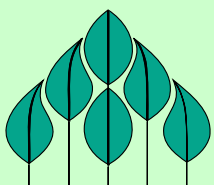


# Studie naar droogprocessen voor diervoedergrondstoffen en HACCP

Kwaliteitsreeks nr 101  
November 2004



Productschap Diervoeder

# Studie naar droogprocessen voor diervoedergrondstoffen en HACCP

Kwaliteitsreeks nr 101  
November 2004

Productschap Diervoeder  
Stadhoudersplantsoen 12  
2517 JL Den Haag  
Telefoon 070 – 370 85 03  
pdv@hpa.agro.nl  
www.pdv.nl

Oplage: 100

## Voorwoord

Een van de acties, voortvloeiend uit het Plan van aanpak versterking kwaliteitsborging diervoedersector 1999, was het in beeld brengen van risico's van droogprocessen bij direct droging. Met name de dioxinebesmetting van Braziliaanse citruspulp, maar later ook de dioxinebesmetting van Duits broodmeel werden veroorzaakt door het droogproces. Naast het gebruik van brandstoffen speelt daarbij ook de afstelling van de drooginstallatie een belangrijke rol.

Het heeft nogal wat moeite gekost om de beoogde inventarisatie en risicobeoordeling tot een goed einde te brengen. Uiteindelijk kon de studie met succes worden uitgevoerd door CCL Research te Veghel. Het resultaat is hierna in deze publicatie opgenomen. Het bevat een unieke hoeveelheid informatie, omdat nog niet eerder op deze schaal zulke informatie verzameld is. Evenwel is zeker nog niet alle gewenste kennis beschikbaar en is aanvullend onderzoek ter validering gewenst.

Dit rapport bevat de resultaten van een onderzoek naar de gevaren ("hazards") en risico's ("risks") van het drogen van voedermiddelen (diervoedergrondstoffen), in direct contact met warme verbrandingsgassen, al of niet opgemengd met tertiaire drooglucht.

Deze studie had tot doel aard en omvang van dit risico zodanig in kaart te brengen dat doeltreffende beheersmaatregelen kunnen worden vastgesteld. Naast een rapport is in het kader van het project tevens een HACCP-rekenmodel voor "direct drogen" van voedermiddelen opgeleverd.

Het rekenmodel lijkt een goed bruikbaar en eenvoudig hulpmiddel om op systematische wijze een *eerste* analyse te doen van directe droging onder een breed scala van praktijksituaties. Vanwege het ontbreken van daartoe geëigende datasets kon het model slechts beperkt worden gevalideerd. De uitgevoerde validaties gaven voor deze situaties een realistische risicoschatting. De onderliggende dataset is echter nog onvoldoende voor het uitvoeren van betrouwbare risicoschattingen voor de volledige diversiteit van gebruikte voedermiddelen. Een verdere ontwikkeling van het model wordt aanbevolen. Conclusies op basis van analyse met dit rekenmodel zijn altijd ondergeschikt aan een volledige HACCP analyse door een deskundige auditor.

Ondanks deze beperkingen is hiermee een bruikbaar instrument voor toepassing in de praktijk beschikbaar voor het verder optimaliseren van de risicobeoordeling van de productie van voedermiddelen.

PRODUCTSCHAP DIERVOEDER

J. den Hartog  
secretaris

Projectrapport – Fase 1 + 2 + rekenmodel  
Versie 6 definitief

Bezoekadres  
N.C.B.-laan 52 • 5462 GE Veghel  
Postadres  
Postbus 107 • 5460 AC Veghel  
Telefoon  
(0413) 382633 • Fax  
E-mail  
ccl-research@ccl.nl



Titel:

## Studie naar droogprocessen voor diervoedergrondstoffen en HACCP

Project nummer PDV: FV.03.3001  
Document nummer PDV: V&K\_04\_03

Veghel, 2 september 2004

Auteurs:  
Peter de Bot  
Harald Dahlmans  
P. Enthoven  
Gölf Heijnen  
Aart Mul

Projectnummer : CCL - **335.03.V.01+02**

Opdrachtgever : Productschap Diervoeder, Dr. L.Vellenga.

