geproduceerd en onder meer gebruikt als transformatorolie, als warmtegeleidende olie in verhittingsapparatuur maar ook als vlamvertragers in bepaalde coatings en isolatiemiddelen. Dioxinen zijn bijproducten die onder meer gevormd worden bij de productie van bepaalde chloorhoudende chemicaliën (bijvoorbeeld chloorfenolen en PCB's), maar ook bij verbranding van bepaalde plastics (zoals polyvinylchloride (pvc)). De relevante congenere zijn door een combinatie van fysische en chemische eigenschappen zeer toxisch en zeer stabiel (EFSA, 2012f).

---

“Dioxinen” is een verzamelnaam voor 75 gechloroerde dibenzo-p-dioxinen (PCDD's) en 135 dibenzofuranen (PCDF's) (Hoogenboom et al., 2015a). Van de 210 congenen zijn de 17 congenen met vier tot acht chlooratomen op tenminste de 2, 3, 7 en 8 posities belangrijk vanwege hun toxiciteit en persistentie (7 PCDD's en 10 PCDF's). PCB's zijn organochloorverbindingen bestaande uit 209 congenen, 12 van deze congenen, de dioxine-achtige PCB's (dl-PCB's), hebben vergelijkbare toxische eigenschappen als dioxinen. De overige congenen hebben geen met dioxinen vergelijkbare toxiciteit, de zogenaamde niet-dioxine-achtige PCB's (ndl-PCB's) (EFSA, 2012f).

De toxische potentie van de 17 dioxinen en 12 dl-PCB's is niet gelijk, maar ze hebben wel dezelfde effecten. Daarom worden er toxische equivalentfactoren (TEF) gebruikt als maat voor de toxische potentie van een bepaalde dioxine of dl-PCB ten opzichte van de meest toxische dioxinecongener, 2,3,7,8-tetrachloordibenzo-p-dioxine (TCDD). De gemeten gehalten van elk van de congenen worden vermenigvuldigd met de TEF-factoren en opgeteld tot een TEQ-waarde (toxische equivalenten).

Dioxinen en dl-PCB's komen voor in (vetrijke) dierlijke producten zoals melk, eieren, vlees, organen en vis, en in kleinere mate ook in plantaardige producten. In het algemeen bevatten dierlijke producten hogere gehalten dioxinen en dl-PCB's dan plantaardige producten. Melk en melkproducten dragen voor een belangrijk deel bij aan de dagelijkse inname van dioxinen. Voor (kleine) kinderen die veel melk drinken zijn zuivelproducten de belangrijkste bron van dioxinen (EFSA, 2012f).

### 3.5.2 Mogelijke verspreiding naar water en weidegrond

Dioxinen kunnen zich via de lucht verspreiden en neerslaan op weidegrond en gewassen. Aangezien er vele bronnen van dioxinen zijn en er altijd dioxinen in de lucht zitten, zal gras door continue depositie altijd wat dioxinen bevatten. In de winterperiode, als het gras niet groeit en niet begrazen wordt, zijn de gevonden gehalten hoger dan in de zomerperiode. Zodra het gras weer groeit zullen de dioxinegehalten dalen (ten gevolge van o.a. verdunning). Traag et al. (2006) gaat uit van een halfwaardetijd van dioxinen op gras van 1 maand. Dit betekent dat de concentratie dioxinen in gras na 1 maand is gehalveerd (voornamelijk door groei van het gras). Achtergrondconcentraties voor dioxinen (exclusief dl-PCB's) in gras variëren van < 0,5 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg (zomer) tot 4 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg gras (winter) (o.b.v. 88% droge stof (12% vocht)) (Traag et al., 2006; RIVM, 2018b).

Indien de MOD wordt ingeschakeld dan zal deze afhankelijk van hetgeen in brand staat ter plaatse onderzoek doen naar de aanwezigheid van chloor/chloriden als indicatorstof voor de vorming van dioxinen in de lucht. Indien chloor/chloriden wordt aangetroffen boven een bepaald gehalte (2 µg/m<sup>3</sup> (RIVM, 2018b)) dan worden, indien noodzakelijk geacht, veeg- en/of gras- en/of gewasmonsters genomen, zowel bovenwinds (als referentiepunt) als benedenwinds in het mogelijk vervuilde (effect)gebied om daarin de dioxinegehalten te bepalen. Of dit noodzakelijk is, is afhankelijk van de rookontwikkeling en rookpluimstijging. Als de rookpluim binnen enkele kilometers van de brandhaard de grond raakt en er zich in dit gebied mensen, gewassen of vee bevinden dan zal veelal besloten worden tot bemonstering. Indien de rookpluim niet binnen enkele kilometers de grond raakt, zullen de dioxinen in de rookpluim te ver verdund zijn om nog een meetbare verhoging te laten zien in de achtergrondgehalten aan dioxinen in het milieu (c.q. gras).

De afgelopen jaren zijn er diverse branden geweest waarbij de MOD grasmonsters heeft genomen en laten analyseren op dioxinen. Aan de hand van openbare (MOD-)rapporten is, waar mogelijk, een kort overzicht gemaakt van bevindingen.

Van een recente brand met grote impact op de rondom gelegen melkveehouderij is helaas geen openbaar rapport beschikbaar: de brand bij de afvalverwerker Attero in Wijster in januari 2019. Hieronder volgt een kort overzicht van deze brand en de gevolgen ervan aan de hand van diverse persberichten en de 'Veelgestelde vragen en antwoorden' opgesteld door MOD/RIVM:

Op vrijdag 4 rond 22.00 uur en zaterdag 5 januari 2019 woedde een brand in de opslaghal van ca. 50 bij 100 m met daarin tot 3 m hoog opgestapelde PMD (plastics, metaal en drankenverpakkingen) materialen bij de afvalverwerker Attero in Wijster. Om 14.00 uur op zaterdag waren door de bluswerkzaamheden de stank en rookoverlast sterk afgenomen, maar was de brand nog niet definitief uit. De MOD heeft op 5 januari o.a. een vijftal grasmonsters genomen benedenwinds, en een bovenwinds monster als referentiemonster. In de benedenwindse monsters werden verhoogde

concentraties dioxinen aangetroffen. De Veiligheidsregio Drenthe heeft daarop de boeren in een benedenwinds gebied van zo'n 700 ha geadviseerd om het vee binnen te houden op basis van een advies van de MOD/RIVM. Aangegeven werd dat het de eigen verantwoordelijkheid is van de veehouder om de dieren binnen te houden. Ook werd aangegeven dat gras en gewassen die blootgesteld waren aan de rook van de brand niet meer geschikt zijn om als diervoer te gebruiken en dat vervolgmetingen moeten uitmaken of gras nog gemaaid en gebruikt of afgevoerd moet worden. Attero heeft vervolgens in samenspraak met LTO Noord aanvullende metingen laten doen in het getroffen gebied. Attero heeft Wageningen Plant Research gevraagd dit vervolgonderzoek uit te voeren; de analyses zijn uitgevoerd door WFSR. De meetresultaten zijn vervolgens besproken met de Veiligheidsregio Drenthe, LTO Noord, de Provincie Drenthe, de GGD, en de gemeenten Midden-Drenthe en Hoogeveen. Op 8 maart werd bekend dat de meetresultaten voor de in het gebied gelegen pluimveebedrijven dusdanig gunstig waren dat het pluimvee weer naar buiten kon. Pas eind maart konden ook de koeien weer naar buiten. In een persbericht van LTO-Noord (28 maart 2019) wordt daarbij aangegeven dat het onderzoeksgebied was ingedeeld in 4 gebieden. In gebied 1 benedenwinds, het dichtst bij Attero zal het gras worden gemaaid, afgevoerd en vernietigd. Gebied 2, wat verder weg gelegen, was een natuurgebied. Met de twee boeren in gebied 3, gelegen tegen dit natuurgebied, zijn afspraken gemaakt over het maaien en afvoeren van gras en in gebied 4, het verste weg gelegen (helaas geen afstanden vermeld), lagen de dioxineconcentraties weer op het achtergrondniveau. LTO Noord wil dat de getroffen bedrijven alle kosten op Attero kunnen verhalen. Deze case geeft aan dat het na een dergelijke brand in een ongunstige periode van het jaar lang kan duren voor dioxinegehalten in gras weer tot het achtergrondniveau zijn gedaald.

Gevonden dioxinegehalten in grasmonsters uit het effectgebied (benedenwinds gebied, waar de rook overheen waaide) van enkele andere recente branden en in bovenwindse monsters staan weergegeven in tabellen 9-12 (alle gehalten zijn uitgedrukt in ng TEQ/kg product (o.b.v. 88% droge stof) (ML WHO-PCDD/F TEQ (excl. dl-PCB's) 0,75 ng TEQ/kg; ML WHO-PCDD/F TEQ (incl. dl-PCB's) 1,25 ng TEQ/kg; **gehalten > ML zijn vetgedrukt**).

- Brand in de afvalberg Twence in Hengelo (Tabel 9 en 10). De brand duurde van zaterdagavond 30 juni 2018 tot en met maandagavond 2 juli (RIVM, 2018b, 2018a).

**Tabel 9** Dioxinegehalten in grasmonsters (12% vocht) bij de Twence brand

Afstand tot brand	3 km	3 km	bovenwinds
Datum & tijd	1 juli 15.25	1 juli 17.05	1 juli 13.35
WHO-PCDD/F TEQ (excl. dl-PCB's)	<b>2,37</b>	<b>3,68</b>	0,21
WHO-PCDD/F-dl-PCB TEQ (incl. dl-PCB's)	<b>2,99</b>	<b>5,00</b>	0,41

**Tabel 10** Dioxinegehalten in grasmonsters enkele weken na de Twence brand

Afstand tot brand	350 m	600 m	1,5 km	3 km	3 km	5 km
Datum & tijd	20 juli 17.13	20 juli 17.34	20 juli 16.42	20 juli 18.26	20 juli 18.08	20 juli 17.28
WHO-PCDD/F TEQ (excl. dl-PCB's)	<b>9,6</b>	<b>5,3</b>	0,29	0,35	0,24	0,19
WHO-PCDD/F-dl-PCB TEQ (incl. dl-PCB's)	<b>15</b>	<b>6,0</b>	<b>1,26</b>	0,98	0,88	0,94

Na 3 weken blijken de gehalten op 3 km afstand van de brand weer gedaald naar achtergrondgehalten, dichterbij (600 m) waren gehalten nog steeds verhoogd. Aangetekend moet worden dat de zomer van 2018 uitzonderlijk droog was, waardoor het gras nauwelijks groeide. Pas na de monsternamen op 20 juli heeft het weer geregend. Bovendien was de brand bij Twence een uitzonderlijk grote en langdurige brand. Dit verklaart mogelijk de langdurig hoge concentraties dioxinen.

