

1. DHV-rapport



februari 1999

VERTROUWELIJK

Aanvullend onderzoek

Vliegkamp Bijlmermeer

Second opinion RIVM- onderzoek:

Evaluatie lading en relatie tot risico's voor de volksgezondheid

In samenwerking met het Fraunhofer-Institut für
Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik

INHOUD	BLAD
SAMENVATTING	5
SLOTCONCLUSIES	13
1 INLEIDING	15
2 EVALUATIE AANNAMES EN UITGANGSPUNTEN RIVM-RAPPORT	17
2.1 Algemeen	17
2.2 Het vliegtuig	17
2.3 De lading	18
2.4 Materialen flats	23
2.5 Brandbare massa en verbrande massa	25
2.6 De brand	27
2.7 Emissies	29
2.8 Modelberekeningen	30
2.9 Evaluatie toxicologische beoordeling	35
3 AANVULLEND ONDERZOEK	37
3.1 Ontbrekende gegevens lading	37
3.2 Aanvullende ladinggegevens en beoordeling gezondheidsrisico's	38
3.3 Mogelijke gevolgen van een crash zonder lading	39
3.4 Asbest	41
3.5 Bluswater	42
4 ALGEMENE RISICO'S VAN GIFTIGE STOFFEN BIJ BRANDEN	43
5 TOXICOLOGISCHE TOETSING	46
5.1 Toetsingskader	46
5.2 Toetsing	47
5.3 Gecombineerde blootstelling chemische stoffen en verarmd uranium	48
5.4 Opzet gezondheidsonderzoek AMC	49
5.5 Aanbevelingen voor verder onderzoek	49
6 COLOFON	52

BIJLAGEN

BIJLAGE 1	GERAADPLEEGDE BRONNEN
BIJLAGE 2	LIJST MET AFKORTINGEN
BIJLAGE 3	HET VLIEGTUIG
BIJLAGE 4	DE LADING
BIJLAGE 5	DE BRANDBARE MATERIALEN IN DE FLATS
BIJLAGE 6	MASSABALANSEN EN BRANDCHEMIE
BIJLAGE 7	CHEMIEKAARTEN EN INFORMATIE OVER SARIN-PRODUKTIE
BIJLAGE 8	CONCENTRATIEBEREKENINGEN
BIJLAGE 9	STOFGROEPEN RIVM DIE NADERE AANDACHT BEHOEVEN
BIJLAGE 10	VERBRANDINGSTOXICOLOGIE EN KORTE- EN LANGERE TERMIJN EFFECTEN VAN ROOK
BIJLAGE 11	ASBEST
BIJLAGE 12	TOETSINGSTABELLEN TOXICOLOGIE

SAMENVATTING

Algemeen

Op 4 oktober 1992 stortte een vrachtvliegtuig, type Boeing 747 van EL AL, neer op flats in de Bijlmermeer. Er brak direct een grote brand uit. Bij dit ongeluk kwamen vermoedelijk 43 mensen om. Veel hulpverleners, zoals brandweer, ambulancepersoneel en vrijwilligers, waren direct bij de brand betrokken. Er waren verder veel omstanders. De dagen daarna waren weer vele mensen betrokken bij het bergen van lichamen en het opruimen van het puin en de vliegtuigresten. Ook lange tijd na de ramp zijn mensen in contact geweest met de resten van de crash.

Sinds dit ongeluk hebben veel mensen, zowel hulpverleners als omstanders, last van ziekteverschijnselen.

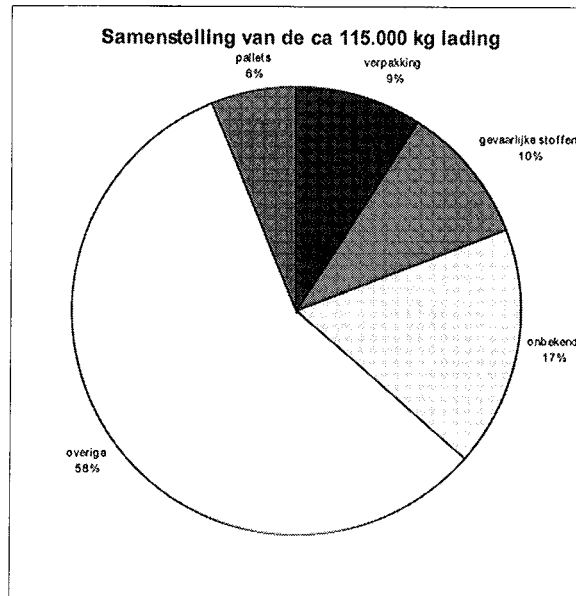
Het RIVM heeft op basis van de weinige gegevens die medio 1998 beschikbaar waren een onderzoek naar de gezondheidsrisico's uitgevoerd. Dit onderzoek (Gezondheidsrisico's brand El Al Boeing; RIVM 609026002) maakt deel uit van het onderzoek van de Parlementaire Enquêtecommissie Vliegcrash Bijlmermeer naar de toedracht van de ramp. De PEVB heeft DHV verzocht het onderzoek van het RIVM te evalueren en zo nodig aan te vullen. De evaluatie heeft DHV uitgevoerd in samenwerking met het Fraunhofer-instituut für Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik te Oberhausen, BRD (UMSICHT). Dit instituut is gespecialiseerd in brandchemie en analyses van de verspreiding van stoffen bij brand.

Wij benadrukken dat het onderzoek van het RIVM en de voorliggende evaluatie omgeven zijn met onzekerheden. Dit wordt veroorzaakt door de omvang en diversiteit van de bij de brand betrokken hoeveelheden materialen (vliegtuig, vliegtuig brandstof, lading en flats) en de onmogelijkheid om een dergelijke brand precies te beschrijven. In dit rapport hebben wij getracht deze onzekerheden inzichtelijk te maken. Dit betekent dat, waar absolute getallen genoemd staan, dit doorgaans grove benaderingen zijn, die via ladinglijsten, een "best guess" en expert judgement zijn verkregen.

De lading

Het RIVM had alleen globale gegevens over de samenstelling van de lading. Het ontbrak het RIVM aan gegevens van 34 ton lading. Van 14 ton lading is inmiddels de samenstelling bekend. Er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat de 14 ton lading gevaarlijke stoffen heeft bevat. Van 20 ton ontbreekt de samenstelling nog steeds. Volgens de Cargo Review betreft het veel niet-militaire machine-onderdelen en elektronica, waardoor de schadelijkheid bij brand vermoedelijk beperkt is.

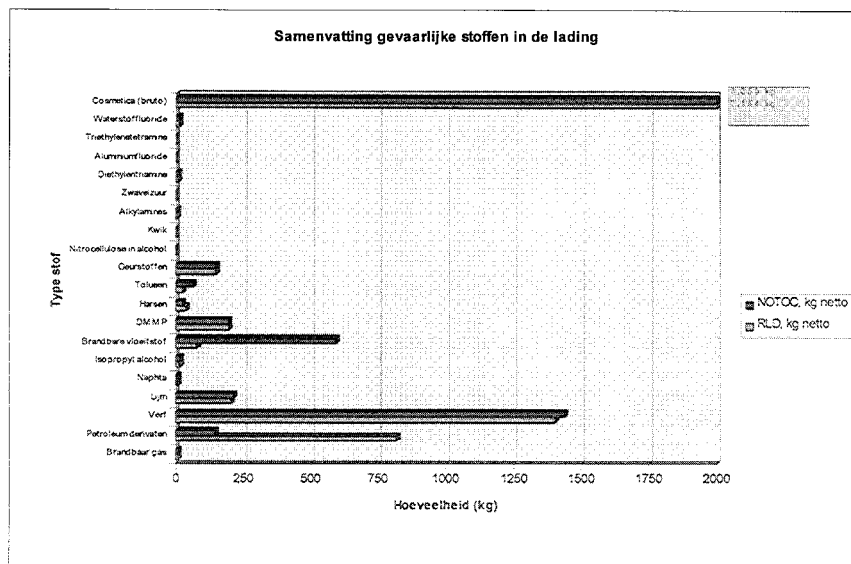
Volgens onze evaluatie vervoerde de EL AL-Boeing circa 115.000 kg lading. Onze evaluatie is gebaseerd op gegevens die de opdrachtgever beschikbaar heeft gesteld en enkele malen heeft bijgesteld. Een samenvatting van de voor de evaluatie gebruikte ladinggegevens, volgens de laatste wijziging, is opgenomen in bijlage 4. Volgens deze gegevens was de lading als volgt verdeeld:



De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- Er worden op de verschillende ladingdocumenten verschillende definities van gevaarlijke stoffen gehanteerd. Het totaal aan gevaarlijke stoffen is onszien 11.200 kg;
- Er was volgens de NOTOC veel meer brandbaar materiaal (in de vorm van naphta) aanwezig dan volgens de Cargo Manifest en de Cargo Review (totaal circa 22 m³ meer, ofwel circa 16.500 kg). Deze extra hoeveelheid hebben wij, vanwege vermoedelijk een administratieve fout bij EL AL, niet verder meegenomen in onze berekeningen.
- Met name cosmetica was volgens de NOTOC in grotere hoeveelheid aanwezig (ca 1.200 kg meer) dan de RLD eerder had geschat. Deze extra hoeveelheid hebben wij wel meegenomen in onze beschouwingen.
- De meeste gevaarlijke stoffen waren brandbaar.

Het verschil van ca. 600 kg gevaarlijke stoffen tussen de gegevens van RLD en die van deze evaluatie wordt voornamelijk veroorzaakt door cosmetica. De gevaarlijke stoffen bestonden voor het grootste deel uit cosmetica, totaal ca. 8.300 kg. De indeling van de ca. 11.200 kg gevaarlijke stoffen is als volgt:



Tot de gevaarlijke stoffen behoorde DMMP, stof die gebruikt wordt voor het testen van gasmaskers, maar die ook gebruikt kan worden voor de productie van Sarin. Daarnaast waren ook nog andere stoffen aanwezig die daarvoor als grondstof gebruikt kunnen worden: isopropylalcohol en waterstoffluoride/aluminiumfluoride. De laatste drie stoffen zijn overigens gangbare chemicaliën voor chemische laboratoria. Een vierde stof om Sarin te maken, thionylchloride, was niet aan boord, waardoor de kans op vorming van Sarin uitermate klein wordt geacht. Uit de aanwezige hoeveelheid DMMP kon ca 40 m3 Sarin (als 100% gas onder atmosferische omstandigheden) gemaakt worden.