Uitvoerder : CCL BV, afdeling CCL Research

Projectleider : ir. P. de Bot

Projectteam: : ir. H. Dahlmans, drs. P. Enthoven, dr.ir. G. Heynen, ir. A. Mul

Versie en datum : versie 6, 2 september 2004

Status : Definitief

Projectnaam : **Studie naar droogprocessen voor diervoedergrondstoffen en HACCP**

Fase 1: Inschatten en beoordelen van risico's van "direct drogen".  
Fase 2: Evaluatie van specifieke voedermiddel-gerelateerde risico's.

Met rekenmodel: Risico-evaluatie "direct drogen" van voedermiddelen.

## INHOUDSOPGAVE

	<b>pagina</b>
1. Samenvatting en voorlopige conclusies	1
2. Inleiding en maatschappelijk kader	5
2.1. Inleiding	5
2.2. Maatschappelijk kader	7
3. Doelstelling van dit onderzoek	8
4. Focus en afbakening van het project	9
5. Uitvoering van het onderzoek – Fase 1	11
5.1. Onderzoek naar data en relevante achtergrondkennis	11
5.2. Beoordeling en verwerking van literatuurgegevens	14
5.2.1. Beoordeling verkregen informatie	14
5.2.2. Huidige kennisleemten	15
5.2.3. Verwerking van verworven informatie	15
5.2.4. Vergelijking van verbrandingsprocessen	15
5.2.5. Drijvende krachten bij ontwerp en uitvoering	17
5.2.6. Rubricering van onderzoeksresultaten	18
5.3. Uitvoering van het onderzoek – Fase 2	19
6. Onderzoeksresultaten van projectfase 1	20
6.1. Brandstoffen	20
6.2. Branders / luchtverhitters	26
6.2.1. Typen branders	26
6.2.2. Procesvoering branders	27
6.3. Drogers	28
6.3.1. Typen drogers	28
6.3.2. Procesvoering drogers	30
6.4. Toeslagstoffen	31
7. Onderzoekresultaten van projectfase 2	32
7.1. Producttype en productsamenstelling gerelateerde risico's	32
7.2. Herkomstgerelateerde risico's	33
8. Beheersmaatregelen	35
9. Werking van het HACCP –rekenmodel	37
10. Conclusies en aanbevelingen	40
10.1. Conclusies	40
10.2. Aanbevelingen	42
11. Literatuurlijst	43
12. Verklarende woordenlijst	48

Bijlagen, zie volgende pagina.

Ingebonden Bijlagen:

1. Overdracht van Dioxinen
2. Overdracht van PAK's
3. Overdracht van Zware metalen
4. Tabellen : Contaminatie-risico's van verschillende brandstoffen; 1A-1D, 2A-2D
5. Voorbeeld kwaliteitscertificaat voor steenkool (niet elektronisch beschikbaar)
6. Beoordeling concept HACCP rekenmodel " Direct drogen" door RIKILT.
7. Gegevens RIKILT; Resultaten nationale monitoring diervoeder RIKILT-RVV
8. Invulblad en output HACCP rekenmodel "Direct drogen"
9. Vragenlijst voor interviews met externe deskundigen, Fase 2.
10. Projectplan CCL Research d.d. 16-05-2003
11. Brandstofrisico's van belang bij beoordeling geschiktheid brandstof voor direct drogen.
12. Overwegingen bij risicobeoordeling NOx

Los bijgevoegd (uitsluitend voor opdrachtgever):

13. Notitie KEMA + aanvulling, B.H. te Winkel
14. Notitie NIZO drogen zuivelproducten
15. Programmadiskette HACCP-rekenmodel "direct drogen"

# 1. Samenvatting en conclusies

Dit rapport bevat de resultaten van een onderzoek naar de gevaren ("hazards") en risico's ("risks") van het drogen van voedermiddelen (diervoedergrondstoffen), in direct contact met warme verbrandingsgassen, al of niet opgemengd met tertiaire drooglucht. Deze zgn. "directe droging" wordt nog slechts beperkt toegepast voor drogen van voedingsmiddelen voor humane consumptie, maar wordt nog frequent toegepast voor het drogen van diervoedermiddelen (diervoedergrondstoffen). Deze droogtechniek wordt toegepast in Nederland en in andere Europese landen. Maar vooral ook in niet-Europese landen waar voedermiddelen worden geproduceerd en bewerkt, die in Nederland worden aangeboden en toegepast in diervoeding.