- Brand afvalverwerkingsbedrijf Ter Horst in Varsseveld op donderdagmiddag en – avond 26 juli 2018 (Memo veiligheidsregio Noord- en Oost Nederland), monsternamen op vrijdagochtend 27 juli 2018 (Tabel 11).

**Tabel 11** *Dioxinegehalten in grasmonsters na een brand in Varsseveld*

Afstand tot brand	550 m	650 m	bovenwinds
WHO-PCDD/F TEQ (excl. dl-PCB's)	<b>1,12</b>	<b>2,42</b>	0,25
WHO-PCDD/F-dl-PCB TEQ (incl. dl-PCB's)	<b>1,43</b>	<b>2,93</b>	0,46

In de veegmonsters die op dezelfde ochtend werden genomen als de grasmonsters op 950 en 1250 m van de brand in het effectgebied werden geen verhoogde concentraties dioxinen aangetroffen. Zowel de gras- als de veegmonsters werden genomen in niet-landelijk gebied (geen agrarisch gebruik).

- Brand afvalverwerkingsbedrijf huishoudelijk afval Weurt 23 januari 2014 (Morgenstern et al., 2014). De brand ontstond op 23 januari rond 04.30 in de nacht; rond 18.00 zijn grasmonsters genomen (Tabel 12).

**Tabel 12** *Dioxinegehalten in grasmonsters na een brand in Weurt*

Afstand tot de brand	+ 0,9 km	+ 1,9 km	+ 2,0 km	Achtergrondconcentratie in NL
WHO-PCDD/F TEQ (excl. dl-PCB's)	<b>1,11</b>	<b>1,08</b>	<b>1,28</b>	0,5 (zomer) tot 4 (winter)
WHO-PCDD/F-dl-PCB TEQ (incl. dl-PCB's)	<b>1,35</b>	<b>1,30</b>	<b>1,57</b>	

- Brand Shell Moerdijk 3 juni 2014: explosies rond 22.45 gevolgd door brand in een installatie waarin uit ethylbenzeen met behulp van koper, chroom en barium bevattende katalysators propyleenoxide en styreenmonomeer werd gemaakt (de Groot et al., 2014).

De dioxinegehalten gevonden in grasmonsters genomen in de nacht van 3 op 4 juni van locaties in het effectgebied varieerden voor WHO-PCDD/F TEQ (excl. dl-PCB's) van 0,17 – 0,21 ng TEQ/kg en voor WHO-PCDD/F TEQ (incl. dl-PCB's) van 0,24 – 0,35 ng TEQ/kg. Deze gehalten weken niet af van de normaal rond deze tijd gevonden achtergrondgehalten. In het bovenwinds genomen monster werd een WHO-PCDD/F TEQ (excl. dl-PCB's) gehalte gevonden van 0,17 ng TEQ/kg en WHO-PCDD/F TEQ (incl. dl-PCB's) gehalte van 0,34 ng TEQ/kg (alle gehalten o.b.v. 88% droge stof). Bij deze brand was ook geen dioxine-vorming te verwachten.

In een publicatie van Hoogenboom et al (2012) wordt de besmetting van gras en maïs met dioxinen besproken als gevolg van vier oudere branden (Coevorden, metalen recycling bedrijf mei 2009; Weurt vleesverpakingsbedrijf oktober 2010; Moerdijk, groot chemie bedrijf januari 2010; Lith, opslag bedrijf silo's en plastics, september 2011). Benadrukt wordt dat hoog besmet gras en maïs niet meer gemaaid zouden moeten worden voor het maken van kuilvoer. In kuilvoer zullen dioxinegehalten namelijk niet meer dalen (geen groei meer) met als gevolg dat dieren die deze kuilen gevoerd krijgen, langdurig zullen worden blootgesteld.

### 3.5.3 Mogelijke overdracht naar melk

Voor koeien is de opname van dioxinen via water en lucht verwaarloosbaar vergeleken met de opname via voer en grond (McLachlan et al., 1990). Wanneer dieren dioxinen en dl-PCB's binnenkrijgen, hopen deze zich voornamelijk op in het vet en de organen van dieren (nier en lever) (Jones et al., 1989). Uitscheiding van de stoffen gebeurt via de feces en de melk (McLachlan et al., 1990). Aangezien dioxinen en PCB's vetoplosbaar zijn, hopen ze zich bij de verdere verwerking van melk op in vette producten, zoals boter (Kalantzi et al., 2001).

Na een incident kunnen de concentraties in de melk gemeten worden om te zien of de norm wordt overschreden. Het RIVM heeft ook overdrachtsmodellen ontwikkeld, waarmee de overdracht van dioxinen vanuit gras en grond naar de melk berekend kan worden. Deze modellen laten zien dat de concentraties dioxinen in de melk vrij snel toenemen na blootstelling aan dioxinen via gras en bodem

---

(Traag et al., 2006). Er wordt momenteel gewerkt aan het openbaar maken van deze modellen, zodat ze beschikbaar zijn om bij een incident de concentraties in de melk te kunnen inschatten. Dergelijke modellen zijn gebaseerd op overdrachtsstudies in dieren. Dierproeven laten zien dat wanneer koeien besmet voer binnenkrijgen, dioxinen en dl-PCB's gedurende lange tijd uitgescheiden worden in de melk. Koeien die gedurende 167 dagen besmet voer kregen, produceerden langere tijd verhoogde dioxineconcentraties in de melk (Piskorska-Pliszczynska et al., 2017). Tot ca. 200 dagen nadat de koeien op schoon voer waren overgegaan werden concentraties boven de ML aangetroffen. Pas na 300 dagen waren de concentraties beneden de AL gedaald (Piskorska-Pliszczynska et al., 2017). Schultz et al. (2005) vonden echter een snellere afname van dioxinen in melk nadat koeien overgingen op schoon voer. In dit experiment graasden koeien gedurende 10 weken in besmet gebied, waarna de concentraties in de melk toenamen tot 6,3 pg WHO-TEQ/g vet. Acht weken nadat de koeien schoon voer kregen, waren de concentraties weer terug op het beginniveau (Schulz et al., 2005). Hoogenboom e.a. (2015b) hebben gedurende 33 dagen besmet voer (maiskuilvoer en suikerbietpellets) aan koeien gegeven, gevolgd door 33 dagen schoon voer. Concentraties dioxinen en dl-PCB's namen in de eerste 7 dagen snel toe. Een eerste meting na 3 dagen liet zien dat de concentraties in de melk boven de achtergrondconcentraties uitkwamen. De maïs was besmet door een brand en bevatte een dioxinegehalte rond de ML voor diervoer. Dit resulteerde in gehalten in melk rond de norm, waarmee duidelijk wordt dat een relatief lage verontreiniging al tot te hoge gehalten in melk kan leiden. Nadat de koeien weer schoon voer kregen, nam de concentratie in de melk in de eerste dagen snel af, gevolgd door een wat langzamere afname in de daaropvolgende weken. Carry-over percentages waren 25% en 32% voor dioxinen en dl-PCB's voor maiskuilvoer en 18% en 35% voor dioxinen en dl-PCB's voor suikerbietpellets (Hoogenboom et al., 2015b). De overdracht van de verschillende congenere varieert, waarbij de hoger gechloroerde congenere langzamer overdragen dan de lager gechloroerde congenere (Hoogenboom et al., 2015b; Piskorska-Pliszczynska et al., 2017). Over het algemeen hangt de overdracht van dioxinecongenere van voer naar melk af van de fysisch-chemische eigenschappen van de stof en de biologische eigenschappen van het dier, zoals ras en melkgift (Piskorska-Pliszczynska et al., 2017). Wanneer koeien niet langer worden blootgesteld aan besmet voer of besmette grond, kunnen de congenere nog tussen de 8 en 100 dagen later worden teruggevonden in de melk (MacLachlan, 2011).

#### *Conclusies overdracht*

Over het algemeen geldt dat als koeien in een besmet gebied grazen, de concentratie dioxinen in de melk zal toenemen. Hoe hoog deze concentratie wordt, hangt af van de biologische eigenschappen van de koeien (melkgift, absorptie), concentraties in het gras en de bodem, en de periode waarin de besmetting heeft plaatsgevonden. Wanneer de besmetting plaatsvindt in een periode waarin het gras hard groeit (warm, vochtig weer), zal het gehalte in het gras snel dalen en is de kans dat de melknorm wordt overschreden klein. Bij een fikse regenbui zal er mogelijk enige afspoeling plaatsvinden van aan deeltjes/klei gebonden dioxinen. Hoe lang het duurt voordat het gras weer geschikt is als diervoeder is op voorhand moeilijk in te schatten; dit is o.a. afhankelijk van seizoen en weersgesteldheden. Bij besmetting in de winter is het van belang om bij de start van het groeiseizoen van het gras, ca 4 weken te wachten met de weidegang, zodat de concentraties in het gras voldoende kunnen dalen. Indien de besmetting in de zomer plaatsvindt, dient het gras niet direct geogst en ingekuild te worden, aangezien dan de koeien in de winter langdurig worden blootgesteld aan besmet voer.

#### 3.5.4 Achtergrondconcentraties in melk

Over het algemeen zijn de concentraties dioxinen in melk laag. Van de 112 monsters die tussen 2012 en 2016 door WFSR gescreend zijn op dioxinen m.b.v. de DR CALUX bioassay waren slechts 5 monsters verdacht (d.w.z. boven de actielimiet voor dl-PCB's), een percentage van 4,5% ([WFSR monitoringsdata](#)). Melk en zuivelproducten die tussen 2004 en 2011 geanalyseerd zijn met GC-MS lieten zien dat de gemiddelde concentratie en het 95-percentiel 0,32 en 0,46 pg PCDD/F-TEQ per g vet was, 0,40 en 0,67 pg dl-PCB-TEQ per g vet en 0,73 en 1,08 pg TEQ/g vet voor de som van PCDD/Fs en dl-PCB's (Adamse et al., 2017). Recentere data van 2012-2016 laten zien dat de gemiddelde concentraties gemeten in Nederlandse melk vergelijkbaar zijn: voor totaal dioxinen o.b.v. Upper Bound (UB; hierbij wordt aangenomen dat gehalten <LOD gelijk zijn aan de LOD) 0,34 pg WHO-TEQ/g vet, voor dl-PCB's 0,32 pg WHO-TEQ/g vet en voor non-dl-PCB's 1,81 ng/g vet (39 monsters). De achtergrondconcentraties in melk binnen de EU lijken de afgelopen jaren nog af te nemen (EFSA,

---

2012f). In geval koeien op besmet land grazen, kunnen de concentraties echter boven de wettelijke limieten uitkomen (Schulz et al., 2005).