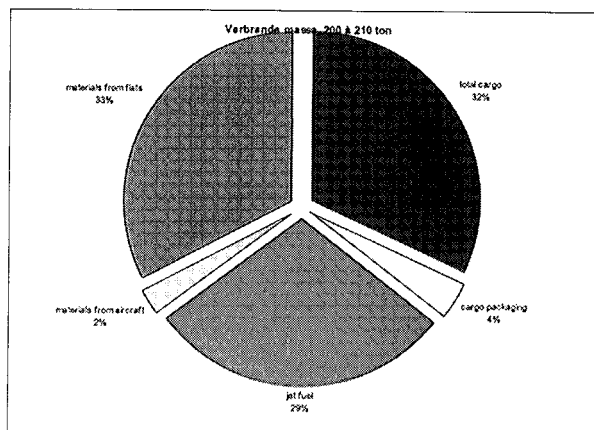
Op basis van de beschikbare gegevens kan worden geconcludeerd dat de geïdentificeerde lading niet overheersend heeft bijgedragen aan de brand. De materialen uit het vliegtuig inclusief brandstof en de flats hebben ook een belangrijke bijdrage geleverd. De schattingen van het RIVM en die van de evaluatie zijn verschillend:

Type brandbare massa	Schatting RIVM (kg)	Schatting evaluatie (kg)
Kerosine	51.000	65.000 (jet fuel)
Vloeistof hydraulisch systeem (tributylfosfaat)	ca 1.000	660
Constructiematerialen vliegtuig	38.000	7.200
Lading met verpakking	50.000 à 55.000	75.000 à 80.000
Flats	niet opgegeven	100.000
Totaal	ca 144.500	ca 250.000

De brand

Van de circa 250.000 kg totale brandbare massa is circa 70% (200.000 à 210.000 kg) verbrand:

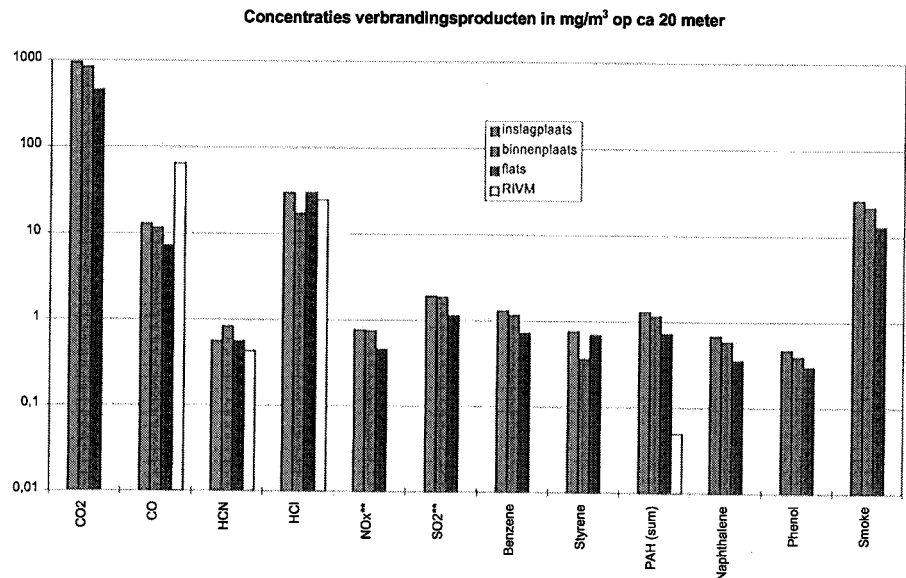
De totale brandbare massa van de lading bedroeg 75.000 à 80.000 kg. De gevaarlijke stoffen waren voor meer dan 99% brandbaar. Veel van de niet-gevaarlijke lading was ook brandbaar.



De brand heeft ca. een uur geduurd. Deze fase wordt gekenmerkt door volledige verbranding en is als zodanig door het RIVM goed gemodelleerd. De daarna optredende smeulfase, die meerdere uren heeft geduurd, heeft het RIVM niet gemodelleerd en buiten beschouwing gelaten. Tijdens die fase treedt niet-volledige verbranding op, waardoor schadelijker en/of andere stoffen kunnen ontstaan dan bij de volledige brand. Van de smeulfase van branden is minder bekend, waardoor een modelmatige benadering niet goed mogelijk was.

Uit de emissies heeft het RIVM met behulp van een model de concentraties van stoffen in de lucht berekend. Het model en de modelparameters die het RIVM gebruikt heeft kunnen wij onderschrijven. Waar het RIVM emissies noemt, zijn deze doorgaans lager dan volgens deze evaluatie. Ze vallen echter in het algemeen binnen de spreiding die in deze evaluatie is bepaald.

Het RIVM heeft echter weinig aandacht besteed aan de onzekerheden van de modelresultaten. Uit onze evaluatie is gebleken dat zowel de emissies als de daaruit berekende concentraties zijn omgeven met onzekerheidsmarges van ca. een factor 10 (100 voor enkele metalen). Dit geldt zowel voor de resultaten van het RIVM als voor de door ons gebruikte modelmatige benadering. De marges worden onder meer bepaald door ruimtelijke factoren. Het is evenwel aannemelijk dat op de binnenplaats de concentraties PAK een factor 10 hoger geweest zijn dan het RIVM berekend heeft. De onderstaande figuur illustreert de marges voor een aantal verbrandingsproducten:



Indien het vliegtuig neergestort was zonder lading, zou de omvang van de brand beperkter zijn geweest. Daardoor zouden de concentraties ontledingsproducten op de binnenplaats lager kunnen zijn geweest. De concentraties bij de flats en het inslagpunt zouden ongeveer gelijk zijn gebleven.

Tijdens de brand kunnen ook stoffen in het bluswater terecht zijn gekomen, zoals jet fuel, tributylfosfaat, gedeelten van de lading en verbrandingsproducten. Het RIVM heeft hier geen aandacht aan besteed.

Beoordeling van de risico's

De risico evaluatie van het RIVM achten wij van een voldoende kwaliteit. De benaderingswijze en resultaten van het RIVM voor de verspreiding en concentraties van de risicovolle stoffen in de lading onderschrijven wij. Er zijn echter een aantal opmerkingen:

- Het RIVM heeft diverse bij brand gebruikelijke gassen niet meegenomen, waardoor de gasvorming is onderschat. Niet bekeken zijn zwaveldioxide, stikstofdioxide, benzeen, styreen, naftaleen, fenol, acroleïne en isocyanaten. Verder is de adsorptie van gassen aan stof- en rookdeeltjes niet beschouwd.
- het RIVM heeft veel verbrandingsproducten buiten beschouwing gelaten, waardoor de werkelijke blootstellingsrisico's anders zijn;
- Het RIVM heeft geen rekening gehouden met de smeulfase en de verbrandings- en pyrolyseproducten die daarbij kunnen ontstaan
- Er is geen rekening gehouden met combinatietoxiciteit.

- De kunststoffen die bij de brand betrokken waren, bevatten voor een deel chloor (PVC) en broomhoudende brandvertragers. De kans op vorming van dioxinen en dibenzofuranen is onderbelicht gebleven in het RIVM-rapport. Eventuele dioxinen en dibenzofuranen kunnen vooral in de verbrandings-resten voorkomen.
- De concentraties risicovolle stoffen in buitenlucht, waaronder DMMP, kunnen maximaal het vijfvoudige van de RIVM resultaten zijn door de onzekerheden in de ruimtelijke spreiding.
- In enkele gevallen heeft het RIVM risicoberekeningen niet correct uitgevoerd, waardoor onder andere de kankerrisico's van metalen en PAK te hoog zijn ingeschat. Dit neemt niet weg dat er stoffen kunnen zijn ontstaan die wel degelijk een verhoogd kankerrisico kunnen geven.
- Het RIVM heeft geen aandacht besteed aan de risico's van blootstelling van ladingrestanten en verbrandingsproducten via het bluswater. Pas recent is bekend geworden dat hulpverleners onbeschermd aan dit bluswater zijn blootgesteld. Het gaat hier vermoedelijk vooral om aromaten (uit de jet fuel) en zuren (zoutzuur).

Aanvullende risicobeoordeling

De in onze evaluatie berekende combinatie-concentraties aan gassen en rookdeeltjes hebben de Emergency Response Planning Guidelines (niveau ERPG-2) overschreden. Deze richtlijnen geven per individuele stof de maximum concentratie aan waaronder, naar wordt aangenomen, bijna alle individuen een uur kunnen worden blootgesteld zonder dat irreversibele of andere serieuze gezondheidseffecten worden ondervonden. Metingen van de brandweer wezen op lagere concentraties dan door ons berekend, mogelijk als gevolg van vochtdeeltjes in de lucht.

Isocyanaten, die ontstaan bij onder andere de verbranding van polyurethaan, kunnen voor personen met bestaande overgevoeligheid een sterke voorbijgaande reactie in de luchtwegen hebben gegeven.

Nikkel in poedervorm zou brandbaar kunnen zijn. Niet uitgesloten is dat personen met bestaande overgevoeligheid voor nikkel een (allergische) reactie hebben ondervonden van de nikkeloxiden.

Asbest is in het puin van de flats aangetroffen. De risico's van de blootstelling liggen ruim onder het Maximaal Toelaatbaar Risico van de Gezondheidsraad.

Verarmd uranium (licht radioactief) maakt een beperkt deel uit van ons onderzoek. Uitgegaan is van de door andere instituten berekende concentraties verarmd uranium op basis van het vrijkomen van 500 gram uranium. In het voorliggend onderzoek is nagegaan of dit uranium bij blootstelling in combinatie met andere stoffen kan leiden tot gezondheidseffecten. Gezien de berekende, zeer lage stralings- en chemische blootstelling achten wij de kans hierop klein.

Er zijn vermoedens dat veel meer uranium is vrijgekomen, namelijk ruim 100 kg. Indien dat het geval is, is een aanvullend onderzoek naar de risico's van deze extra hoeveelheid zinvol.

Het bluswater kan onverbrande jet fuel, tributylfosfaat, chemicaliën uit de lading en verbrandingsproducten, waaronder zoutzuur, hebben bevat. Vooral de concentratie jet fuel en aromaten zou plaatselijk hoog kunnen zijn. Bij blootstelling aan de onbeschermdde huid van voeten en benen kan dit leiden tot allergische reacties. Aanbevolen wordt hier verder aandacht aan te besteden bij het medisch onderzoek.

Onzekerheden

Van 20 ton lading ontbreekt nog steeds de samenstelling. Het gaat hier om machine onderdelen en elektronica. Volgens de opdrachtgever is de lading niet-militair van aard.

Bij de beoordeling van rampen waar een combinatie van stoffen bij betrokken is, bestaan onzekerheden. Daarnaast zijn er marges in de emissies en in de berekeningen van de immissies.

Bij het bepalen van de effecten van gecombineerde blootstelling aan stoffen nemen deze marges en onzekerheden toe. Het gevolg is dat over de combinatie effecten geen harde conclusies zijn te trekken zonder dat hier gericht epidemiologisch onderzoek naar is gedaan.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

Van 20 ton lading ontbreekt nog steeds de samenstelling. Wij bevelen aan contact te zoeken met de Israëliische autoriteiten over de inhoud en milieu aspecten van deze 20 ton.

Er is nog onduidelijkheid over een administratieve fout van EL AL, waardoor er sprake lijkt te zijn van een extra hoeveelheid naphta. Wij bevelen aan na te gaan of hier inderdaad sprake is van een administratieve fout.