Het drogen van voedermiddelen door "directe droging" is in het "Plan van aanpak versterking kwaliteitsborging diervoedersector" van het Productschap Diervoeder (1999) aangemerkt als een kritische processtap uit het oogpunt van voedselveiligheid. Sinds 1999 wordt in opdracht van het Productschap Diervoeder (PDV) onderzoek gedaan met de bedoeling aard en omvang van dit risico zodanig in kaart te brengen dat doeltreffende beheersmaatregelen kunnen worden vastgesteld.

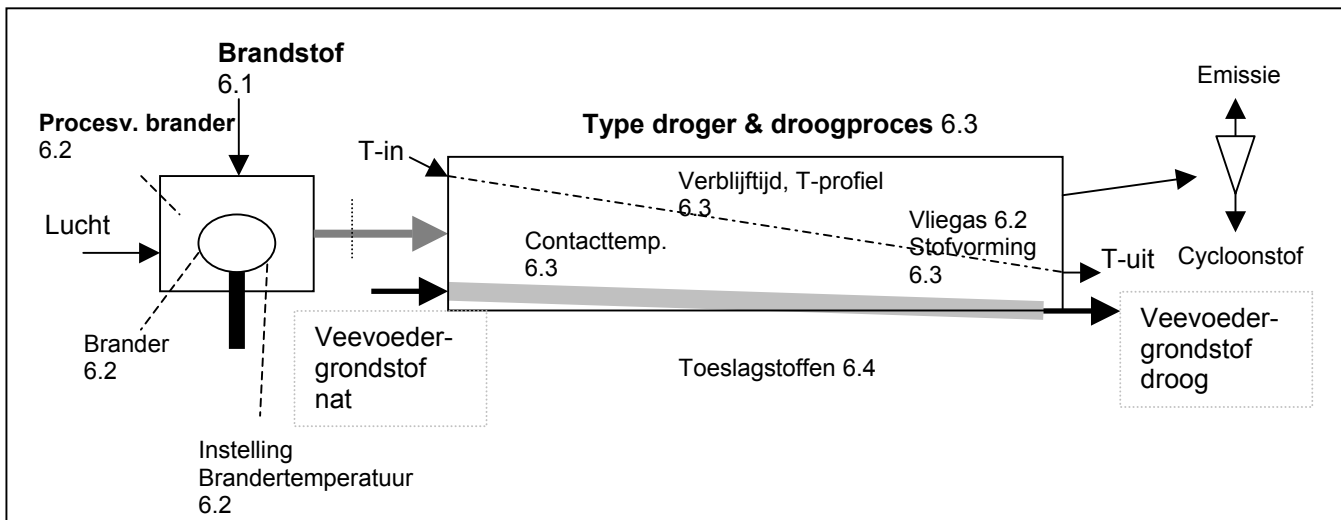
Het onderhavige onderzoek, in opdracht van het Productschap Diervoeder uitgevoerd door CCL Research te Veghel, heeft als doel om tot een afgerond oordeel en advies te komen. Dit oordeel en advies wordt opgesteld op basis van reeds in voorgaande projecten vergaarde informatie, aangevuld met binnen dit project vergaarde aanvullende informatie.

Het project is uitgevoerd in twee fasen, conform de overeenkomst met PDV. Fase 1 was gericht op het (generiek) inventariseren, inschatten en beoordelen van de gevaren en risico's van "directe droogprocessen" (Horizontale risicoschatting). Op basis van de resultaten is een rekenmodel opgesteld voor risicoschatting in specifieke situaties.