## 3.6 Zware metalen

### 3.6.1 Introductie

Zware metalen komen in Nederland van nature voor in de bodem. Daarnaast komen zware metalen in de grond terecht door (historische) aanvoer via dierlijke mest, kunstmest, compost, verontreinigd sediment (rioolslib) en industrie. Door de aanwezigheid in het milieu, via de bodem en het water, kunnen zware metalen in gewassen terechtkomen. Via directe consumptie van gewassen of indirect via dierlijke producten kunnen zware metalen vervolgens blootstelling in de mens veroorzaken. De belangrijkste zware metalen die van nature voorkomen en die via de voeding een effect kunnen hebben op de humane gezondheid arseen, cadmium, lood, nikkel en kwik (EFSA, 2019).

#### *Arseen*

Anorganisch arseen heeft een hogere toxiciteit dan organisch arseen. Arseen en anorganisch arseen zijn geclassificeerd als humaan carcinogeen door het "International Agency for Research on Cancer" (IARC). Voedingsmiddelen die met name bijdragen aan de blootstelling van arseen zijn graanproducten, rijst, melk en zuivelproducten en drinkwater (EFSA, 2014).

#### *Cadmium*

Cadmium is toxisch voor de nieren, het kan in de nieren accumuleren en daardoor dysfunctie veroorzaken. Cadmium is ook geclassificeerd als humaan carcinogeen door het IARC (EFSA, 2009b). Voedingsmiddelen die het meest bijdragen aan blootstelling van cadmium via de voeding zijn aardappelen, brood- en bakkerijproducten, chocolade, bladgroenten en mosselen. Melk en zuivelproducten leveren een minder belangrijke bedrage aan de blootstelling. De gemiddelde inname in Europa ligt rond de "tolerable weekly intake" (TWI) van 2,5 µg/kg lichaamsgewicht. Het risico op schadelijke effecten op de nieren wordt als laag ingeschat door EFSA, maar EFSA stelt wel dat de blootstelling naar beneden zou moeten (EFSA, 2012a).

#### *Lood*

Te hoge inname van lood kan een negatief effect hebben op de hersenontwikkeling van kinderen. Bij volwassenen kan een te hoge inname leiden tot schadelijke effecten aan de nieren. Graan en graanproducten gevolgd door melk en zuivelproducten, alcoholvrije dranken en groenten dragen het meeste bij aan de blootstelling van lood via voeding (EFSA, 2012b).

Een recente Nederlandse studie van het RIVM laat zien dat de belangrijkste voedselgroepen die blootstelling aan lood veroorzaken zijn: granen, melk, fruit, alcoholvrije dranken (waaronder thee en vruchtendranken) en groenten. Concentraties in melk(producten) zijn over het algemeen echter beneden de detectielimiet. De grote bijdrage van melkproducten komt dan ook vooral door een grote consumptie van melk (met name door kinderen), waardoor de bijdrage van melk aan de totale blootstelling groot is (Boon et al., 2016a).

#### *Nikkel*

Voedsel is de belangrijkste blootstellingsroute voor nikkel. IARC heeft nikkel geclassificeerd als humaan carcinogeen, dat long- en neusholtekanker kan veroorzaken. Voortplantings- en ontwikkelingstoxiciteit zijn andere kritische effecten van chronische blootstelling aan nikkel. De "tolerable daily intake" (TDI) voor nikkel is door EFSA vastgesteld op 2,8 µg/kg lichaamsgewicht (EFSA, 2015). Melk en zuivelproducten worden niet genoemd als voedingsmiddelen die een belangrijke bijdrage leveren aan de blootstelling via de voeding. Producten die wel een belangrijke bijdrage leveren zijn graanproducten, alcoholvrije dranken, suiker en bakkerijproducten, peulvruchten, noten, olie van zaden en groenten. Sommige mensen ontwikkelen een allergie voor nikkel na het dragen van nikkelhoudende sieraden. Een allergische reactie kan in deze personen dan ook optreden na orale inname van nikkel. EFSA heeft hiervoor een zogenaamde BMDL<sub>10</sub> afgeleid van 1,1 µg Ni/kg lichaamsgewicht en aangegeven dat de inname minstens 10 keer lager zou moeten zijn om dergelijke effecten uit te sluiten (EFSA, 2015).



## Kwik

Methylkwik is de meest voorkomende vorm van organisch kwik in de voedselketen en komt vooral voor in vis en zeeproducten. In andere voedingsmiddelen komt kwik voor als anorganisch kwik. Het kritische doelorgaan voor kwik is de nier. Vis en andere zeeproducten, alcoholvrije dranken en samengestelde producten dragen het meest bij aan de blootstelling van organisch kwik via de voeding. Geschatte gemiddelde inname van kwik overschrijdt niet de vastgestelde TWI's (TWI voor anorganisch kwik is 4 µg/kg lichaamsgewicht en voor methylkwik is 1,6 µg/kg lichaamsgewicht). Alleen consumenten die veel vis eten kunnen de TWI voor methylkwik overschrijden (EFSA, 2012e).

### 3.6.2 Mogelijke verspreiding naar water en weidegrond

In onderstaande tabel zijn gevonden gehalten in gras aangegeven (in mg/kg o.b.v. 88% droge stof) na de brand in Weurt waarbij hier onderzoek naar is gedaan.

- Brand afvalverwerkingsbedrijf huishoudelijk afval Weurt 23 januari 2014 (Morgenstern et al., 2014). De brand ontstond op 23 januari rond 04.30 in de nacht, rond 18.00 zijn grasmonsters genomen.

**Tabel 13** Gehalten aan zware metalen in mg/kg gras (12% vocht) aangetroffen na een brand in Weurt

Afstand tot de brand	+ 0,9 km	+ 1,9 km	+ 2,0 km	Achtergrondconcentratie in NL
Al (aluminium)	1060	191	988	-
As (arseen)	0,6	<0,5	0,6	0,22 (0,04 - 4,4)
Ba (barium)	27	18	28	22 (4,4 - 220)
Cr (chrom)	9,4	1,5	8,0	0,4 (0,09 - 8,8)
Co (kobalt)	0,5	<0,5	0,5	0,13 (0,04 - 2,2)
Ga (gallium)	7,0	4,5	7,3	-
Fe (ijzer)	971	240	1086	220 (44 - 2200)
Hg (kwik)	0,08	<0,02	<0,02	-
Li (lithium)	1,2	<1	1,5	-
Pb (lood)	2,7	<1	3,0	2,2 (0,4 - 22)
Mg (magnesium)	1996	2117	1914	2200 (440 - 4400)
Mn (mangaan)	116	34	96	176 (44 - 880)
Ni (nikkel)	4,0	<2	2,4	1,3 (0,4 - 22)
Sr (strontium)	15	10	30	18 (4,4 - 88)
Sn (tin)	0,6	<0,5	<0,5	0,2 (0,04 - 2,2)
Ti (titanium)	22	5,5	20	1,1 (0,2 - 12)
V (vanadium)	2,6	<0,5	2,0	0,4 (0,9 - 9)
Zn (zink)	57	32	43	66 (13 - 220)

Volgens het MOD-rapport vallen de gemeten gehalten aan elementen binnen de spreiding van in Nederland gevonden achtergrondwaarden.

Een andere brand waarnaar uitgebreid onderzoek is gedaan naar metalen/elementen in gras is de brand bij Shell Moerdijk.

- Brand Shell Moerdijk 3 juni 2014: explosies rond 22.45 gevolgd door brand in een installatie waarin uit ethylbenzeen met behulp van koper, chrom en barium bevattende katalysators propyleenoxide en styreenmonomeer werd gemaakt (de Groot et al., 2014).

Na deze brand zijn op diverse locaties in de nacht van 3-4 juni, in de middag van 4 juni en op 6 juni grasmonsters genomen door de MOD. Deze monsters zijn onderzocht op een breed scala aan elementen/metalen. Op een aantal locaties werden in monsters genomen in de nacht van 3-4 juni en de middag van 4 juni verhoogde gehalten chrom, koper en barium aangetroffen. Op 6 juni werden op geen van de bemonsterde locaties nog verhoogde gehalten aangetroffen, vermoedelijk door de regen.

---

Het chroom in de katalysator bestond uit gevaarlijke chroom VI-verbindingen. In de grasmonsters van 3-4 juni bleek <1 tot 12% van het totaal chroomgehalte te bestaan uit chroom VI ofschoon hier sprake zou kunnen zijn van een onderschatting. In het rapport wordt aangegeven dat in het milieu waarschijnlijk een reductie plaatsvindt van chroom VI naar het minder schadelijke chroom III. Gezien de zeer beperkte duur van de aanwezigheid van verhoogde concentraties chroom, koper en barium in gras werd er geen noemenswaardig risico verwacht voor de volksgezondheid door consumptie van dierlijke producten, waaronder melk afkomstig van landbouwhuisdieren die het verontreinigde gras hadden gegeten (en ook niet door consumptie van groentes). De genoemde achtergrondconcentraties zijn gelijk aan die vermeld in het briefrapport voor Weurt, aangevuld met de achtergrondconcentraties voor aluminium (Al) (25 mg/kg veldvochtig gras (range 3 – 400 mg/kg) (te vermenigvuldigen met 4,4 om het gehalte te verkrijgen in gras o.b.v. 88% droge stof, voor Al: 110 mg/kg o.b.v. 88% droge stof (range 13,2 – 1760 mg/kg), antimoon (Sb) (0,05 mg/kg veldvochtig gras (range 0,01 – 5 mg/kg), cadmium (Cd) (0,02 mg/kg veldvochtig gras (range 0,005 – 0,2 mg/kg) en koper (Cu) (2,5 mg/kg veldvochtig gras (range 0,5 – 25 mg/kg)).