Bij de brand kunnen dioxinen en dibenzofuranen gevormd zijn. Wij bevelen aan ladingresten of hangarstof hierop te onderzoeken.

Er zijn vele schadelijke verbindingen gevormd, waarvan wij voor de belangrijkste de risico's bij blootstelling in kaart hebben gebracht. Wij kunnen niet uitsluiten dat er nog andere stoffen gevormd zijn. Wij vermoeden dat dit voor bijvoorbeeld dioxines en dibenzofuranen het geval is. Deze kunnen ook in de wrakstukken, asresten en puin aanwezig zijn. Via deze materialen kan ook blootstelling zijn opgetreden. Zou het AMC een vervolgonderzoek uitvoeren, dan dient met het voorgaande rekening gehouden te worden en moet worden nagegaan waar en op welke wijze personen kunnen zijn blootgesteld.

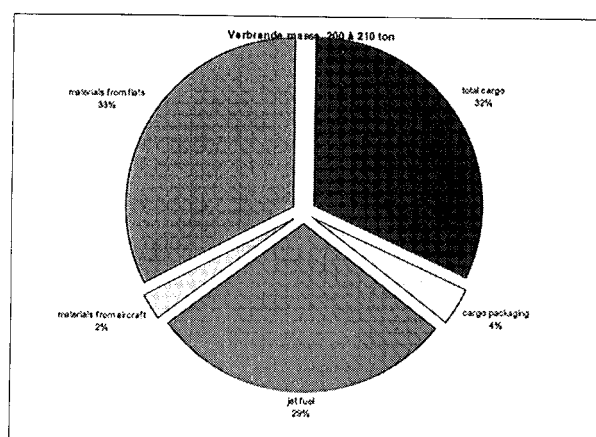
DHV Milieu en Infrastructuur BV

- 12 -

Parlementaire Enquêtecommissie Vliegkamp Bijlmermeer
ML-TE19990176

SLOTCONCLUSIES

De brand kan vergeleken worden met een combinatie van een grote brand in een bouwmaterialenhandel, een groothandel in cosmetica artikelen, een grote woningbrand en een kerosinebrand. Bij de brand waren materialen en goederen, zoals jet fuel, verf, lijmen, oplosmiddelen, kunststoffen, cosmetica, bouwmaterialen en het interieur van woningen betrokken. Bij een dergelijke brand wordt voor brandweermensen adembescherming aanbevolen. De totale verbrande massa van 200.000 à 210.000 kg is als volgt verdeeld:



De gevaarlijke stoffen in de lading hebben een relatief kleine bijdrage gehad aan de blootstellingsrisico's van de mensen die bij deze brand betrokken waren. Zonder deze gevaarlijke stoffen waren de risico's en effecten op de gezondheid ongeveer gelijk geweest.

De brand duurde ca een uur. In dat uur zijn veel materialen volledig verbrand, waarbij schadelijke stoffen kunnen zijn gevormd. Daarvoor gevoelige mensen kunnen hier gezondheidsklachten van hebben gekregen. Deze fase van de brand is met behulp van fysisch-chemische modellen te beschrijven. De smeulfase, die na de volle brand ontstond, is moeilijk modelmatig te omschrijven. Er kunnen andere en veel schadelijker stoffen zijn ontstaan dan tijdens de periode van de volle brand. Deze fase duurde meerdere uren. Omdat de grote brandhaard verdwenen was, konden hulpverleners en omstanders dichterbij komen. Het gevolg is dat de risico's van blootstelling tijdens deze fase groter zijn geweest dan tijdens de volle brand.

Bij eventueel medisch vervolgonderzoek dient nadrukkelijk rekening te worden gehouden met de werkzaamheden die mensen tijdens de brand verrichtten, de plaats van deze werkzaamheden en de tijdsduur van die werkzaamheden. Aanbevolen wordt aan de hand van metingen, voor zover nog mogelijk, de gehalten van gevormde dioxines en dibenzofuranen tijdens deze brand te achterhalen.

DHV Milieu en Infrastructuur BV

- 14 -

Parlementaire Enquêtecommissie Vliegkamp Bijlmermeer
ML-TE19990176

1 INLEIDING

Op 4 oktober 1992 stortte een vrachtvliegtuig, type Boeing 747 van EL AL, neer op flats in de Bijlmermeer. Er brak direct een grote brand uit. Bij dit ongeluk kwamen vermoedelijk 43 mensen om. Veel hulpverleners, zoals brandweer, ambulancepersoneel en vrijwilligers, waren direct bij de brand betrokken. Er waren verder veel omstanders. De dagen daarna waren weer vele mensen betrokken bij het bergen van lichamen en het opruimen van het puin en de vliegtuigresten. Ook lange tijd na de ramp zijn mensen in contact geweest met de resten van de crash.

Sinds dit ongeluk hebben veel mensen, zowel hulpverleners als omstanders, last van ziekteverschijnselen. Deze ziekteverschijnselen zijn divers van aard. Het AMC heeft op basis van interviews met deze mensen geen eenduidige oorzaak kunnen vinden. Diverse factoren kunnen van invloed zijn geweest op het ontstaan van voor personen schadelijke gevolgen:

- De lading van het vliegtuig, waarin schadelijke stoffen aanwezig waren,
- Het verarmd uranium in de staart, dat diende als contra gewicht,
- De vele schadelijke stoffen die tijdens de brand zijn ontstaan,
- De gevoeligheid van bepaalde groepen mensen voor de vrijgekomen en verspreide stoffen,
- De psychische gevolgen van een dergelijke gebeurtenis (posttraumatisch stress syndroom).

Het RIVM heeft, op basis van de weinige gegevens die medio 1998 beschikbaar waren, in opdracht van het ministerie van VWS een onderzoek naar de gezondheidsrisico's uitgevoerd. Het rapport van het RIVM (ref.1) maakt deel uit van het onderzoek van de Parlementaire Enquêtecommissie Vliegcrash Bijlmermeer (PEVB) naar de toedracht van de ramp. De PEVB heeft DHV verzocht het onderzoek van het RIVM op haar uitgangspunten en aannames te evalueren en zo nodig aan te vullen. De evaluatie heeft DHV uitgevoerd in samenwerking met het Fraunhofer-instituut für Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik te Oberhausen, BRD (UMSICHT). Dit instituut is gespecialiseerd in brandchemie en analyses van de verspreiding van stoffen bij brand.

De specifieke onderwerpen van dit onderzoek zijn:

1. Evaluatie van bij de ramp betrokken materialen,
2. Contra-expertise van de aannames en uitgangspunten voor de risico evaluatie van het RIVM-rapport,
3. Beschrijving van de omstandigheden ten tijde van de crash en daarna, die van invloed kunnen zijn op de gezondheid van mensen,
4. Vergelijking van de brand, direct na de crash, met een brand waarbij geen gevaarlijke lading zou zijn betrokken en met branden in het algemeen,
5. Aanvullend onderzoek naar ontbrekende lading en de risico's van vrijgekomen stoffen,
6. Algemene effectbeschrijving van de stoffen en gezondheidsrisico's bij brand, inclusief asbest,
7. Combinatie effecten van uranium en chemische blootstelling bij brand.

De punten 1 t/m 3 zijn opgenomen in hoofdstuk 2. Het aanvullend onderzoek, waaronder de punten 4 en 5, is beschreven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt punt 6 beschreven. Punt 7 is opgenomen in hoofdstuk 5.

Wij benadrukken dat het onderzoek van het RIVM en de voorliggende evaluatie omgeven zijn met onzekerheden. Dit wordt veroorzaakt door de omvang en diversiteit van de bij de brand betrokken hoeveelheden materialen (vliegtuig, vliegtuig brandstof, lading en flats) en de onmogelijkheid om een dergelijke brand precies te beschrijven. In dit rapport hebben wij getracht deze onzekerheden inzichtelijk te maken. Dit betekent dat, waar absolute getallen genoemd staan, dit doorgaans grove benaderingen zijn, die via ladinglijsten, een "best guess" en expert judgement zijn verkregen. Wij merken daarnaast op dat ons onderzoek is gebaseerd op de momenteel beschikbare informatie. Een deel van de lading (20 ton) en de samenstelling daarvan is vooralsnog onbekend.

Er was sprake van een brand waarbij jet fuel, lading met gevaarlijke stoffen, huisraad en bouw- en constructiematerialen betrokken waren. Door de betrokken stoffen in categorieën in te delen, hebben wij de effecten systematisch in kaart gebracht.

In de media is veel aandacht voor de gevaarlijke stoffen in de lading. Aan deze stoffen wordt in deze rapportage expliciet aandacht besteed. Er kunnen ook bij de verbranding van op zich onschadelijke materialen gezondheidsschadelijke ontledingsproducten ontstaan. In de beoordeling van mogelijke gezondheidseffecten zijn daarom alle bij de brand betrokken stoffen met de mogelijke ontledingsproducten betrokken. Wij merken daarnaast op dat ons onderzoek is gebaseerd op de momenteel beschikbare informatie en voornamelijk de situatie van de brand in de Bijlmermeer betreft. De blootstellingsrisico's van materialen na de brand in een hangar op Schiphol zijn niet in beschouwing genomen.

2 EVALUATIE AANNAMES EN UITGANGSPUNTEN RIVM-RAPPORT

2.1 Algemeen

Het RIVM heeft bij de analyse van de brand (ref.1) een aantal uitgangspunten gehanteerd die van invloed zijn op haar eindconclusies. De in het RIVM-rapport aangegeven aannames en uitgangspunten zijn geanalyseerd en, waar relevant, beschouwd op plausibiliteit.

De aannames en uitgangspunten van het RIVM zijn in de volgende paragrafen geëvalueerd. Achtereenvolgens komen aan de orde:

- Het vliegtuig met brandstof: wat was brandbaar (2.2)?
- De lading: wat was brandbaar van de lading en wat zijn nu precies de gevaarlijke stoffen (2.3)?
- De flats: welke brandbare materialen uit de flats waren bij de brand betrokken (2.4)?
- De brandbare en de verbrande massa: welk deel van de brandbare massa kan verbrand zijn (2.5)?
- De brand: hoe lang duurde de brand en welke stoffen kunnen zijn ontstaan (2.6)?
- De emissies: welke hoeveelheden stoffen kunnen zijn ontstaan (2.7)?
- De risico's: welke concentraties aan stoffen kwamen voor (modelbeoordeling) (2.8) en wat is de schadelijkheid daarvan (beoordeling toxiciteit) (2.9)?

N.B.

In de volgende paragrafen is *cursief* weergegeven wat de aannames waren van het RIVM. Deze zijn vervolgens geëvalueerd. In de bijlagen zijn uitwerkingen en details van deze evaluatie opgenomen.