In Fase 2 zijn de in Fase 1 verworven inzichten toegepast om meer specifiek de risico's van "direct drogen" in te schatten voor verschillende stromen van voedermiddelen. Hiermee wordt een bijdrage geleverd aan de kwantificering van "verticale risicoschatting" van voedermiddelen die droogprocessen ondergaan.

Het onderzoek in Fase 1 is gestart met het inventariseren van relevante informatiebronnen en van feitelijke en achtergrondinformatie die nodig geacht werd om de projectdoelstelling te realiseren (hoofdstuk 4.1). Daarbij werd opnieuw vastgesteld dat via de gebruikelijke bronnen, onvoldoende en slechts fragmentarisch informatie kon worden verkregen v.w.b. de uitvoering en risicoschatting van droogprocessen voor voedermiddelen. Er moest dus gebruik worden gemaakt van informatie uit andere sectoren (energie, afval en milieu) en van persoonlijke mededelingen van deskundigen. In het onderzoek moesten diverse aannamen gemaakt worden, die in het verdere onderzoek niet alle geverifieerd konden worden. De verkregen informatie is geordend door deze in te passen in het schematische model van het "directe droogproces" (zie hoofdstuk 6.2.6).





In Fase 1 van dit onderzoek is getracht om de belangrijkste "Risk Drivers" te identificeren en zo kwantitatief mogelijk in te schatten. Als belangrijkste "Risk Drivers" van het droogproces zijn geïdentificeerd:

- brandstof;
- brandertype;
- verbrandingscondities;
- temperatuurprofiel in de droger.

Daarnaast zijn diverse factoren geïdentificeerd die een effect hebben op de hoogte van het risico en de mogelijkheid om dit voldoende nauwkeurig in te schatten.

Bijmenging van toeslagstoffen en stoffracties kunnen een (ernstig) additioneel risico opleveren.

De HACCP systematiek kent risico's toe met de getalswaarden 1 t/m 4 en verbindt daaraan beheersmaatregelen. Om het risico van "direct drogen" goed in te kunnen schatten, gegeven het multifactoriële karakter van het droogproces, is een interactief rekenmodel opgesteld waarin in eerste instantie op een schaal van 1 t/m 10.000 risico's kunnen worden gekwantificeerd (hoofdstuk 8). Uiteindelijk wordt deze schatting echter teruggebracht tot de gangbare HACCP beoordelingsschaal 1 t/m 4. De systematische identificatie en (verplichte) toekenning van risico-oordelen aan "hazards" resulteert ook in een oorzaakgerelateerde vaststelling van punten van aandacht en beheersmaatregelen. Het rekenmodel maakt de risicoschatting transparant, ook voor gebruikers die zich niet dagelijks verdiepen in droogprocessen.

De gevaren ("hazards") en risico's gerelateerd aan brandstoffen worden behandeld in hoofdstuk 6.1.

Een conclusie van dit onderzoek is dat "direct drogen" goed mogelijk is (zonder onacceptabele risico's) bij gebruik van de in de PDV-richtlijn "GMP en QC beheersmaatregelen m.b.t. te drogen producten en drooginstallaties" genoemde "acceptabele brandstoffen" (aardgas, butaan / propaan en lichte stookolie). Direct drogen is ook mogelijk bij gebruik van diverse schone en gecontroleerde gasvormige en vaste biobrandstoffen en goede kwaliteiten steenkool. Wel onder de voorwaarden dat deze brandstoffen "droog" en niet gecontamineerd zijn en dat het verbrandingsproces adequaat is ingericht, goed wordt uitgevoerd en systematisch wordt gecontroleerd.

Het gebruik van afvalstoffen (vloeibaar [bijv. gebruikte organische oplosmiddelen, afvalolie] en vast [bijv. plastic, sloophout] als brandstof leidt vrijwel zeker tot ernstige contaminatie van het voedermiddel en resulteert dus in een onacceptabel risico.