### 3.6.3 Mogelijke overdracht naar melk

Zware metalen kunnen door dieren opgenomen worden via diervoeder (door gewassen die geteeld zijn op verontreinigde grond, maar ook via mineralen die toegevoegd worden aan diervoeder) en wanneer dieren grazen op verontreinigde bodems (Nicholson et al., 1999). In dierlijke producten hopen zware metalen zich vooral op in de lever en de nieren (Crout et al., 2004; Kan and Meijer, 2007; MacLachlan, 2011). Cadmium hoopt zich vooral op in nieren en lever (Kan and Meijer, 2007) en lood in de botten, nieren en de lever. Cadmiumconcentraties in lever en nier zijn direct gerelateerd aan de concentraties in het voer en de blootstellingstijd. Overdracht naar melk is over het algemeen laag en alleen van belang indien de koe grote hoeveelheden binnenkrijgt (MacLachlan, 2011). Cadmiumconcentraties in lever en nier zijn direct gerelateerd aan de concentraties in het voer en de blootstellingstijd. MacLachlan (2011) heeft een overzichtartikel geschreven over de overdracht van verschillende stoffen o.a. naar melk. De overdrachtsfactor is hierbij gedefinieerd als de concentratie gevonden in melk (mg/kg melk) gedeeld door de concentratie in het voer (mg/kg droge stof). De gemiddelde overdrachtsfactor naar melk volgens deze studie is respectievelijk 0,57 en 0,0024 voor cadmium en lood. Ter vergelijking, de gemiddelde overdracht naar nier is respectievelijk 2,9 en 0,12 voor cadmium en lood (MacLachlan, 2011). Een experiment waarin koeien gedurende 28 dagen voer binnenkregen besmet met arseen, cadmium en kwik liet zien dat piekconcentraties in melk bereikt werden binnen 1 tot 2 dagen na toediening. Daarna namen de concentraties in de melk gedurende de tijd af, waarbij cadmium na 4-5 dagen niet meer detecteerbaar was (Crout et al., 2004). Er zijn geen overdrachtsstudies bekend voor koper, maar gemeten concentraties in nier, lever, vlees en melk laten zien dat de hoogste concentraties koper in lever worden gevonden, gevolgd door nier en vlees. Concentraties in melk zijn relatief laag (EFSA, 2018a), wat aangeeft dat koper ook voornamelijk ophoopt in de organen en slechts minimaal wordt uitgescheiden via de melk.

### 3.6.4 Achtergrondconcentraties in melk

De KAP-databank bevat 331 resultaten voor zware metalen (cadmium, lood, kwik) voor de jaren 2008-2017. Alle metingen waren beneden de detectielimiet. EFSA rapporteerde in 2010 gemiddelde loodconcentraties in melk en zuiveldranken van 0,005 mg/kg (LB) en 0,0117 mg/kg (UB). Van de 2180 monsters was 87% beneden de detectielimiet (EFSA, 2010a). Voor cadmium werd in 2009 een gemiddelde concentratie in melk en zuiveldranken gerapporteerd van 0,003 mg/kg waarbij 47% van de 2909 monsters beneden de detectielimiet was (EFSA, 2009a). Voor koper rapporteert EFSA een gemiddelde concentratie van 0,24 mg/kg voor monsters boven de LOQ (184 van de 433 monsters) (EFSA, 2018a).

---

## 3.7 Gebromeerde verbindingen

### 3.7.1 Introductie

Broomhoudende vlamvertragers (BFR's) zijn stoffen die op grote schaal worden toegepast in diverse producten om te voorkomen dat het materiaal ontbrandt of om een brand te vertragen. BFR's worden toegepast in industriële en consumentenproducten zoals meubels, stoffering, kleding, elektronica en auto's. BFR's zijn moeilijk afbreekbaar, accumuleren in organismen en kunnen een negatief effect hebben op de gezondheid van mens en dier. Om die reden staan ze onder de aandacht van internationale overheden. EFSA heeft een reeks opinies uitgebracht over BFR's (EFSA, 2010b, 2011a, 2011b, 2011c, 2012c, 2012d). Relatief bekende voorbeelden van BFR's zijn polybroomdifenylethers (PBDE's) en hexabromocyclododecanen (HBCDD's). Theoretisch zijn er 209 mogelijke congenere voor de PBDE's, waarvan een klein aantal veel voorkomt en teruggevonden wordt in het milieu. Acht congenere zijn belangrijk voor de voedselketen: BDE-28, -47, -99, -100, -153, -154, -183 en -209 (EFSA, 2011b). PBDE's zijn lipofiel en worden daarom vooral gevonden in dierlijke producten (Boon et al., 2016b). Doelorgaan voor PBDE's is de lever, verder kunnen ze effect hebben op de homeostase van schildklierhormonen, het voortplantingsstelsel en het zenuwstelsel. (EFSA, 2011b). Door EFSA werd voor de meeste PBDE's geconcludeerd dat de huidige inname via voedsel niet verontrustend is voor de humane gezondheid. Alleen de geschatte inname van BDE-99 (EFSA, 2011b) en BDE-209 (Boon et al., 2016b) zouden mogelijk verontrustend zijn. Vis en visproducten dragen het meest bij aan de inname van PBDE's, gevolgd door vlees- en vleesproducten, vetten en oliën, melk en zuivelproducten en ei en eierproducten (EFSA, 2011b).

Er bestaan 16 HBCDD's, zogenaamde stereo-isomeren. In de praktijk bestaat een technisch mengsel voornamelijk uit drie stereo-isomeren die de aanduiding  $\alpha$ ,  $\beta$  en  $\gamma$ -HBCDD hebben, waarbij  $\gamma$ -HBCDD in de grootste hoeveelheid aanwezig is in het technisch mengsel (EFSA, 2011a). Doelorganen voor HBCDD's zijn de lever en de schildklier; ze kunnen effect hebben op de hormoonhomeostase en op het voortplantings-, zenuw- en immuunstelsel. HBCDD's zijn niet genotoxisch (EFSA, 2011a). Na vis en visproducten, vlees en vleesproducten dragen melk en zuivelproducten het meeste bij aan de inname van HBCDD's via de voeding. EFSA concludeerde in 2011 dat de geschatte inname van HBCDD's via voedingsmiddelen niet verontrustend is voor de humane gezondheid (EFSA, 2011a).

Het gebruik van tetra- en penta-PBDE mengsels is sinds 2003 verboden in Europa. Sinds 2015 is ook het gebruik van HBCDD's in Europa verboden (Verordening (EC) 1907/2006).

Wanneer gebromeerde vlamvertragers betrokken zijn bij een brand worden deze grotendeels omgezet in gebromeerde dioxinen en furanen (PBDD/PBDF) (Mennen and van Belle, 2007; Altarawneh et al., 2019).

### 3.7.2 Mogelijke verspreiding naar water en weidegrond

Er zijn de auteurs op dit moment geen branden bekend waarbij na de brand specifiek gekeken is naar de verspreiding van deze verbindingen naar water en weidegrond.

### 3.7.3 Mogelijke overdracht naar melk

Dierproeven hebben aangetoond dat de hoger gebromeerde vlamvertragers (zoals BDE-99) gemetaboliseerd worden naar lager gebromeerde vlamvertragers. Voor koeien zijn dergelijke studies niet bekend (Chen et al., 2017). Er is dan ook weinig bekend over de opname en uitscheiding van vlamvertragers in de koe. In de literatuur is slechts één dierexperiment bekend met PBDE's in melkkoeien (Kierkegaard et al., 2009). Op basis hiervan heeft McLachlan (2011) een overdrachtsfactor berekend voor de som van PBDE's van 0,28. Dit ligt in dezelfde orde van grootte als voor veel dioxinen. Wanneer vlamvertragers verhit worden, worden echter andere componenten gevormd, met name gebromeerde dioxinen en furanen (PBDD/PBDF) (Mennen and van Belle, 2007; Altarawneh et al., 2019). Deze stoffen hebben dezelfde eigenschappen als gechlorideerde dioxinen. De verwachting is dat de overdracht naar de melk vergelijkbaar is. Hier is echter op dit moment weinig over bekend.

### 3.7.4 Achtergrondconcentraties in melk

De KAP-databank bevat per BDE-congeneer 86 analyses over de jaren 2008-2016. De hoogste concentraties werden gevonden voor BDE-209 met een maximum van 1,36 ng/g vet, BDE-47 met een maximum van 0,19 ng/g vet en BDE-99 met een maximum van 0,13 ng/g vet. Over de jaren 2012-2016 was de gemiddelde concentratie o.b.v. LB 0,16 ng BDE-47/g vet, 0,02 ng BDE-99/g vet en 0,07 ng BDE-209/g vet. In de KAP-databank zijn slechts 8 monsters geanalyseerd op HBCDD's. De gemiddelde concentratie o.b.v. LB was 0,08 ng  $\alpha$ -HBCD, 0,04 ng  $\beta$ -HBCD/g en 0,05 ng  $\gamma$ -HBCD. Voor tetrabromobisfenol-A (TBBP-A) waren de 8 monsters beneden de detectielimiet. Volgens EFSA zijn de gemiddelde BDE-concentraties o.b.v. LB in Europese melk en zuivelproducten (voornamelijk kaas): 0,00 ng BDE-28/g vet, 0,13 ng BDE-47/g vet, 0,09 ng BDE-99/g vet, 0,01 ng BDE-100/g vet, 0,02 ng BDE-153/g vet, 0,01 BDE-154/g vet, 0,01 BDE-183/g vet en 0,30 ng BDE-209/g vet (EFSA, 2011b). Er zijn voor Nederland geen gegevens bekend over achtergrondconcentraties van gebromeerde dioxinen en furanen in melk. Een rapport van de Ierse Environmental Protection Agency (EPA) laat zien dat in Ierse melkmonsters in 2011 geen congenere boven de detectielimiet waren aangetroffen (5 composietmonsters, elk bestaande uit 3 individuele melkmonsters). Ook in de 4 jaar ervoor werden geen PBDD/F's gevonden in Ierse melk (Concannon, 2012). Aangenomen kan worden dat achtergrondconcentraties PBDD/F's in Nederlandse melk laag zijn, mede omdat dit anders tot vals-positieve resultaten in de DR CALUX assay had moeten leiden.