2.2 Het vliegtuig

De vliegtuigbrandstof en constructiematerialen die verbrand kunnen zijn, zijn volgens het RIVM:

- | | |
|--|---|
| - <i>Kerosine:</i> | <i>ca. 51.000 kg</i> |
| - <i>Hydraulische vloeistof (tributylfosfaat):</i> | <i>ca 1.000 kg</i> |
| - <i>Constructiematerialen van het vliegtuig:</i> | <i>38.000 kg brandbare materialen, waarvan 19.000 kg niet nader opgegeven kunststof</i> |

Aan de hand van de informatie over de constructiematerialen van het vliegtuig, zijn opnieuw de hoeveelheden materiaal die bij de brand betrokken waren geschat. Wij komen tot de volgende hoeveelheden brandbaar materiaal voor het vliegtuig en de brandstof:

Brandstof

De hoeveelheid kerosine bij start is gerapporteerd als 71 ton. Hiervan is volgens het RIVM 10 ton verbruikt bij de start en 10 ton onverbrand verdwenen in de bodem.

Deze getallen, met uitzondering van de 71 ton, moeten als zeer grove schattingen worden beschouwd. Verwacht mag worden dat er door het verlies van twee motoren en de vleugelbeschadigingen een ongecontroleerde hoeveelheid brandstof is vrijgekomen vóór de crash. Onze bevindingen zijn als volgt:

Vóór het opstijgen bevatte het vliegtuig 71.000 kg jet fuel. Bij de start van een dergelijk vliegtuig wordt ca. 3.000 kg gebruikt (zie brief Boeing in bijlage 3). Vermoed wordt dat door het afvallen van de motoren brandstof weggelekt is. Daarnaast is nog brandstof gebruikt tijdens het rondcirkelen. De exacte hoeveelheid is niet bekend. Hoewel een onderbouwing hiervoor ontbreekt, zijn wij vooralsnog uitgegaan van een vergelijkbare hoeveelheid als bij de start, nl. 3.000 kg. Dit betekent dat bij het neerstorten in het vliegtuig totaal ca. 65.000 kg jet fuel aanwezig is geweest. In de bodem is in een later stadium tussen 875 en 1.675 kg jet fuel aangetroffen (zie bijlage 6). Wij schatten op basis daarvan dat tussen 60.000 en 65.000 kg jet fuel verbrand is en geen 51.000 kg kerosine zoals het RIVM aanneemt.

Tributylfosfaat

In het hydraulisch systeem is volgens Boeing ca. 660 kg tributylfosfaat aanwezig geweest (zie bijlage 3).

Constructiematerialen

In het vliegtuig zijn volgens opgave van Boeing diverse kunststoffen gebruikt (zie bijlage 3). Totaal bedraagt de hoeveelheid kunststoffen in het vliegtuig circa 7.200 kg. Het RIVM schatte dit op aanzienlijk meer: 19.000 kg kunststof. Dit heeft consequenties voor de berekende emissies.

2.3 De lading

Onze evaluatie is gebaseerd op gegevens die de opdrachtgever beschikbaar heeft gesteld en enkele malen heeft bijgesteld. Een samenvatting van de voor de evaluatie gebruikte ladinggegevens volgens de laatste wijziging (4 februari 1999) is opgenomen in bijlage 4.

De ladinggegevens bestaan uit de volgende documenten:

- Cargo Manifest, } elders opgenomen in het eindrapport van de
- NOTOC (Notification to the captain), } PEVB
- Airwaybills
- Cargo Review (samenvatting van de RLD)

Alle lading dient vermeld te zijn op de Cargo Manifest (een samenvatting van alle ladingpapieren). Alle gevaarlijke stoffen dienen daarbij nog eens expliciet gemeld en gespecificeerd te staan op de NOTOC. De Cargo Review is het overzicht dat de RLD op basis van de NOTOC (Amsterdam-Tel Aviv) en het Cargo Manifest in een eerder stadium gemaakt heeft.

Gewicht van de totale lading

Het RIVM noemt twee ladinggewichten:

- 114.700 kg volgens de Rijks Luchtvaartdienst (RLD),
- 106.968 kg volgens de commissie Hoekstra.

Het verschil van 7.732 kg zou, zoals ook het RIVM aangeeft, verklaard kunnen worden door het gewicht van de containers en pallets (bijlage 4). Daardoor verschillen de opgaven weinig. Controle van de RLD-gegevens (zie bijlage 4) wijst op 106.667 kg lading, hetgeen dichtbij de opgave van de commissie Hoekstra ligt. Onze evaluatie wijst op een lading van 115.000 kg lading, inclusief pallets. De aannames van het RIVM zijn daarmee volgens de ons beschikbaar gesteld gegevens correct.

Samenstelling van de lading

Onze analyse (bijlage 4 en 9) wijst op een afwijkende samenstelling ten opzichte van die door het RIVM gehanteerd. De verschillen zijn samengevat in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Samenstelling lading.

	<i>RIVM</i>	Evaluatie
Brandbare lading, inclusief verpakking, gevaarlijke stoffen en kunststoffen	50.000 à 55.000 kg	75.000 à 80.000 kg
Kunststof-gehalte van de lading, incl. verpakking	37.500 kg	45.000 à 50.000 kg
Chloorgehalte van de lading, incl. verpakking	1.425 kg	3.500 à 4.000 kg

Uit deze tabel concluderen wij dat het RIVM de brandbaarheid en de schadelijkheid van de lading bij brand te laag heeft ingeschat.

Gevaarlijke stoffen in de lading

Aan de hand van de door de RLD opgegeven ladinglijst heeft het RIVM 10.000 kg gevaarlijke stoffen in beschouwing genomen en daarvan 1.600 kg als risicovol materiaal beschouwd.

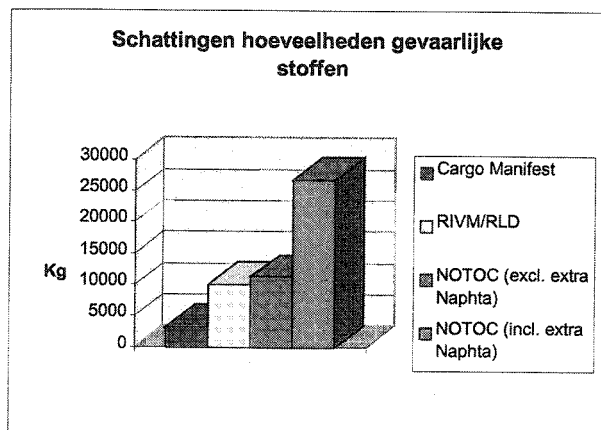
De RLD noemt in de Cargo Review 10.603 (afgerond 10.000) kg gevaarlijke stoffen. Dit zijn stoffen die brandgevaarlijk, giftig, corrosief of bijtend zijn, bijvoorbeeld verven, lijmen en cosmetica.

Volgens de NOTOC was mogelijk zelfs ruim 26.000 kg gevaarlijke stoffen aan boord in plaats van de op de Cargo Review gemelde en door het RIVM gebruikte ca. 10.600 kg. De NOTOC maakt melding van een volume van ca 23.000 liter naphta, overeenkomend met een gewicht van ca 16.000 kg. Naphta is een brandbare, maar geen extreem gevaarlijke stof. Het Cargo Manifest noemt slechts ca 900 kg naphta. Dit is mogelijk een verklaring voor het verschil tussen de NOTOC en Cargo Review. Indien een volume van 23.000 liter aanwezig zou zijn geweest, is dit om meerdere redenen opmerkelijk:

- Naphta is een aardolie product dat gebruikt wordt als brandstof in motoren. Normaal wordt naphta getransporteerd per pijplijn of per tankschip;
- Een dergelijk volume moet zijn opgevallen bij de belading;
- Een dergelijk extra gewicht kan de luchtwaardigheid van het vliegtuig in gevaar hebben gebracht.

Omdat wij vermoeden dat de extra hoeveelheid naphta een administratieve fout betreft, hebben wij deze, na goedkeuring van de opdrachtgever, achterwege gelaten in de verdere beoordeling.

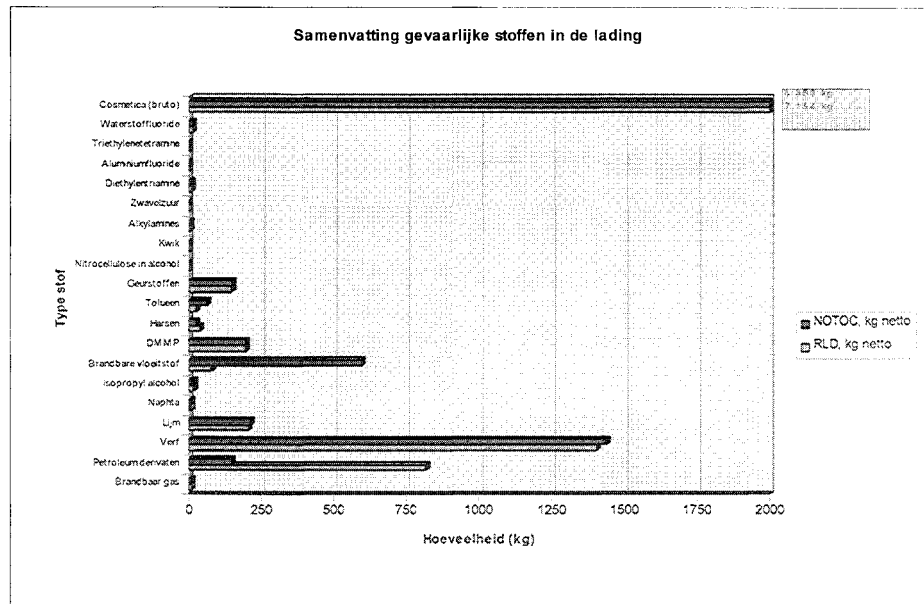
Zonder de extra naphta komen wij uit op een lading gevaarlijke stoffen van circa 11.200 kg. Het Cargo Manifest noemt dat in totaal 3.361,9 kg gevaarlijke stoffen aan boord waren. In figuur 2.2 zijn de in de verschillende ladingdocumenten genoemde hoeveelheden samengevat.



Figuur 2.1 Schatting hoeveelheden gevaarlijke stoffen op basis van de verschillende documenten.

Samenstelling gevaarlijke stoffen in lading

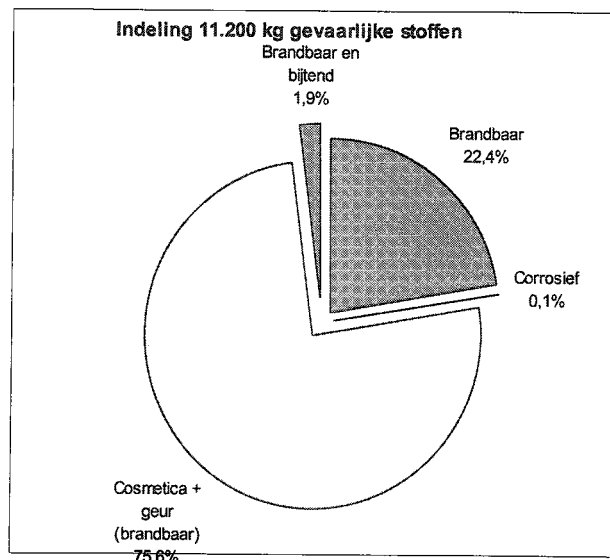
In bijlage 4 is een uitgebreide analyse opgenomen van de samenstelling van de gevaarlijke stoffen in de lading. In figuur 2.2 zijn de resultaten hiervan grafisch weergegeven. De hoeveelheden gevaarlijke stoffen die de RLD heeft gevonden zijn groen weergegeven. Deze hoeveelheden zijn door het RIVM gehanteerd in haar berekeningen. In rood zijn onze bevindingen weergegeven, exclusief de mogelijke extra hoeveelheid naphta (NOTOC, circa 22 m3). Inclusief deze extra hoeveelheid zou het gewicht aan brandbare vloeistof bijna 16.000 kg bedragen.