De risico's gerelateerd aan het verbrandingsproces zelf (de luchtverhitter) worden behandeld in de hoofdstuk 6.2 (typen branders en procesvoering brander ). Voorlopige conclusie is dat keuze van het type brander (aangepast aan de brandstof), maar vooral de procesvoering van de kachel/luchtverhitter bepalend zijn voor het ontstaan van ongewenste stoffen zoals PAK's, dioxinen, NOx .

Er mag niet van uitgegaan worden dat verbrandingsprocessen in de branders/ luchtverhitters van drogers schadelijke stoffen in brandstoffen (zoals PAK's, DMNA, PCB's, PBB's, Dioxinen en andere Organo-Chloor –verbindingen) voldoende afbreken. Het verbrandingsproces elimineert dus niet het risico van met deze stoffen gecontamineerde brandstof. De vorming van NOx uit lucht-stikstof bij hoge temperaturen, die zich juist voordoet bij overigens "optimale verbranding", is een speciaal punt van aandacht.

De risico's gerelateerd aan het temperatuurtraject in de droger en het contact met het te drogen product worden behandeld in hoofdstuk 6.3. De risico's betreffen a) de "de novo" synthese (nieuwvorming) van dioxinen, de condensatie en depositie van verontreinigende stoffen zoals metalen en PAK's, b) de reactie van het te drogen product met reactieve componenten in het drooggas (NOx, SOx) en c) ongewenste thermische afbraak van het te drogen product, waardoor ongewenste stoffen kunnen ontstaan.

De algemene conclusie van dit onderzoek is dat temperatuurtrajecten in drogers in principe voldoende beheersbaar zijn. Beheersmaatregelen daarvoor moeten wel per situatie worden vastgesteld.

Risico's gerelateerd aan de toevoeging van toeslagstoffen, drooghulpmiddelen en droogstoffracties worden behandeld in hoofdstuk 6.4. Toeslagstoffen dienen o.i. als zodanig te voldoen aan de productnormen voor voedermiddelen zoals gesteld in GMP-14. Enkele calamiteiten in het verleden hebben aangetoond dat toeslagstoffen een serieus risico kunnen vormen. Deze dienen daarom altijd in de productspecificatie en in de verticale risicoanalyse van een voedermiddel te worden vermeld. Microscopische analyse van voedermiddelen is een eenvoudige methode voor onderkenning en identificatie van toeslagstoffen, ook op lage niveaus die met chemische analyse niet altijd eenduidig zijn vast te stellen.

Stoffracties afgescheiden uit de uitlaatgasstroom van direct gestookte drogers, kunnen worden teruggevoerd in het gedroogde product.

Gezien de kans dat juist deze stoffractie hogere gehalten aan ongewenste stoffen bevat, is deze terugvoer af te raden, tenzij wordt bewaakt dat deze stoffractie voldoet aan de productnormen die voor het betreffende product gelden.

In Fase 2 van dit onderzoek zijn de risico's van enkele productspecifieke droogprocessen nader bestudeerd en in kaart gebracht. Daarvoor is het in Fase 1 ontwikkelde risicomodel gebruikt. In Fase 2 is ook getracht om informatie te verkrijgen over droogprocessen zoals die buiten West Europa en Noord Amerika worden gepraktiseerd. In het bijzonder van droogprocessen in kleinschalige opstellingen die buiten de directe invloedssfeer en controle van gecertificeerde producenten en van handelaren in voedermiddelen worden uitgevoerd. Om deze informatie te verkrijgen zijn gesprekken gevoerd met deskundigen die uit eigen ervaring een beeld konden geven van deze processen en van de gevaren en risico's die daarmee samenhangen. De resultaten van Fase 2 worden behandeld in hoofdstuk 7. De verkregen informatie is relevant maar zeker niet volledig.