## 3.8 Perfluorverbindingen

### 3.8.1 Introductie

Per- en polyfluoralkylverbindingen (PFAS's) betreffen een groep van stoffen van (volledig) gefluoreerde verbindingen. Er zijn honderden verbindingen bekend, met uiteenlopende chemische structuren (ketenlengte, functionele groepen etc.) (Buck et al., 2011). De twee bekendste PFAS's zijn perfluorooctaansulfonzuur (PFOS) en perfluorooctaanzuur (PFOA). Andere redelijk bekende PFAS's hebben een vergelijkbare functionele groep, maar een andere ketenlengte (EFSA, 2018b). PFAS's zijn uitermate stabiel: ze zijn bestand tegen hoge temperaturen en chemisch nagenoeg inert. PFAS's zijn water-, vet-, en vuilafstotend en oppervlaktetenspanning-verlagend. Hierdoor zijn deze stoffen in het verleden breed toegepast. Ze zijn gebruikt bij oppervlaktebehandelingen van bijvoorbeeld tapijten, textiel en leer, maar ook als surfactant in blusschuim en in de mijnbouw en olie-industrie. PFOS is een Persistent Organic Pollutant (POP), vanwege zijn persistente, bio-accumulatieve en toxische eigenschappen. PFOA is toxisch en persistent, maar is niet aangemerkt als POP, omdat het beperkt bio-accumulatief is. PFOS en PFOA hopen niet op in vetten, maar binden aan eiwitten in het bloed en de lever (Noorlander, 2011).

Naast drinkwater en vis en visproducten, zouden melk en zuivelproducten het meest bijdragen aan de inname van PFOA via de voeding. Deze conclusie is echter gebaseerd op een beperkt aantal positieve monsters (EFSA, 2018b). Voor PFOS dragen vis en visproducten, vlees en vleesproducten en ei en eierproducten het meeste bij aan de inname via de voeding. Melk en zuivelproducten leveren een minder belangrijke bijdrage aan de PFOS-inname (EFSA, 2018b).

### 3.8.2 Mogelijke verspreiding naar water en weidegrond

Uit analyses van oppervlaktewater genomen op diverse locaties in Nederland blijkt dat door de diffuse verspreiding van dit soort verbindingen vrijwel op alle locaties PFOS, PFOA en een tweetal andere perfluorverbindingen worden aangetroffen in oppervlaktewater (Hage et al., 2018). Ook een RIVM-rapport bevat enige PFOS-achtergrondconcentraties, waarin is aangegeven dat onder normale omstandigheden de concentratie in grondwater maximaal 14 ng/L is (Lijzen et al., 2011). Door het gebruik van perfluorhoudende blusschuimen kan plaatselijk het oppervlaktewater zijn vervuild. Indien dit vervuilde water in wateren terechtkomt die gebruikt worden voor irrigatie of als drinkwater voor vee kunnen via deze route weidegrond en drinkwater van koeien worden besmet. Sinds 27 juni 2011 is het gebruik van één van deze perfluorverbindingen, PFOS, als surfactant in blusschuim verboden (Richtlijn 2006/122/EG). Vanaf 4 juli 2020 mag PFOA niet meer gebruikt of geproduceerd worden op bepaalde uitzonderingen na. Blusschuim met PFOA dat voor deze datum op de markt is gebracht, mag

---

nog wel opgebruikt worden volgens Verordening (EU) 2017/1000. Door het uitgefaseerd zijn van PFOS en het uitfaseren van PFOA zijn blusschuimfabrikanten op andere perfluorverbindingen overgestapt. De nieuwe generatie blusschuimen bevatten andere perfluorverbindingen, veelal met kortere ketens en/of gemodificeerd met koolwaterstoffragmenten (-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-). Momenteel is er nog te weinig kennis over de mogelijke verspreiding van deze componenten en hun afbreekbaarheid in het milieu. Tevens is er nog onvoldoende kennis over de toxiciteit van deze perfluorverbindingen (Bocharov and Raevskaya, 2014; Higgins and Field, 2017).

Fluorhoudende schuimvormende blusmiddelen worden echter zeer beperkt gebruikt door de brandweer ('eerder uitzondering dan regel'). Deze middelen worden alleen gebruikt bij bepaalde typen zware branden zoals de brand op Schiphol (2008) en bij Chemiepack in Moerdijk (2011). De brandweer zal bij gebruik van deze middelen ook altijd aandacht geven aan de milieugevolgen en de beheersing daarvan. Na de brand bij Schiphol zijn door Imares metingen gedaan naar PFOS in door bluswater vervuild oppervlaktewater ([beantwoording Kamervragen over blusschuim 28 juni 2017](#)). Gezien de datum van uitfaseren van PFOS zijn de resultaten van deze metingen nu niet meer relevant. Meer recente data zijn de auteurs op dit moment niet bekend. Wel zijn de risico's van lozingen op oppervlaktewater van PFOA en GenX door de chemische fabriek van Chemours te Dordrecht onderzocht door een drinkwaterbedrijf. GenX is een technologie, waarbij de stof 2,3,3,3-tetrafluoro-2-heptafluoropropoxypropanoïdezuur (FRD-903), met soortgelijke eigenschappen als PFOA, wordt gebruikt om coatings (fluorpolymeren) te maken. Door het combineren van analyseresultaten en modelberekeningen werd inzicht verkregen in huidige en historische concentraties PFOA in oppervlaktewater (Timmer et al., 2018). Sloopwater dat door Chemours met PFOA en GenX vervuild is, wordt als irrigatiewater gebruikt door o.a. moestuinders. Er is naar aanleiding van bezorgdheid van de moestuinders een 'Moestuinonderzoek' gestart door het RIVM in opdracht van de gemeente Dordrecht. In de aanbiedingsbrief van het RIVM met de rapportage over fase 2 (2018) wordt gemeld: 'Er is bijna geen informatie over de opname en overdracht van GenX en PFOA in oppervlaktewater naar dieren en vervolgens naar de hiervan afkomstige producten zoals vlees en zuivel. Hierdoor is het op dit moment niet mogelijk om een acceptabele GenX- en PFOA-concentratie af te leiden om te beoordelen of oppervlaktewater geschikt is voor veedrenking. Wel zijn er enige aanwijzingen dat mobiele fluorverbindingen zoals PFOA door dieren kunnen worden opgenomen, maar de wetenschappelijke informatie is niet eenduidig. Vanuit het streven om de GenX- en PFOA-blootstelling van dieren en mogelijke doorgifte naar consumenten waar mogelijk te beperken, is het advies om sloopwater op de locaties met sterk verhoogde concentraties GenX en/of PFOA niet te gebruiken voor veedrenking tot er meer duidelijkheid is.' (Mengelers et al., 2018).

### 3.8.3 Mogelijke overdracht naar melk

Er is weinig bekend over de overdracht van PFAS's van voer naar melk. De mate waarin PFAS's ophopen in de koe hangt af van de ketenlengte van de PFAS. Over het algemeen hopen PFAS's met kortere ketens minder op dan PFAS met langere ketens. Een dierexperiment door (Kowalczyk et al., 2013) liet zien dat vergelijkbare concentraties PFOA in lever en nier gevonden werden nadat koeien 28 dagen waren blootgesteld aan voer met PFAS. Concentraties in spierweefsel waren een factor 10 lager. Nadat de koeien niet meer blootgesteld werden aan PFOA namen de concentraties in bloed en urine snel af. PFOS hoopt zich eveneens voornamelijk op in de lever en de nieren en in mindere mate in spierweefsel. PFOA wordt nauwelijks via de melk uitgescheiden. PFOS daarentegen werd gedurende langere tijd uitgescheiden via de melk. Modelberekeningen op basis van dit dierexperiment lieten zien dat de halfwaardetijd van PFOS in melk 56 dagen was. Opgemerkt moet worden dat halfwaardetijden kunnen verschillen afhankelijk van de gebruikte dieren (leeftijd, ras), de dosis en het gebruikte model. Wel geeft de studie aan dat PFOS slechts zeer langzaam wordt uitgescheiden en deze stof dan ook nog gedurende langere tijd na blootstelling teruggevonden kan worden in de melk. Melk blijkt voor koeien de belangrijkste uitscheidingsroute te zijn voor PFOS (van Asselt et al., 2013).

### 3.8.4 Achtergrondconcentraties in melk

De KAP-databank bevat geen gegevens over PFAS's in melk. Een recente EFSA-opinie geeft aan dat in 492 monsters melk en zuivelproducten uit de EU, PFOS slechts in 2% kwantificeerbaar was. De gemiddelde concentratie lag tussen de 0,003 µg PFOS/kg (LB) en 0,21 µg PFOS/kg (UB) (EFSA, 2018b).

---

Van de 476 monsters melk en zuivelproducten, was PFOA slechts in 1% kwantificeerbaar. De gemiddelde concentratie lag tussen de 0,02 µg PFOA/kg (LB) en 0,21 µg PFOA/kg (UB) (EFSA, 2018b).

### 3.9 Overige stoffen die vrij kunnen komen bij een brand

Naast bovengenoemde stoffen die vrij kunnen komen bij een brand, zijn er ook stoffen die niet direct een voedselveiligheidsprobleem opleveren, maar met name relevant zijn voor de gezondheid van de omwonenden van een brand (de melkveehouder en zijn gezin). Zo kan bij een brand asbest vrijkomen. Gebouwen van voor 1993 kunnen asbesthoudende materialen bevatten zoals golfplaten en dakbeschot. Indien bekend is dat er asbestvezels vrijkomen bij een brand, zullen de brandweer en andere hulpdiensten het protocol 'Plan van aanpak asbestbranden' toepassen om blootstelling en mogelijke risico's t.a.v. asbest te minimaliseren (Mennen and van Belle, 2007). Dit houdt in dat het terrein wordt afgezet en dat het asbest op een veilige manier wordt opgeruimd. Indien er een kans is op verspreiding buiten het terrein van de brand, wordt de bevolking gewaarschuwd. Inademing van asbestvezels dient voorkomen te worden door o.a. afstand te bewaren en ramen en deuren te sluiten. Het is van belang de adviezen vanuit de overheid op te volgen bij een dergelijke brand (van Dijk et al., 2006). Er dient echter opgemerkt te worden dat incidentele blootstelling aan asbest vrijwel nooit leidt tot gezondheidseffecten voor de mens (RIVM, 2016). Koeien ondervinden ook geen nadelige gevolgen van een asbestblootstelling. Er zijn geen wetenschappelijke studies bekend over de overdracht van asbest naar de melk, maar overdracht lijkt niet erg aannemelijk aangezien het om de vezels gaat. Bovendien blijkt uit epidemiologische studies dat er geen duidelijk verband is tussen orale blootstelling en humane gezondheidseffecten (RIVM, 2014). Indien koeien dus blootgesteld zijn aan asbest lijkt de humane blootstelling aan asbest via de melk verwaarloosbaar te zijn. Gezondheidsrisico's hebben vooral betrekking op het inademen van de vezels. Indien melkveehouders vragen hebben over hun eigen blootstelling aan asbest en de mogelijke gevolgen voor hun gezondheid, dan kunnen zij het beste contact opnemen met de regionale GGD: [www.ggdghor.nl](http://www.ggdghor.nl).