Figuur 2.2 Overzicht van gevaarlijke stoffen volgens de NOTOC in de lading.

Opgemerkt wordt dat de NOTOC, behalve de in de figuur weergegeven 8.350 kg, nog eens circa 15.000 kg extra cosmetica in de gevaarlijke lading noemt. Alle airwaybill nummers hiervan waren gelijk. Deze hoeveelheid berust vermoedelijk op een fout op de NOTOC. Wij hebben deze 15.000 kg, na goedkeuring van de opdrachtgever, niet verder in beschouwing genomen.

In figuur 2.3 is de gevaarlijke lading ingedeeld naar hoofdtypen van stoffen (brandbaar, corrosief en brandbaar + bijtend). De hoeveelheid cosmetica (brandbaar) is separaat weergegeven.



Figuur 2.3 Indeling gevaarlijke stoffen naar hoofdtypen.

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- Er worden op de verschillende ladingdocumenten verschillende definities van gevaarlijke stoffen gehanteerd. Het totaal aan gevaarlijke stoffen is onszijns 11.200 kg;
- Er was volgens de NOTOC veel meer brandbaar materiaal (in de vorm van naphtha) aanwezig dan volgens de Cargo Manifest en de Cargo Review (totaal circa 22 m³ meer, ofwel circa 16.500 kg). Deze extra hoeveelheid hebben wij niet verder meegenomen in onze berekeningen.
- Met name cosmetica was volgens de NOTOC in grotere hoeveelheid aanwezig (ca 1.200 kg meer) dan de RLD eerder had geschat. Deze extra hoeveelheid hebben wij wel meegenomen in onze beschouwingen.
- De meeste gevaarlijke stoffen waren brandbaar.

Risicovol materiaal

Het RIVM noemt 7 stoffen die als risicovol materiaal in de circa 10.000 kg gevaarlijke stoffen moeten worden beschouwd. Deze 7 stoffen zijn:

- wolframcarbide	284,8	kg
- dimethylmethylphosphonaat	217,35	kg
- aluminiumfluoride	0,2	kg
- nitrocellulose met alcohol	2,7	kg
- chromaat in verf	12,5	kg
- waterstoffluoride	5,7	kg
- morpholine salicylate	1.111	kg

Totaal	1.634	kg

Van de door het RIVM aangegeven risicovolle stoffen meldt de NOTOC alleen aluminiumfluoride, nitrocellulose met alcohol en waterstoffluoride. De andere stoffen komen niet op de NOTOC of Cargo Manifest voor of zijn vermeld als "paint related material" (chromaat in verf) en "flammable liquid" (DMMP). Wolframcarbide (zeer harde verbinding die in boren en slijpschijven wordt gebruikt) en morpholine salicylate (geneesmiddel) komen alleen op de Cargo Review van de RLD voor. Deze zijn niet terug te vinden in de NOTOC of Cargo Manifest. Waarom het RIVM morpholine salicylate als risicovol beschouwd is niet duidelijk. Dimethylmethylphosphonaat (DMMP) is als zodanig niet herkenbaar op de NOTOC of Cargo Manifest. In totaal was van deze stof 180 liter aan boord. Van deze stof kan onder meer het zenuwgas Sarin gemaakt worden (zie bijlage 7). Uit de aanwezige hoeveelheid DMMP kon ca 40 m3 Sarin (als 100% gas onder atmosferische omstandigheden) gemaakt worden. De schatting van 12,5 kg chromaat is gebaseerd op één partij verf. Mogelijk is deze schatting aan de lage kant, omdat meerdere partijen verf aanwezig waren. Munitie, waar in de media wel melding van wordt gemaakt, is niet op de NOTOC of Cargo Manifest aangetroffen.

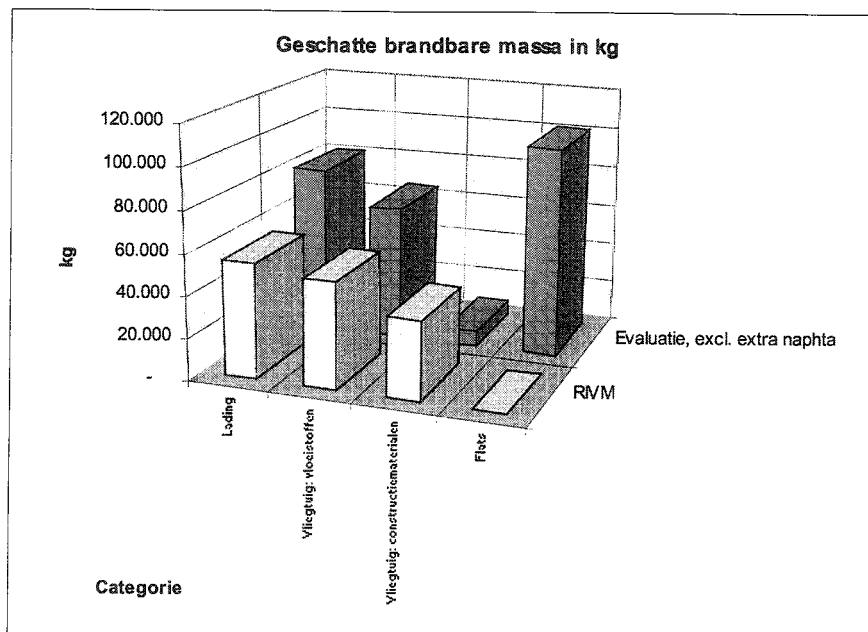
2.4 Materialen flats

Het RIVM heeft de materialen uit de flats buiten beschouwing gelaten, omdat ze dezelfde samenstelling zouden hebben als de materialen uit de lading.

Brandbare materialen

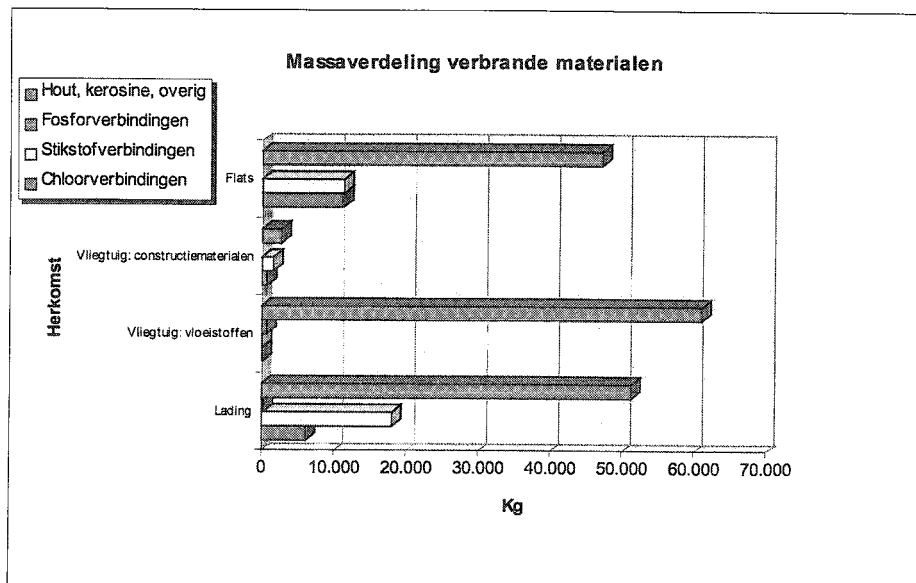
Wij hebben uit de foto's en informatie van de opdrachtgever opgemaakt dat in totaal circa 40 flats direct bij de brand na de crash betrokken zijn geweest (uitgebrand en/of ingestort). Door verbranding van diverse soorten kunststoffen (zoals PVC, polyurethaan en polystyreen) kunnen bij de brand schadelijk stoffen zijn vrijgekomen. De 40 flats kunnen op basis van de gegevens in bijlage 4 en 9 redelijkerwijs ca. 100.000 kg brandbare materialen hebben bevat, waarvan geschat is dat 65.000 à 70.000 kg verbrand is (bijlage 6 en figuur 2.4).

Uit figuur 2.4 kan afgeleid worden dat de brandbare materialen uit de flats een substantieel onderdeel vormen van de totale brandbare massa. Figuur 2.5 geeft inzicht in de geschatte hoeveelheid brandbaar materiaal in de lading, de vliegtuigbrandstof, de vliegtuigconstructie en de flats.



Figuur 2.4 Geschatte brandbare massa's.

De kunststoffen die zich in de lading van het vliegtuig en de vliegtuigconstructie bevonden, kwamen ook voor in de flats. Gezien de hoeveelheid kunststof die naar schatting in de flats aanwezig was, kan deze niet verwaarloosd worden ten opzichte van de kunststoffen in de lading en de constructiematerialen van het vliegtuig. Uit figuur 2.5 kan bijvoorbeeld afgeleid worden dat vermoedelijk naar verhouding meer PVC in de flats voorkwam dan in de lading of de constructiematerialen van het vliegtuig.



Figuur 2.5 Globale verdeling van typen brandbare materialen.

Asbest

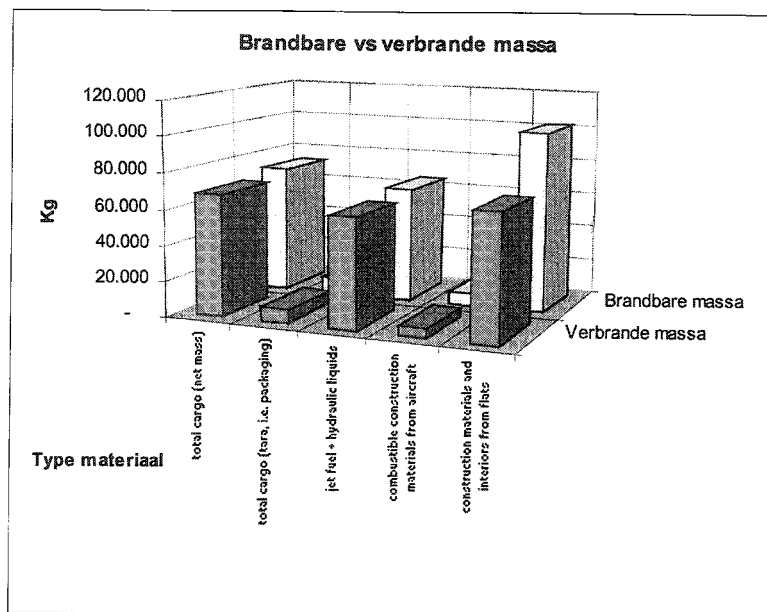
Het RIVM heeft geen aandacht aan asbest besteed. Pas recent bleek dat ca. 9.000 kg asbest uit het puin van de flats verwijderd is. In paragraaf 3.4 wordt verder ingegaan op asbest.