Het is niet mogelijk, maar ook niet zinvol gebleken om in dit onderzoek volledige risicoschattingen te maken voor alle droogprocessen die in de voortbrengingsketens van alle voedermiddelen (diervoedergrondstoffen) voorkomen of kunnen voorkomen. Daarvoor is de praktijk te divers en te veel bepaald door lokale situaties, die ook nog eens in de tijd aan verandering onderhevig zijn. Een oordeel daarover in dit rapport zou ten onrechte tot verdachtmakingen of tot schijnzekerheden kunnen leiden.

De definitieve risicoschatting van een productspecifiek droogproces zal uiteindelijk door de toeleverancier van het betreffende voedermiddel moeten worden aangeleverd aan de afnemer (GMP 26a en 26b). De generieke verticale risico-analyses per product of productgroep zijn hierbij een goede leidraad, al zijn niet alle droogprocessen hierin toereikend beschreven.

Het in dit onderzoek ontwikkelde rekenmodel lijkt een goed hulpmiddel om de risico's van specifieke droogprocessen te analyseren en (semi-) kwantitatief te beoordelen. Het rekenmodel kan in de toekomst nog verder verfijnd worden.

De conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek zijn puntsgewijs vermeld in hoofdstuk 10 van dit rapport. Fase 2 heeft niet geleid tot wezenlijke bijstelling van de voorlopige conclusies die na afloop van Fase 1 getrokken zijn.

In Fase 2 is niet gebleken dat indeling van voedermiddelen in groepen gerelateerd aan herkomst of chemische samenstelling wezenlijke additionele informatie oplevert omtrent te verwachten risico's.

De uiteindelijke conclusie van dit onderzoek is dat droogprocessen met "directe droging" zonder onaanvaardbare risico's voor de dierlijke productie in Nederland en de voedselketen kunnen worden uitgevoerd, mits aan een aantal goed gedefinieerde voorwaarden wordt voldaan. Deze voorwaarden betreffen de in dit onderzoek geïdentificeerde "Risk Drivers" en de toepassing van een GMP-HACCP systematiek op de droogprocessen zelf en op de materiaalstromen die daarmee verband houden (brandstoffen, hulpstoffen, product-logistiek). Het ontbreken van toereikende informatie over droogprocessen in een voortbrengingsketen van voedermiddelen moet (overeenkomstig de HACCP systematiek) automatisch resulteren in toekenning van de hoogste risico-score "4". Dit betekent dus afwijzing van het betreffende voedermiddel, tenzij middels het uitvoeren van aanvullende beheersmaatregelen voldoende garantie voor de veiligheid daarvan kan worden gegeven.

Een nuancering daarvan mag o.i. zijn dat gebrekkige informatie over samenvoeging van productstromen in het "collecteurs" traject in landen van oorsprong geaccepteerd kan worden mits er geen aanwijzingen zijn dat systematisch riskante methoden worden gepraktiseerd.

## 2. Inleiding en maatschappelijk kader

### 2.1. Inleiding

Het onderzoek naar de risico's van droogprocessen voor de veiligheid van diervoedermiddelen, dat in dit rapport wordt beschreven, is uitgevoerd in opdracht van het Productschap Diervoeder. Het is een vervolg op een aantal eerdere onderzoeken gericht op dezelfde problematiek, die sinds 1999 door het Productschap Diervoeder zijn geïnitieerd. Dit onderzoek zou moeten leiden tot complementeren van eerdere aanzetten om te komen tot een model voor risicoschatting voor droogprocessen toegepast in de productiekolom van diervoedermiddelen tot een systematiek voor gerichte beheersmaatregelen voor deze processen, die direct toepasbaar zijn in HACCP modellen voor diervoedermiddelen (GMP 26a, 26b).

De basis van dit onderzoek gaat terug tot juni 1999. Toen heeft het Productschap Diervoeder (PDV) een "Plan van aanpak versterking kwaliteitsborging diervoedersector" in gang gezet. Aanleiding hiertoe was o.a. een aantal serieuze calamiteiten op dit terrein. Deze systematische aanpak resulteerde al in 1999 in de GMP regeling voor de diervoedersector. In 2000 werd deze uitgebreid met een HACCP model voor de diervoedersector dat geïntegreerd werd met het GMP model tot het huidige GMP+ model (Productschap Diervoeder, 2000).