Andere relevante branden zijn accubranden. Voor de grootschalige tijdelijke opslag van elektrische energie (zoals zonne-energie) wordt steeds vaker gebruik gemaakt van Elektriciteit Opslag Systemen (EOS) op basis van lithium-ion accu's/batterijen met een fluorhoudende elektrolyt. Dergelijke lithium-ion accu's bevatten ook zware metalen zoals kobalt, nikkel en aluminium (Ordoñez et al., 2016), die bij een brand vrij kunnen komen. De risico's van zware metalen zijn beschreven in sectie 3.6. Een brand in een EOS is zeer moeilijk te blussen en heel erg gevaarlijk door de zeer hoge hitte en giftige pyrolyseproducten die vrijkomen (o.a. waterstoffluoride, lithiumoxide en zoutzuur) (Meijer et al., 2019). Er zijn veel soorten lithium-ion accu's. Ook accu's van bijvoorbeeld elektrische fietsen zijn lithium-ion accu's. Bij brand in bijvoorbeeld een opslagloods met deze accu's komen zeer giftige stoffen vrij (Lepelaar et al., 2019). Bij het blussen ontstaat corrosief en giftig bluswater. Het effectgebied van een EOS-brand is onder andere afhankelijk van de weersomstandigheden en de grootte van de brand en kan tot enkele kilometers ver reiken (Meijer et al., 2019). Aangezien accu's met lithiumionen nog niet zo lang op de markt zijn, is er nog weinig onderzoek gedaan naar de stoffen die vrijkomen bij een brand en de mogelijke gevolgen voor mens en dier. Een recent onderzoek van Larsson et al. (2017) laat zien dat grote hoeveelheden fluoridegas (met name waterstoffluoride) vrijkomen bij accubranden, wat gevaar kan opleveren voor de volksgezondheid. Vanwege de giftige stoffen kan besloten worden om omwonenden te evacueren. Bij accubranden heeft de gezondheid van de mens prioriteit. Er dient dan ook direct gevolg gegeven te worden aan een oproep voor evacuatie.

Doordat het aantal zonnepanelen (ook wel fotovoltaïsche panelen of PV-panelen genoemd) in Nederland toeneemt, vinden er ook steeds meer branden in of door zonnepanelen plaats. In 2018 zijn er 27 brandincidenten geweest met zonnepanelen. De branden worden waarschijnlijk veroorzaakt door crossmatching (het verbinden van verschillende merken stekkers) (Bende and Dekker, 2019). De meeste zonnepanelen bevatten kristallijn-silicium zonnecellen. Naast silicium bevatten de zonnecellen ook zware metalen zoals aluminium, lood, koper en zink. Een klein percentage van de zonnepanelen op de markt (wereldwijd ca 10%) zijn dunne-laag zonnecellen bestaande uit cadmiumtelluride (CdTe) of koper-indium-diselenide (CIS) (Aman et al., 2015). Bij een brand met zonnepanelen kunnen toxische gassen vrijkomen in de directe omgeving van een brand (tot enkele honderden meters van de brandhaard) (Moskowitz and Fthenakis, 1990). Aangezien de zonnepanelen ook zware metalen bevatten, kunnen deze bij een brand vrijkomen. De risico's hiervan zijn beschreven in sectie 3.6.

---

# 4 Handelingsperspectieven melkveehouders en zuivelondernemingen

## 4.1 Handelingsperspectieven melkveehouders

### **Voordat een brand uitbreekt (de koude fase)**

Het advies is om een omgevingsanalyse uit te voeren: welke bedrijven zijn er in de directe omgeving (tot ca. 3 km) van de boerderij die in brand kunnen vliegen? Bij de lokale brandweer kan ook geïnformeerd worden welke materialen er bij de bedrijven opgeslagen zijn. Ook is het zinvol te inventariseren welke materialen er op het eigen bedrijf zijn, die bij een brand betrokken kunnen zijn. Tabel 2 van dit rapport geeft een overzicht van de voor de zuivelsector relevante stoffen die vrij kunnen komen, afhankelijk van de materialen die in brand staan. Met name branden waarbij chloorhoudende materialen aanwezig zijn, zoals pvc, huishoudelijk/bedrijfsafval, PCB-houdende vloeistoffen/oliën, elektrische apparaten, met chloorfenolen geïmpregneerd hout of chloorhoudende bestrijdingsmiddelen zijn van belang, omdat daarbij dioxinen gevormd kunnen worden. Voor achtergrondinformatie over verschillende stoffen die vrij kunnen komen en hun mogelijke verspreiding naar water en weidegrond, en opname in de melk verwijzen we naar hoofdstuk 3. Ook al dragen niet alle stoffen in belangrijke mate over naar de melk, is het toch raadzaam acties te ondernemen ten tijde van een brand, aangezien de regelgeving omtrent voedselproductie streeft naar een zo laag mogelijk gehalte aan vermijdbare schadelijke stoffen en de melkveehouder verantwoordelijk is voor het op de markt brengen van veilige producten.

### **Tijdens een brand**

1. Indien het een brand betreft in de directe omgeving van de boerderij waarbij veel accu's betrokken zijn (bv. een Elektriciteit Opslag Systeem (EOS) of fietsengroothandel) wordt snelle evacuatie geadviseerd i.v.m. de giftige stoffen die vrijkomen en schadelijk zijn voor de gezondheid.
2. Voor overige branden dienen de adviezen die door betrokken overheidsinstanties worden gegeven opgevolgd te worden. Het niet opvolgen van adviezen kan tot gevolg hebben dat de NVWA vervolgonderzoek instelt. Indien door de NVWA wordt vastgesteld dat ML's in gras of melk worden overschreden, zal de NVWA maatregelen nemen.
3. Indien er brokstukken op het land gevonden worden, wordt geadviseerd om deze te verwijderen. Dit kan het beste m.b.v. (werk)handschoenen. De brokstukken kunnen in een afgesloten plastic zak aangeboden worden bij het chemisch afvaldepot.
4. Indien de brandhaard zich op minder dan 3 km bovenwinds van de boerderij bevindt (of op de eigen boerderij) en uit de omgevingsanalyse is gebleken dat dioxinen gevormd kunnen worden, of er zijn zichtbaar roetdeeltjes aanwezig, neem dan de volgende acties. Ook bij twijfel is het verstandig onderstaande acties uit te voeren:
  - i. Zet koeien binnen, sluit ramen en deuren en schakel het ventilatiesysteem uit. Dek groenvoerkuilen af.
  - ii. Maai het gras niet en oogst geen voedergewassen tot meer duidelijkheid is over mogelijke besmetting van weidegrond en slootwater (denk hierbij aan het type bedrijf en de materialen die in brand staat, zie Tabel 1 en 2).
  - iii. Informeer uw zuivelonderneming en overleg over verdere acties, zoals het apart ophalen van de melk. De eerste uren na een brand kan de melk gewoon worden opgehaald, aangezien het enige tijd duurt voordat stoffen terug te vinden zijn in de melk. Na een dag kunnen verhoogde concentraties worden teruggevonden in de melk.
5. Indien er kans is dat bluswater in de sloot terecht komt, sluit de sloot dan af middels dammen.
6. Houdt informatiestromen in de gaten (bv twitter van brandweer, NL Alert) van organisaties betrokken bij de brand (zie 3.2).

---

## Na een brand

Indien er zichtbaar roetdeeltjes aanwezig waren tijdens een brand, kunnen er polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) gevormd zijn. Houdt het melkvee dan op stal tot na een flinke regenbui. De roetdeeltjes zijn dan afgespoeld en vormen geen probleem meer. Het gras kan dan ook weer gemaaid worden, indien er geen dioxines zijn aangetroffen.

Wanneer de MOD heeft vastgesteld dat dioxinegehalten in gras hoger zijn dan de actielimiet, dan is het verstandig om vervolgonderzoek te starten en omgevingsmonsters (gras, slootwater, kuilvoer) te laten analyseren. Het is dan ook aan te bevelen om, in overleg met de zuivelonderneming, de melk apart op te laten halen. De zuivelonderneming kan besluiten de melk te analyseren op contaminanten. Zodra de concentraties contaminanten beneden de actielimieten zijn, kan de melk weer normaal worden opgehaald.

Onder groeizame omstandigheden (warm en vochtig weer) zullen door uitgroei van het gras, de gehalten aan schadelijke stoffen sneller verlagen. Ook zal er bij een regenbui mogelijk enige afspoeling plaatsvinden van aan deeltjes/klei gebonden dioxinen. Hoe lang het duurt voordat het gras weer geschikt is als diervoeder is op voorhand moeilijk in te schatten; dit is o.a. afhankelijk van seizoen en weersgesteldheden. Bij hoog besmette graslanden (boven de voedernorm) is het aan te raden het gras te maaien en af te voeren (niet meer als diervoer gebruiken). Over het algemeen geldt dat de koeien bij groeizaam weer waarschijnlijk na ca. 4 weken weer naar buiten kunnen. Voor de zekerheid kunnen metingen uitgevoerd worden op het gras. Indien het kuilvoer tijdig is afgedekt, kan dit weer gebruikt worden als diervoeder. Bij twijfel wordt aanbevolen het kuilvoer te laten analyseren op schadelijke stoffen.