2.5 Brandbare massa en verbrande massa

De hoeveelheid bij de brand betrokken materialen heeft het RIVM geschat op ca 144.500 kg.

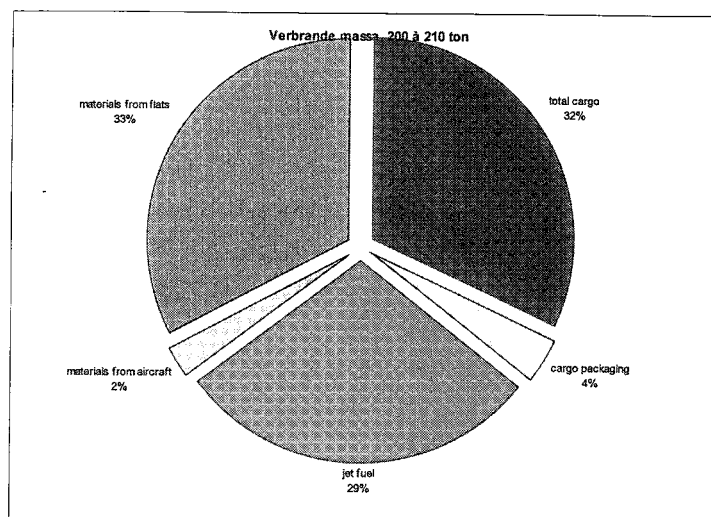
Uitgaande van onze bevindingen beschreven in de voorgaande paragrafen, schatten wij de totale hoeveelheid aanwezig, brandbaar materiaal op ca. 250.000 kg. Dit is exclusief de vermeende extra hoeveelheid naphtha. Dit is ca 100.000 kg meer dan het RIVM heeft geschat. Wij schatten dat ca 70% van de totale hoeveelheid brandbaar materiaal (200.000 à 210.000 kg) verbrand is.

Het RIVM is uitgegaan van een kleinere brandbare massa, omdat het materiaal van de flats niet in beschouwing is genomen. Dit wordt deels gecompenseerd doordat het RIVM te veel vliegtuigmaterialen als brandbaar heeft beschouwd.



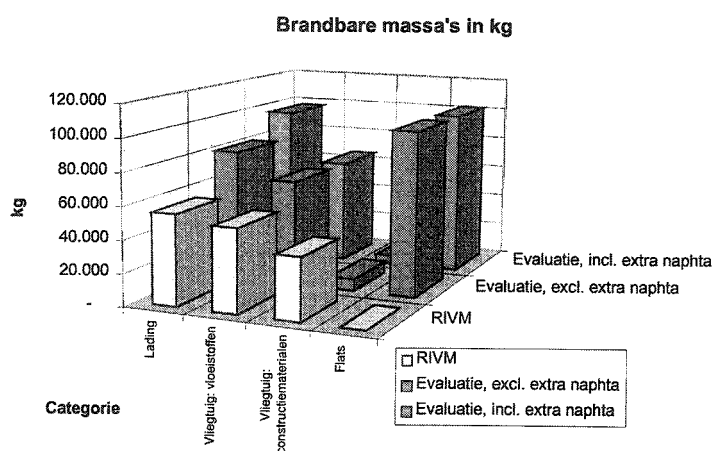
Figuur 2.6 Schatting van brandbare en verbrande massa.

Een overzicht van de brandbare en verbrande massa is opgenomen in figuur 2.6. In figuur 2.7 is aangegeven wat de herkomst is van de verbrande massa.



Figuur 2.7 Verbrande massa's, geschatte procentuele verdeling.

Op grond van de NOTOC zijn er aanwijzingen dat er meer brandbare massa aanwezig was in de lading van het vliegtuig in de vorm van een extra hoeveelheid naphtha. De hoeveelheid brandbare massa kan dus op verschillende manieren worden bepaald. In figuur 2.8 zijn de resultaten van de verschillende benaderingen samengevat. In geel is de door het RIVM beschouwde brandbare massa weergegeven. In groen is weergegeven welke massa ons inziens in beschouwing had moeten worden genomen, uitgaande van de Cargo Review. In rood is weergegeven welke massa in het toestel aanwezig zou zijn geweest op basis van de NOTOC; dus inclusief de extra naphtha.



Figuur 2.8 Overzicht van verschillende hoeveelheden bij de brand betrokken brandbare massa.

2.6 De brand

De brand duurde volgens het RIVM een uur. Het RIVM gaat er vanuit dat er sprake was van een volledige verbranding van alle bij de brand betrokken materialen. De brand was verdeeld over twee brandhaarden. Het oppervlak van de brandhaarden bedroeg 540 m² respectievelijk 270 m². De brandbare materialen zijn daarbij als homogeen verdeeld beschouwd.

Onder volledige verbranding wordt verstaan: een verbranding waarbij er voldoende zuurstof in de lucht is om brandbare materialen volledig te verbranden. Er ontstaan daarbij wel schadelijke gassen, maar in mindere mate dan bij een onvolledige verbranding.

Ten tijde van de ramp zijn er door de brandweer eenvoudige luchtmetingen verricht. Er was geen aanleiding om uitgebreide metingen uit te voeren, omdat was meegedeeld dat er geen gevaarlijke stoffen aan boord waren. Dientengevolge zijn geen meetgegevens beschikbaar met

betrekking tot de vrijgekomen stoffen en concentraties en heeft het RIVM zich moeten richten op een modelmatige benadering.

Brandfasen en duur van de brand

In de betreffende brand zijn drie fasen te onderscheiden:

1. Een vuurbal,
2. Een volle brand,
3. Een smeulfase.

De vuurbal direct na de crash (fase 1) duurde ca. 30 seconden. Een deel van de jet fuel is op dat moment verbrand. Op basis van de afmetingen van de vuurbal schatten wij dat dit slechts een geringe hoeveelheid jet fuel betreft (zie bijlage 8). De verbranding van jet fuel tijdens de vuurbal heeft geen significante invloed op het verloop van de daarop volgende volle brand.

Fase 2 (volle brand) wordt, evenals fase 1, gekenmerkt door volledige verbranding. Er was sprake van een groot vuur (oppervlaktebrand) in de open lucht bij voldoende wind. Door de grootte van de brand ontstond een grote pluimstijging waardoor de verbrandingsproducten zijn verdund en verspreid over een groot oppervlak. Onvolledige verbranding is dan niet aanmerkelijk (zie ook bijlage 6, Duitse Richtlijn 10/03). Voor de eerste en de tweede fase van de brand is de aanname van het RIVM dat volledige verbranding heeft plaatsgevonden dus gerechtvaardigd.

Voor de tijdsduur van de volle brand (fase 2) is het RIVM uitgegaan van één uur. Deze tijdsduur is in overeenstemming met het brandweerrapport (bijlage 6). Na dit uur had de brandweer de oppervlaktebranden geblust.

Tijdens de smeulfase (fase 3) kunnen er door onvolledige verbranding schadelijke stoffen geproduceerd zijn. In de smeulfase van een brand is de brandbare massa nog dermate heet, dat er door onvolledige verbranding nog gassen kunnen ontsnappen. Deze gassen zijn vaak schadelijker dan de gassen die bij een volledige verbranding vrijkomen. Op de video-opnames is dit proces herkenbaar: er is nog goed rookontwikkeling waarneembaar, nadat de brand geblust is. Omdat de vuurhaard in deze fase niet meer bestaat en er ook geen grote hitte straling is, kunnen personen in deze fase vrij dichtbij de bron aanwezig geweest zijn. Het RIVM heeft deze fase, die meerdere uren duurde, buiten beschouwing gelaten.

Oppervlak en vorm van de brand

Het oppervlak van de brandhaarden (540 m² respectievelijk 270 m²) heeft het RIVM gebaseerd op gegevens van de RLD uit 1994.

Er is in het RIVM-rapport niet voldoende onderbouwd of de twee vuurhaarden een identiek karakter hebben. Indien één van de twee brandhaarden meer of juist minder jet fuel als voeding voor de brand heeft gehad, is dit van invloed op de modellering.

Het totale brandend oppervlak is volgens het RIVM groter geweest dan het oppervlak van de twee brandhaarden samen. Het RIVM gaat hier verder niet op in.

In het rapport ontbreekt een analyse van de invloed van de branden buiten de vuurhaard. De totale hoeveelheid verbrand materiaal is mede ten gevolge van deze branden mogelijk groter

dan de door het RIVM aangegeven 144.500 kg. Volgens onze schattingen zou 200.000 tot 210.000 kg materiaal verbrand kunnen zijn (zie ook 2.5).

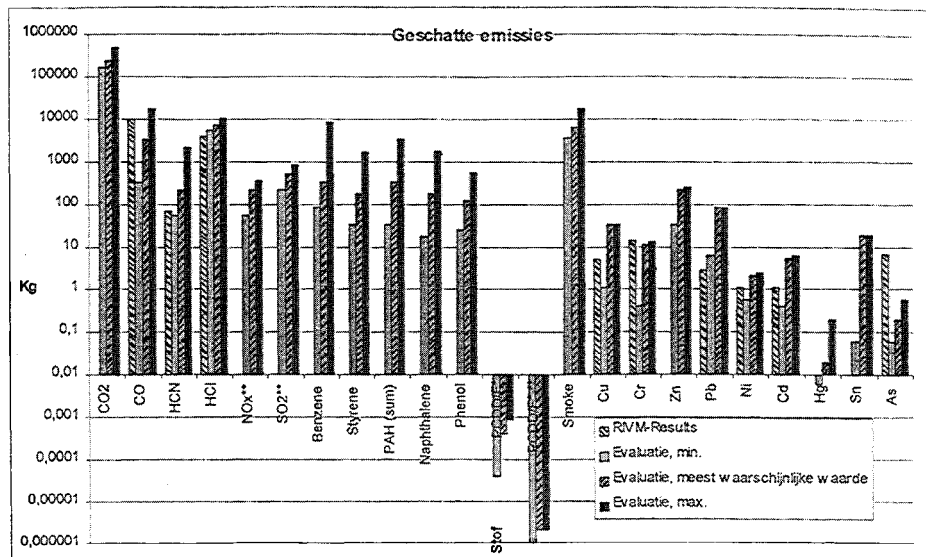
Op de video-opnames is duidelijk te zien dat er buiten de grote brandhaarden vele kleine branden waren. Deze kleine brandjes van stukken lading en constructie-/bouwmaterialen, hadden ieder hun eigen samenstelling, brandsnelheid en pluimstijging. Het gevolg is dat de concentraties die het RIVM heeft berekend, geen vaste concentraties zijn, maar getallen die omgeven zijn door een grote spreiding. De invloed van deze spreiding op de concentraties wordt in paragraaf 2.8 en in bijlage 8 uitgewerkt.

Nadat de grote vuurhaarden verdwenen waren, konden hulpverleners/omstanders dichterbij de plaats van de ramp komen. In die fase (fase 3: smeulfase) werden, volgens getuigeverklaringen, met de hand en (soms) onbeschermd brokstukken verplaatst. Het gevolg is dat blootstelling kan hebben plaatsgevonden aan veel hogere, schadelijke concentraties en/of ontledingsproducten ten gevolge van onvolledige verbrandingen. Opname van stoffen via de huid en het maagdarmkanaal (inname via de mond) mag in deze fase niet uitgesloten worden.

2.7 Emissies

Het RIVM heeft op basis van alle emissies en aannames een risico-evaluatie uitgevoerd. De conclusie daarvan is dat de blootstelling aan schadelijke stoffen beperkt is geweest, zodat daarvan geen (blijvende) gezondheidseffecten zijn te verwachten. Volgens het RIVM is in totaal 32 mg I-TEQ polychloordibenzodioxinen en -dibenzofuranen in de lucht gekomen.

In figuur 2.9 is een overzicht opgenomen van de emissies van een aantal verbrandingsproducten. Het overzicht bevat de schattingen en berekeningen van deze evaluatie (zie voor onderbouwing bijlage 6) en de schattingen en berekeningen volgens het RIVM.



Figuur 2.9 Geschatte emissies in fase 1 en 2 met spreiding.

De spreiding in de geschatte emissies is groot. De reden daarvoor is dat er vele onzekerheden zijn die hier van invloed op zijn, zoals de hoeveelheid daadwerkelijk verbrande massa.

De 7 risicovolle stoffen (zie opsomming in paragraaf 2.3) heeft het RIVM apart beschouwd. Voor deze stoffen is het RIVM uitgegaan van een volledige verspreiding zonder verbranding. Voor DMMP (dimethylmethylphosphonaat) is uitgegaan van verschillende wijzen (volledig, onvolledig, gedeeltelijk etc.) van verbranding.

Wij achten deze benaderingswijze correct, omdat het een worst-case benadering betreft.

De volgende conclusies kunnen getrokken worden:

- het RIVM heeft veel verbrandingsproducten buiten beschouwing gelaten, waardoor de werkelijke blootstellingsrisico's anders zijn;
- waar het RIVM wel emissies noemt, zijn deze doorgaans lager dan volgens deze evaluatie. Ze vallen echter in het algemeen binnen de spreiding die in deze evaluatie is bepaald.

2.8 Modelberekeningen

Modelkeuze

Het RIVM heeft ervoor gekozen om concentraties van stoffen te berekenen met het plasbrandmodel PFGN, gecombineerd met het verspreidingsmodel UDM. Daarnaast heeft het

RIVM ook berekeningen uitgevoerd met een 3D verspreidingsmodel geschikt voor het bepalen van de verspreiding van stoffen in complexe situaties.

Vanwege het ontbreken van adequate meetgegevens heeft het RIVM gebruik gemaakt van modellen om concentraties te berekenen en daaruit gezondheidsrisico's af te leiden. Beide modellen zijn geschikt voor het bepalen van de concentraties ten gevolge van brand.

Het RIVM heeft in de modellering rekening gehouden met de windsnelheid en de omgevingstemperatuur, het oppervlak van de branden, de brandduur, de brandsnelheid en de warmte-inhoud. De mogelijke spreiding in de resultaten is door het RIVM enerzijds bepaald door het in rekening brengen van de gebouwinvloed (PGEM/UDM-model) en anderzijds door het verwaarlozen van de pluimstijging (3D-model).

Naast de instellingen van het model (wel/geen pluimstijging en wel/geen gebouwinvloed) wordt de spreiding in de resultaten ook bepaald door de spreiding in de invoergegevens. Behalve de spreiding in de emissies, is dit de spreiding in invoergegevens als brandoppervlak, brandsnelheid en warmteinhoud. De branden zijn ons inziens niet als een homogeen geheel te beschouwen. Het RIVM heeft hier in de modellering onvoldoende rekening meegehouden (zie modelresultaten).

Modelresultaten

Het RIVM is bij de berekening uitgegaan van twee brandhaarden, namelijk het inslagpunt en de binnenplaats. Voor beide vuurhaarden zijn bij de modellering van de verspreiding dezelfde uitgangspunten gehanteerd: een hoge brandsnelheid, een groot aaneengesloten oppervlak en een hoge brandtemperatuur. Op basis van de rookgasproductie is voor beide vuurhaarden een omrekeningsfactor vastgesteld ter bepaling van de concentratie gevaarlijke stoffen. Deze omrekeningsfactor is voor het inslagpunt een factor 2 hoger dan voor de binnenplaats. De concentratie van gevaarlijke stoffen is berekend met behulp van de omrekeningsfactor voor de binnenplaats.

Zowel de berekening met het plasbrandmodel PFGEN/UDM als de berekening met het 3D model leiden tot rookgasconcentraties in de orde-grootte van 1-10 g/m³. De range is berekend door enerzijds een schatting te maken van de gebouwinvloed (PFGEN/UDM) en anderzijds de pluimstijging (3D) te verwaarlozen.

In werkelijkheid (videobeelden, informatie brandweer Amsterdam) was er sprake van een grote brandhaard ter plaatse van het inslagpunt en meerdere kleinere branden van divers materiaal op de binnenplaats.

Eén van de invoergegevens is de hoeveelheid rookgas. Deze heeft het RIVM bepaald aan de hand van de stoichiometrie (theoretische chemische reactie) van de verbranding van jet fuel.

Het RIVM neemt de samenstelling van kerosine als C₁₄H₃₀, zijnde het midden van de range van C₁₀ tot C₁₈.

Deze aanname lijkt niet geheel correct: kerosine bestaat uit stoffen die vluchtiger zijn en een lager molecuulgewicht hebben. Voor Jet Fuel A1 wordt een range opgegeven van C₇ tot C₁₇. Dit betekent dat de stoichiometrie van verbranding verandert en de verdamping van kerosine

wat makkelijker zal verlopen gezien de lichtere componenten in de brandstof. De consequenties voor de berekeningsresultaten van het RIVM zijn echter gering.

Niet zeker is of de wijze waarop de hoeveelheid rookgassen is bepaald (alleen op kerosine basis, met volledige verbranding en geen zuurstof-beperking) juist is. Op basis van stoichiometrische berekeningen van de hoeveelheid rookgas voor brandstoffen met een andere samenstelling concluderen wij dat de hoeveelheid rookgas in die situaties weinig afwijkt. De berekeningsresultaten van het RIVM worden door een andere stoichiometrie nauwelijks beïnvloed.

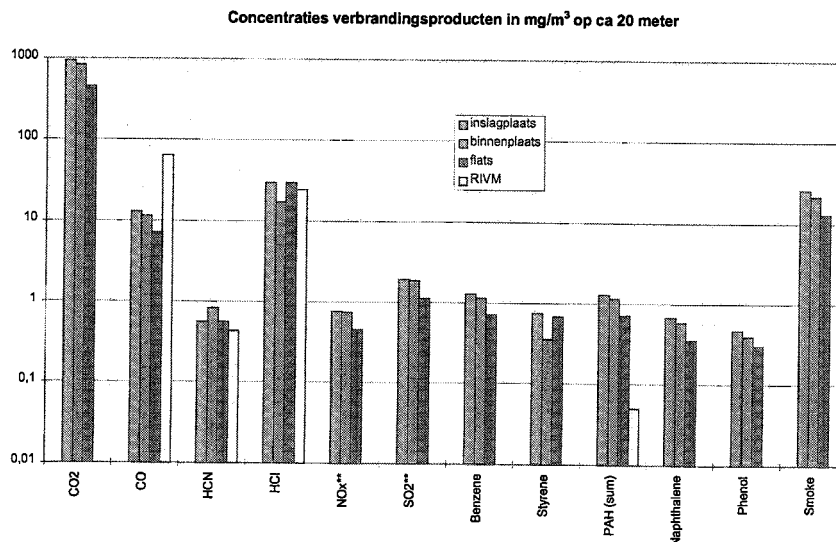
Ons inziens zijn gevaarlijke stoffen zowel vrijgekomen op het inslagpunt als de binnenplaats. Het RIVM is er van uitgegaan dat alle gevaarlijke stoffen alleen vrijkwamen op de binnenplaats en niet op het inslagpunt.

De resultaten van het model zijn omgeven met een grote spreiding. Deze spreiding wordt bepaald door:

- De keuze van de invoerparameters, zijnde de emissies met ieder op zich al een grote spreiding (zie vorige paragraaf),
- De ruimtelijke spreiding van de branden (inslagplaats, binnenplaats, flats),
- De spreiding in de keuze van de modelparameters (brandsnelheid, brandoppervlak, warmte-inhoud, etc.):
 - Inslagpunt: de gebruikte uitgangspunten voor de modellering geven hier betrouwbare resultaten,
 - Binnenplaats: hier was sprake van meerdere (kleinere) branden van diverse materialen. De keuze van de modelparameters bepaalt in belangrijke mate de concentraties. Modellering van de brand als een verzameling kleinere vuurhaarden geeft op korte afstand hogere concentraties.

In bijlage 8, appendix 1 hebben wij dit inzichtelijk gemaakt. De onderstaande figuur 2.10 geeft inzicht in de invloed van de extra brandbare massa en de spreiding van de emissies over de verschillende vuurhaarden. In deze figuur zijn de meest waarschijnlijke concentraties ten gevolge van de emissies van schadelijke ontledingsproducten ter plaatse van het inslagpunt, de aangrenzende flats en de binnenplaats weergegeven. De gemiddelde waarde van het RIVM voor al deze plaatsen samen is in geel weergegeven. De concentraties zijn op niet-lineaire schaal (logaritmisch) weergegeven. Tussen twee horizontale lijnen zit een factor 10 verschil.

11



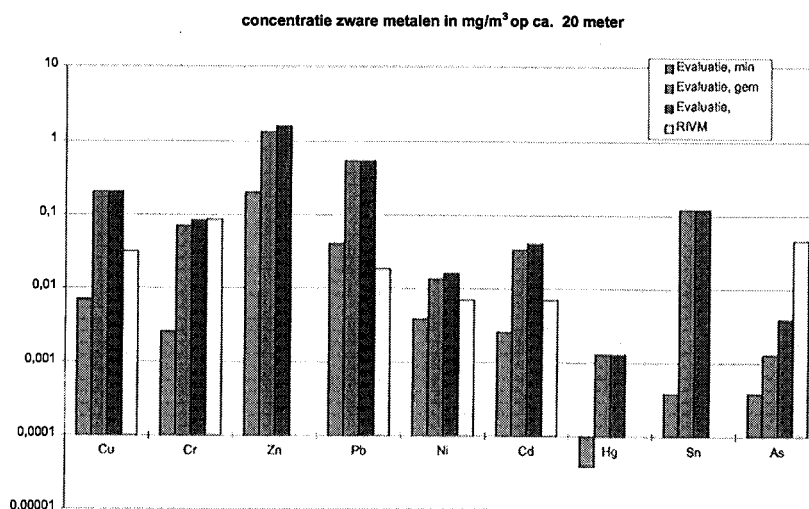
Figuur 2.10 Berekende concentraties stoffen op verschillende plaatsen.