## 4.2 Handelingsperspectieven zuivelondernemingen

Indien er op een boerderij of in de omgeving van een van de boerderijen waarvan u de melk betreft een brand uitbreekt (als leidraad kan tot ca. 3 km van de brandhaard worden aangehouden), is het raadzaam de volgende acties te ondernemen:

1. Houd informatiestromen in de gaten (bv twitter van brandweer, NL Alert) van organisaties betrokken bij de brand (zie 3.2) en volg hun aanbevelingen op.
2. Informeer bij de melkveehouder(s) welke acties er ondernomen zijn om de koeien en de melkproductie te beschermen tegen besmetting met gevaarlijke stoffen (zie voor handelingsperspectieven melkveehouder, sectie 4.1). Indien de melkveehouder nog geen acties heeft ondernomen, adviseer dan o.b.v. de handelingsperspectieven aangegeven in sectie 4.1.
3. Probeer te achterhalen welk type bedrijf en/of welke materialen er in de brand staan. Tabel 2 geeft een indicatie van welke stoffen gevormd kunnen worden bij een brand.
4. Indien er een vermoeden is van een besmet bedrijf, haal de melk dan apart op en meet de gehalten gevaarlijke stoffen in voedergewassen (met name gras) en melk, afhankelijk van het type brand (zie Tabel 1 en 2). Dioxinen zijn hierbij de belangrijkste stoffen voor melk en zuivelproducten. Een bedrijf kan besmet zijn, indien het in een straal van 3 km benedenwinds van de brandhaard is gevestigd en de koeien ten tijde van de brand buiten hebben gestaan. De eerste uren na een brand kan de melk gewoon worden opgehaald, aangezien het enige tijd duurt voordat stoffen terug te vinden zijn in de melk. Na een dag kunnen verhoogde concentraties worden teruggevonden in de melk.



---

## 5 Dankwoord

Ron Hoogenboom, Ruud Peters, Jochem Louise (WFSR) en Astrid Bulder (RIVM) worden hartelijk bedankt voor het kritisch doorlezen van dit rapport. Elise Hoek (WFSR) wordt bedankt voor haar bijdrage aan de introductiestukjes bij de verschillende stofgroepen en Paulien Adamse (WFSR) wordt bedankt voor het aanleveren van de KAP-data. NZO wordt bedankt voor de financiële bijdrage die de totstandkoming van dit rapport mogelijk heeft gemaakt.

---

# Literatuur

- Adamse P, Schoss S, Theelen RMC and Hoogenboom RLAP, 2017. Levels of dioxins and dioxin-like PCBs in food of animal origin in the Netherlands during the period 2001–2011. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34, 78-92.
- Altarawneh M, Saeed A, Al-Harashsheh M and Dlugogorski BZ, 2019. Thermal decomposition of brominated flame retardants (BFRs): Products and mechanisms. *Progress in Energy and Combustion Science*, 70, 212-259.
- Aman MM, Solangi KH, Hossain MS, Badarudin A, Jasmon GB, Mokhlis H, Bakar AHA and Kazi SN, 2015. A review of Safety, Health and Environmental (SHE) issues of solar energy system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1190-1204.
- Bende EE and Dekker NJJ (TNO,), 2019. Brandincidenten met fotovoltaïsche (PV) systemen in Nederland. 67 p.
- Bocharov VV and Raevskaya MV, 2014. About Biodegradability of Modern Firefighting Foam Concentrates Based on Perfluorinated Surfactants. *Advances in Environmental Biology*, 8, 1-4.
- Boon PE, te Biesebeek JD and van Donkersgoed G (RIVM), 2016a. Dietary exposure to lead in the Netherlands. 56 p.
- Boon PE, te Biesebeek JD, van Leeuwen SPJ, Zeilmaker MJ and Hoogenboom LAP (RIVM), 2016b. Dietary exposure to polybrominated diphenyl ethers in the Netherlands. 62 p.
- Buck RC, Franklin J, Berger U, Conder JM, Cousins IT, de Voogt P, Jensen AA, Kannan K, Mabury SA and van Leeuwen SPJ, 2011. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 7, 513-541.
- Bulder AS, Hoogenboom LAP, Kan CA, van Raamsdonk LWD, Traag WA and Bouwmeester H (RIKILT), 2006. Initial Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Feed (materials). 43 p.
- CBS 2019. Statline - Branden en hulpverleningen; meldingen bij de brandweermeldkamer, regio. Available from: <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83121NED/table?ts=1550242357938>
- Chen X, Lin Y, Dang K and Puschner B, 2017. Quantification of Polychlorinated Biphenyls and Polybrominated Diphenyl Ethers in Commercial Cows' Milk from California by Gas Chromatography–Triple Quadruple Mass Spectrometry. *PLOS ONE*, 12, e0170129.
- Concannon C (EPA,), 2012. Dioxin Levels in the Irish Environment. 42 p.
- Crout NMJ, Beresford NA, Dawson JM, Soar J and Mayes RW, 2004. The transfer of 73As, 109Cd and 203Hg to the milk and tissues of dairy cattle. *Journal of Agricultural Science*, 142, 203-212.
- de Groot GM, Bos PMJ, Boshuis ME, van Putten EM and Tangena BH (RIVM), 2014. Meetresultaten en risicobeoordeling brand Shell Moerdijk. 57 p.
- EFSA, 2008. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food - Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA Journal*, 724, 1-114.
- EFSA, 2009a. Cadmium in food. *EFSA Journal*, 980, 1-139.
- EFSA, 2009b. EFSA sets lower tolerable intake level for cadmium in food. accessed at: <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/090320>.
- EFSA, 2010a. Scientific Opinion on Lead in Food. *EFSA Journal*, 8, 1570 (1151 p.).
- EFSA, 2010b. Scientific Opinion on Polybrominated Biphenyls (PBBs) in Food. *EFSA Journal*, 8.
- EFSA, 2011a. Scientific Opinion on Hexabromocyclododecanes (HBCDDs) in Food. *EFSA Journal*, 9.
- EFSA, 2011b. Scientific Opinion on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Food. *EFSA Journal*, 9.
- EFSA, 2011c. Scientific Opinion on Tetrabromobisphenol A (TBBPA) and its derivatives in food. *EFSA Journal*, 9.
- EFSA, 2012a. Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal*, 10, 2551.
- EFSA, 2012b. Lead dietary exposure in the European population. *EFSA Journal*, 10, 2831-2890.
- EFSA, 2012c. Scientific Opinion on Brominated Flame Retardants (BFRs) in Food: Brominated Phenols and their Derivatives. *EFSA Journal*, 10.
- EFSA, 2012d. Scientific Opinion on Emerging and Novel Brominated Flame Retardants (BFRs) in Food. *EFSA Journal*, 10.

- 
- EFSA, 2012e. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal*, 10, 2985-3225.
- EFSA, 2012f. Update of the monitoring of levels of dioxins and PCBs in food and feed. *EFSA Journal*, 10, 2832.
- EFSA, 2014. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *EFSA Journal*, 12, 3597.
- EFSA, 2015. Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water. *EFSA Journal*, 13, 4002.
- EFSA, 2018a. Review of the existing maximum residue levels for copper compounds according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005. *EFSA Journal*, 16.
- EFSA, 2018b. Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. *EFSA Journal*, 16, e05194.
- EFSA 2019. Metals as contaminants in food. Available from:  
<https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/metals-contaminants-food>
- Hage K, Pancras T and Vis R (Expertisecentrum PFAS), 2018. Aanwezigheid van PFAS in Nederland - Deelrapport A - PFAS in grondwater en oppervlaktewater. DDT219-1/18-008.233, 47 p.
- Higgins CP and Field JA, 2017. Our Stainfree Future? A Virtual Issue on Poly- and Perfluoroalkyl Substances. *Environmental Science & Technology*, 51, 5859-5860.
- Hoogenboom LAP, Hoffer S, Mennen MG, Morgenstern PP and Traag W, 2012. Dioxins formed during fires; a threat to the food chain? *Organohalogen Compounds*, 74, 1600-1603.
- Hoogenboom R, Traag W, Fernandes A and Rose M, 2015a. European developments following incidents with dioxins and PCBs in the food and feed chain. *Food Control*, 50, 670-683.
- Hoogenboom RLAP, Klop A, Herbes R, van Eijkeren JCH, Zeilmaker MJ, van Vuuren AM and Traag WA, 2015b. Carry-over of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in dairy cows fed smoke contaminated maize silage or sugar beet pulp. *Chemosphere*, 137, 214-220.
- Jones D, Safe S, Morcom E, Holcomb M, Coppock C and Ivie W, 1989. Bioavailability of grain and soil-borne tritiated 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) administered to lactating Holstein cows. *Chemosphere*, 18, 1257-1263.
- Kalantzi OI, Alcock RE, Johnston PA, Santillo D, Stringer RL, Thomas GO and Jones KC, 2001. The Global Distribution of PCBs and Organochlorine Pesticides in Butter. *Environmental Science & Technology*, 35, 1013-1018.
- Kan CA and Meijer GAL, 2007. The risk of contamination of food with toxic substances present in animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 133, 84-108.
- Kierkegaard A, Wit CA, Asplund L, McLachlan MS, Thomas GO, Sweetman AJ and Jones KC, 2009. A Mass Balance of Tri-Hexabrominated Diphenyl Ethers in Lactating Cows. *Environmental Science & Technology*, 43, 2602-2607.
- Kowalczyk J, Ehlers S, Oberhausen A, Tischer M, Fürst P, Schafft H and Lahrssen-Wiederholt M, 2013. Absorption, Distribution, and Milk Secretion of the Perfluoroalkyl Acids PFBS, PFHxS, PFOS, and PFOA by Dairy Cows Fed Naturally Contaminated Feed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 2903-2912.
- Larsson F, Andersson P, Blomqvist P and Mellander B-E, 2017. Toxic fluoride gas emissions from lithium-ion battery fires. *Scientific Reports*, 7, 10018.
- Lepelaar S, Meijer M and van den Berg M (LIOGS), 2019. Handreiking Handreiking Opslag Li-ion energiedragers (accu's en batterijen). 10 p.
- Lijzen JPA, Janssen MPM, van Herwijnen R, Wintersen A, Zijp MC and Posthuma L (RIVM), 2011. Verkenning doelstelling voor herstel verontreiniging met PFOS. 40 p.
- MacLachlan DJ, 2011. Estimating the transfer of contaminants in animal feedstuffs to livestock tissues, milk and eggs: a review. *Animal Production Science*, 51, 1067-1078.
- McLachlan MS, Thoma H, Reissinger M and Hutzinger O, 1990. PCDD/F in an agricultural food chain Part 1: PCDD/F mass balance of a lactating cow. *Chemosphere*, 20, 1013-1020.
- Meijer M, van den Berg M and Lepelaar S (LIOGS), 2019. Handreiking Elektriciteit Opslag Systemen (EOS > 25 kWh Li-ION). 17 p.
- Mengelers M, te Biesebeek JD, Schipper M, Slob W and Boon PE (RIVM), 2018. Risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Dordrecht, Papendrecht en Sliedrecht. 72 p.
- Mennen MG, Kooi ES, Heezen PAM, van Munster G and Barreveld HL (RIVM), 2009. Verspreiding van stoffen bij branden: een verkennende studie. 105 p.