Uit de figuur 2.10 en bijlage 8 kan het volgende worden geconcludeerd:

- De door het RIVM berekende concentraties kunnen wij grotendeels onderschrijven,
- Het mee in beschouwing nemen van de brandbare massa uit de flats heeft een vrijwel geen invloed op de hoogte van de concentraties. Het is echter wel aannemelijk dat in de nabijheid van alle brandhaarden dezelfde orde-grootte van concentraties aan stoffen is voorgekomen en dat de berekende concentratieniveaus over een groter gebied zijn voorgekomen,
- Het is aannemelijk dat op de binnenplaats op korte afstand (20 tot 30 meter) tot een orde-grootte factor 10 hogere concentraties zijn voorgekomen dan het RIVM heeft berekend. Ten westen van het inslagpunt (gebied Z) is de afstand tot de binnenplaats zodanig groot dat het redelijk is de verzameling vuurhaarden op de binnenplaats als één grote vuurhaard te beschouwen. De door het RIVM berekende concentraties geven hier een correct beeld,
- Het RIVM heeft van veel stoffen geen emissies bepaald en dus ook geen concentraties berekend,
- De meest opvallende afwijkingen ten opzichte van de resultaten van het RIVM zijn: de door ons berekende concentraties PAK (polycyclische aromatische koolwaterstoffen) zijn veel hoger en de door ons berekende concentraties CO (koolmonoxide) zijn veel lager.

Verspreiding van zware metalen

Met betrekking tot zware metalen onderschrijven wij de mening van het RIVM, dat deze grotendeels op de binnenplaats terecht zijn gekomen. De emissies van de zware metalen zijn door ons echter anders ingeschat (zie ook 2.7). Tevens zijn door ons meer metalen in beschouwing genomen.



Verspreiding van DMMP

Het RIVM is er van uitgegaan dat 217 kg DMMP is verspreid of verbrand. Het DMMP is vrijgekomen op de binnenplaats, binnen de daar aangenomen grote vuurhaard met een brandend oppervlak van 540 m². In het geval van verspreiding zonder enige vorm van verbranding zou de concentratie maximaal 1,39 mg/m³ zijn geweest.

Aansluitend op de opmerkingen als bovengenoemd onder 'modelresultaten' is ook het volgende denkbaar:

- DMMP is vrijgekomen op de inslagplaats: de concentratie van DMMP is in dat geval 2x zo hoog geweest als de concentratie op de binnenplaats,
- DMMP is op de binnenplaats vrijgekomen in of nabij een van de kleine vuurhaarden: afhankelijk van de condities binnen deze vuurhaard kunnen de concentraties op korte afstand een factor 0,5 tot 5 hoger zijn geweest (zie ook bijlage 8). De concentraties kunnen daarmee hebben gevarieerd van 0,7 tot 7 mg/m³.

Naast DMMP waren ook nog andere stoffen aanwezig die als grondstof voor Sarin gebruikt kunnen worden: isopropylalcohol en waterstoffluoride/aluminiumfluoride. De laatste drie stoffen zijn overigens gangbare chemicaliën voor chemische laboratoria. Een vierde stof om Sarin te maken, thionylchloride, was niet aan boord, waardoor de kans op vorming van Sarin tijdens de brand zeer klein is.

Bluswater

Het RIVM heeft geen aandacht besteed aan het bluswater.

Tijdens de brand kunnen ook stoffen in het bluswater terecht zijn gekomen, zoals jet fuel, tributylfosfaat, gedeelten van de lading en verbrandingsproducten. Het RIVM heeft hier geen aandacht aan besteed.

2.9 Evaluatie toxicologische beoordeling

Het RIVM heeft een toxicologische beoordeling gegeven van de stoffen die vrijgekomen zijn bij de brand. Eén van de belangrijkste uitgangspunten is dat gevaarlijke brandgassen gelijkmatig verdeeld over één uur zijn ontweken.

De toxicologische profielen van individuele stoffen (bijlage 6 van het RIVM-rapport) zijn van goede kwaliteit. Wij hebben op onderdelen een aantal opmerkingen (zie ook bijlagen 9 en 10):

Beschouwde stoffen

De keuze van het RIVM voor stoffen hangt samen met de aanwezigheid van bepaalde, specifieke chemische stoffen in de lading en een aantal stoffen die in producten kunnen voorkomen. Daarnaast wordt opgemerkt dat er in de verbrandingsgassen nog een reeks andere toxische producten kunnen zijn voorgekomen waarvan er een aantal worden genoemd zoals chloor, zwaveldioxide, zwavelwaterstof, stikstofoxiden, e.a.. Het RIVM baseert zich op een recente eigen publicatie (1998; nr. 610066009) van een studie naar de verbrandingsproducten van chemicaliën of bestrijdingsmiddelen. In de studie zijn, naast bestrijdingsmiddelen, alleen PVC-poeder aan de orde gekomen en geen andere kunststoffen.

Er wordt voor een aantal individuele stoffen beoordeeld hoeveel een omstander/bewoner in een uur tijd zou kunnen hebben ingeademd.

In het RIVM-rapport (ref.1) zijn diverse gebruikelijke stoffen niet meegenomen of zelfs niet genoemd. Dientengevolge is een aantal stoffen die zouden kunnen zijn ontstaan, niet meegenomen, zoals zwaveldioxide, stikstofdioxide, benzeen, styreen, naftaleen, fenol, acroleïne en isocyanaten.

De vorming van isocyanaten als mogelijk ontledingsproduct van polyurethaan bij brand heeft het RIVM niet meegenomen. In de lading was sprake van polyurethaanverf. Verder was er polyurethaan aanwezig in de vliegtuigconstructie en kan het aanwezig zijn geweest in schuimrubber matrassen, meubelen en PUR-isolatie. Zie verder bijlage 9 en 10 voor een toxicologische beoordeling.

In het RIVM-rapport (ref.1) is geen beschouwing opgenomen over 'verbrandings-toxicologie' van kunststoffen en van natuurlijke producten. Dat gaat om een tak van onderzoek waarbij men de giftigheid onderzoekt van rook van kunststoffen die vrijkomen bij brand of pyrolyse en waarbij men onderlinge vergelijkingen van producten maakt. Hier gaan wij in bijlage 10 verder op in. In veel kunststoffen komen broomhoudende brandvertragers voor. Bij brand kunnen daaruit dioxinen en dibenzofuranen ontstaan. Vanwege de lage hoeveelheid chloor ten opzichte van de hoeveelheid broom in kunststoffen, is het RIVM van mening dat dit geen verdere aandacht behoeft. Ons inziens is dat niet terecht. Een onderbouwing is gegeven in bijlage 9.

Combinatietoxicologie/ gecombineerde blootstellingen

Het RIVM heeft geen rekening gehouden met combinatietoxiciteit, o.a. van prikkelende stoffen op luchtwegen (zoutzuur, rook, zwaveldioxide, e.a.). Een voorbeeld hiervan is de adsorptie van

stoffen zoals zoutzuur aan stofdeeltjes, waardoor deze gedeeltelijk dieper in de luchtwegen kunnen dringen. Er is bewijs dat in PVC-rook andere componenten dan zoutzuur aanwezig zijn, die ervoor zorgen dat rook van brandend PVC irriterender is dan een gelijke concentratie zoutzuur (ref.13).

Dioxinen en dibenzofuranen

Behalve het feit dat er geen rekening is gehouden met dioxinen en dibenzofuranen ten gevolge van de ontleding van de broomhoudende brandvertragers in kunststoffen, is er door het RIVM geen rekening gehouden met dioxinen en dibenzofuranen in residuen van de verbranding en in roet nabij de brandplaatsen. Uit (bodem)onderzoek bij illegale kabelbrandlocaties in Amsterdam is gebleken, dat daar hoge gehalten dioxinen kunnen voorkomen. Nadere details staan opgenomen in bijlage 9. De verrichte onderzoeken op/in de bodem van de Bijlmer en op stof in de hangar zijn niet gericht geweest op dioxinen en dibenzofuranen.

Het is zinvol om alsnog een mengmonster van de verbrandingsresten van het vliegtuig of desnoods een mengmonster van hangar-stof op dioxinen en dibenzofuranen te onderzoeken (en om daarbij niet alleen chloor- maar ook broomhoudende moleculen te betrekken). Uit indicatieve berekeningen van ons volgt dat intensief huidcontact met, en/of ingestie van, verbrandingsresten en roet tijdens de berging of maanden- tot jarenlange inademing van opwervende verbrandingsresten in de hangar, mogelijk heeft kunnen leiden tot enige blootstelling, die evaluatie behoeft.

Risicoberekeningen

In de formule die door het RIVM is gebruikt voor de berekening van huidopname van stoffen in grond waarmee men in contact komt ontbreekt een factor. Het gaat om de "dermale absorptiesnelheid (DAR)" die in de oorspronkelijke formule - in combinatie met de blootstellingsduur - wel voorkomt. De DAR is daarin 0,005 voor volwassenen en 0,01 voor kinderen. Het gevolg is dat het RIVM de dermale dosis bij jet fuel en tributylfosfaat twee orden van grootte te hoog heeft berekend. Het wel verdisconteren van deze factor leidt overigens niet tot een andere conclusie.

De berekening van de kans op extra kankergevallen door de Bijlmerramp, met de formule van de Gezondheidsraad, is bij een deel van de carcinogene stoffen niet juist uitgevoerd, waardoor het desbetreffende risico te hoog wordt ingeschat. Twee factoren spelen een rol:

- Het RIVM heeft geen rekening gehouden met de omstandigheid dat de blootstelling bij inademing één uur heeft geduurd (in plaats van een etmaal in de formule),
- Het risico is omgerekend naar een levenslang risico en kennelijk weer vermenigvuldigd met het aantal levensjaren

Het gevolg is dat het risico een factor 700 hoger is ingeschat voor chroom, antimoon en PAK.

Het bluswater kan onverbrande jet fuel, tributylfosfaat, chemicaliën uit de lading en verbrandingsproducten, waaronder zoutzuur, hebben bevat. Vooral de concentratie jet fuel en aromaten zou plaatselijk hoog kunnen zijn. Bij blootstelling aan de onbeschermde huid van voeten en benen kan dit leiden tot allergische reacties. Aanbevolen wordt hier verder aandacht aan te besteden bij het medisch onderzoek.