- 
- Mennen MG and van Belle NJC (RIVM), 2007. Emissies van schadelijke stoffen bij branden. 128 p.
- Morgenstern PP, Boshuis M, van Putten E, Ramlal R and van Leeuwen LC (RIVM), 2014. Metingen MOD bij brand Afvalverwerkingsbedrijf huishoudelijk afval Weurt 23 januari 2014. 23 p.
- Moskowitz PD and Fthenakis VM, 1990. Toxic materials released from photovoltaic modules during fires: Health risks. *Solar Cells*, 29, 63-71.
- Nicholson FA, Chambers BJ, Williams JR and Unwin RJ, 1999. Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. *Bioresource Technology*, 70, 23-31.
- Noorlander C, van Leeuwen, SPJ., te Biesebeek, JD., Mengelers, MJB., Zeilmaker, MJ., 2011. Levels of Perfluorinated Compounds in Food and Dietary Intake of PFOS and PFOA in The Netherlands. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 7496-7505.
- Ordoñez J, Gago EJ and Girard A, 2016. Processes and technologies for the recycling and recovery of spent lithium-ion batteries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 195-205.
- Piskorska-Pliszczynska J, Maszewski S, Mikolajczyk S, Pajurek M, Strucinski P and Olszowy M, 2017. Elimination of dioxins in milk by dairy cows after the long-term intake of contaminated sugar beet pellets. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34, 842-852.
- RIVM, 2014. Factsheet orale toxiciteit asbest. 3 p.
- RIVM, 2016. Asbest en risico's voor de gezondheid.
- RIVM (RIVM), 2018a. Controlemetingen grasmonsters na brand afvalberg Twence. 9 p.
- RIVM (RIVM), 2018b. Rapportage Brand afvalberg Twence in Hengelo, 1 juli 2018. 16 p.
- Schulz AJ, Wiesmüller T, Appuhn H, Stehr D, Severin K, Landmann D and Kamphues J, 2005. Dioxin concentration in milk and tissues of cows and sheep related to feed and soil contamination. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 89, 72-78.
- Timmer H, Versteegh A and Roelandse A, 2018. Risico's lozingen op oppervlaktewater voor drinkwatervoorziening: ervaringen met PFOA en GenX. 9 p.
- Traag WA, Zeilmaker MJ, van Eijkeren JCH and Hoogenboom LAP (RIKILT), 2006. Onderzoek dioxines in gras en bodem in de Rijnmond en overdracht naar melk. 22 p.
- van Asselt ED, Kowalczyk J, van Eijkeren JCH, Zeilmaker MJ, Ehlers S, Fürst P, Lahrssen-Wiederholt M and van der Fels-Klerx HJ, 2013. Transfer of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) from contaminated feed to dairy milk. *Food Chemistry*, 141, 1489-1495.
- van Dijk S, van der Meer M, Balemans P, Tempelman J and van den Bogaard C (VROM), 2006. Plan van aanpak asbestbrand. 187.
- Weber R, Herold C, Hollert H, Kamphues J, Blepp M and Ballschmiter K, 2018. Reviewing the relevance of dioxin and PCB sources for food from animal origin and the need for their inventory, control and management. *Environmental sciences Europe*, 30, 42-42.

# Bijlage 1 Afkortingen en definities

Term	Betekenis	Toelichting
AGS	Adviseur Gevaarlijke Stoffen	Expert die inschat welke stoffen bij een brand vrijkomen en advies geeft over hoe om te gaan met deze stoffen
AL	Actielimiet	AL's voor zuivel zijn weergegeven in Aanbeveling 2013/711/EU
ALV	Algemene Levensmiddelenverordening	Verordening (EG) 178/2002
BaA	Benz[a]antraceen	
BaP	Benzo[a]pyreen	
BbFA	Benzo[b]fluoranteen	
BcFL	Benzo[c]fluoreen	
BDaeP	Dibenzo[a,e]pyreen	
Benedenwinds gebied	Gebied waar de rook van de brand overheen trekt	Dit gebied kan besmet zijn met gevaarlijke stoffen ontstaan bij de brand
BghiP	Benzo[ghi]peryleen	
BjFA	Benzo[j]fluoranteen	
BkFA	Benzo[k]fluoranteen	
Bovenwinds gebied	Gebied waar de rook van de brand niet overheen trekt	Monsters genomen uit dit gebied dienen vaak als referentiewaarde voor monsters uit het gebied dat potentieel besmet is
CET-md	Crisis Expert Team milieu- en drinkwater	Samenwerking tussen 9 kennisinstituten die bij complexe branden of andere incidenten advies geeft over te nemen maatregelen.
CHR	Chryseen	
CoPI	Commando Plaats Incident	ingericht voor de coördinatie van de hulpverleningsdiensten en bestrijding van de brand in het 'brongebied' (GRIP-1)
CPP	Cyclopenta[cd]pyreen	
DBahA	Dibenz[a,h]antraceen	
DBahP	Dibenzo[a,h]pyreen	
DBaiP	Dibenzo[a,i]pyreen	
DBalP	Dibenzo[a,l]pyreen	
EOS	Elektriciteit Opslag Systeem	
FRD-903	2,3,3,3-tetrafluoro-2-heptafluoropropoxypropanoïdezuur	
GAGS	Geneeskundig Adviseur Gevaarlijke Stoffen	Expert die de gevolgen van blootstelling aan gevaarlijke stoffen bij een brand inschat en maatregelen aangeeft ter voorkoming van blootstelling
GBT	Gemeentelijk BeleidsTeam	Ingericht indien bestuurlijke afstemming met andere publieke en private partijen nodig is (GRIP-3)
GenX	Technologie, waarbij de stof 2,3,3,3-tetrafluoro-2-heptafluoropropoxypropanoïdezuur (FRD-903), met soortgelijke eigenschappen als PFOA, wordt gebruikt om coatings (fluorpolymeren) te maken.	
GRIP	Gecoördineerde Regionale Incident bestrijdingsProcedure	Systeem voor opschaling bij incidenten van GRIP-1 (kleinschalig incident) tot GRIP-5 (grootschalig incident)
HBCDD	hexabromocyclododecanen	
IP	Indeno[1,2,3-cd]pyreen	
iRBT	interRegionaal BeleidsTeam	Ingericht indien bestuurlijke afstemming nodig is bij een ramp of crisis die zich uitstrekt over meer dan één Veiligheidsregio (GRIP-5)

Term	Betekenis	Toelichting
iROT	Interregionaal Operationeel Team	Ingericht indien een ramp of crisis zich uitstrekt over meer dan één Veiligheidsregio (GRIP-5)
LB	Lower Bound	Indien monsters beneden de detectielimiet gemeten zijn, wordt aangenomen dat de concentratie 0 was
MCH	5-methylchrysene	
ML	Maximum Limiet	ML's voor zuivel zijn vastgelegd in Verordening (EG) 1881/2006
MOD	Milieu Ongevallen Dienst	Dienst die ter plaatse monsters neemt om te kunnen analyseren op schadelijke stoffen
MRL	Maximum Residu Limieten	MRL's zijn vastgelegd in Verordening (EG) 396/2005
PAK4	Benzo[a]pyreen, benzo[a]antraceen, benzo[b]fluoranteen en chryseen	
PAK16 (EU)	Benzo[c]fluoreen, benzo[a]antraceen, cyclopenta[c,d]pyreen, chryseen, 5-methylchryseen, benzo[b]fluoranteen, benzo[k]fluoranteen, benzo[j]fluoranteen, benzo[a]pyreen, indeno[1,2,3,c,d]pyreen, dibenzo[a,h]antraceen, benzo[g,h,i]peryleen, dibenzo[a,l]pyreen, dibenzo[a,i]pyreen en dibenzo[a,h]pyreen	
PBDD	Gebromeerde dibenzodioxinen	
PBDF	Gebromeerde dibenzofuranen	
PBDE	PolyBroom DifenyLEthers	
PCDD	Gechloreerde dibenzo-p-dioxinen	
PCDF	Gechloreerde dibenzofuranen	
PFAS	Per- en polyfluoralkylverbindingen	
PFOA	Perfluorooctaanzuur	
PFOS	Perfluorooctaansulfonzuur	
RBT	Regionaal BeleidsTeam	Ingericht indien meer dan twee gemeenten (binnen één Veiligheidsregio) betrokken zijn (GRIP-4)
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu	
ROT	Regionaal Operationeel Team	Ingericht indien ook hulpverleningsdiensten van buiten het brongebied nodig zijn (GRIP-2)
TBBP-A	tetrabromobisfenol-A	
TDI	Tolerable Daily Intake	
TEF	Toxische EquivalentFactor	Maat voor de toxische potentie van een stof (zoals dioxinecongeneren of PAK-verbindingen) ten opzichte van de meest toxische stof
TWI	Tolerable Weekly Intake	
UB	Upper Bound	Indien monsters beneden de detectielimiet gemeten zijn, wordt aangenomen dat de concentratie gelijk is aan de detectielimiet (worst case benadering)

---

## Bijlage 2 Deelnemende instituten Crisis Expert Team milieu- en drinkwater (CETmd)

Onderstaande instituten zijn momenteel vertegenwoordigd in CETmd (link: <https://www.dcc-ienw.nl/themas/milieu/cet-md>):

- Defensie/CEAG (Coördinatiecentrum Expertise Arbeidsomstandigheden en Gezondheid)
- KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut)
- KWR (Watercycle Research Institute)
- LIOGS (Landelijk Informatiepunt Ongevallen Gevaarlijke Stoffen)
- UMC Utrecht/NVIC (Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum)
- WFSR (Wageningen Food Safety Research) (voorheen genaamd: RIKILT)
- RIVM/MOD (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu/Milieu Ongevallen Dienst)
- RWS/WMCN (Watermanagementcentrum Nederland)

---

Wageningen Food Safety Research  
Postbus 230  
6700 AE Wageningen  
T 0317 48 02 56  
[www.wur.nl/food-safety-research](http://www.wur.nl/food-safety-research)

WFSR-rapport 2019.010

---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.







To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Wageningen Food Safety Research  
Postbus 230  
6700 AE Wageningen  
T 0317 48 02 56  
[www.wur.nl/food-safety-research](http://www.wur.nl/food-safety-research)

WFSR-rapport 2019.010

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