In het "Plan van Aanpak" werden vier probleemgebieden geïdentificeerd die dringend nader zouden moeten onderzocht, aangezien zij mogelijk tot ernstige risico's voor de consument van voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong zouden kunnen leiden. Eén van deze 4 risico's werd toen omschreven als: "Contaminatie van grondstoffen tijdens het drogen in direct contact met verbrandingsgassen".

In November 1999 werd door een projectgroep van RIKILT-DLO, in afstemming met het Productschap Diervoeder en de werkgroep RIGRO, en in samenwerking met TNO-Voeding een onderzoek gerapporteerd (RIKILT-DLO, 1999).

In dit "RIGRO onderzoek" is uitgegaan van een zgn. "horizontale risicoanalyse" van de veevoederketen, waarbij de vier eerder gesignaleerde risico's, verbonden aan onderscheiden processtappen in de keten, in hoofdlijnen zijn geïnterpreteerd. Daarbij is nog niet ingegaan op specifieke omstandigheden en risico's gerelateerd aan specifieke productstromen (de zgn. "Verticale risicoanalyse").

In hoofdstuk 6 van het "RIGRO rapport" worden de mogelijke gevaren, gerelateerd aan drogen in direct contact met verbrandingsgassen, geïdentificeerd en kort beschreven. Vastgesteld wordt dat binnen de EU het drogen van voedingsmiddelen met "direct gestookte drogers" nauwelijks meer voorkomt. De belangrijkste reden hiervoor is o.i. het streven om de kans op vorming van carcinogene nitrosamines (N-nitroso-methylamines, i.h.b. DMNA) te minimaliseren in voedingsmiddelen voor humaan gebruik. Er is onvoldoende inzicht in de mate waarin "direct gestookte drogers" voor diervoeder binnen en ook buiten de EU worden toegepast. Hoewel gevaren van contaminatie van het product met DMNA (DNMA, DMN), PAK's (PAH), dioxinen, PCB's, PBB's worden gesignaleerd, kunnen de werkelijk aanwezige risico's voor de voedselketen nog niet voldoende worden ingeschat en is er onvoldoende informatie beschikbaar om adequate beheersmaatregelen vast te stellen.

Op basis van het RIKILT-DLO onderzoek en in opdracht van de RIGRO werkgroep ("Risico Inventarisatie GRondstoffen") heeft een ad hoc "subwerkgroep droging" onder regie van TNO-MEP (Projectleider en secretaris Ing. J. Boot), getracht om de gesignaleerde risico's van "directe drogen" nader in kaart te brengen en om daarvoor daadwerkelijk te nemen beheersmaatregelen vast te stellen (TNO-MEP, 2000). In haar rapport (projectnr. 30786 van 11 januari 2000) beschrijft de werkgroep de aard en herkomst van de grondstofstromen voor diervoeder, een aantal daarvoor gebruikte droogtechnologieën en de daarbij meest gebruikelijke brandstoffen. De werkgroep komt tot een aantal conclusies met betrekking tot (groepen van) grondstofstromen, brandstoffen en brander- en drogerinstellingen. De werkgroep komt ook tot de conclusie dat onvoldoende concrete informatie beschikbaar is om te komen tot specifieke beheersmaatregelen, zoals beoogd, maar doet op basis van haar onderzoek de volgende vijf aanbevelingen om in een vervolgproject wel tot concrete en adequate beheersmaatregelen te komen:

1. inventarisatie risicodragende brand- en grondstoffen in potentieel kritische landen van herkomst.
2. Eventuele beheersmaatregelen op te nemen in de GMP-code voor diervoeders.
3. Inkoopbeleid van brandstoffen dient te worden ingebed in de GMP-code voor de inkoop van brandstoffen.
4. Inkoopbeleid van diervoedergrondstoffen dient te worden ingebed in de GMP-code voor de inkoop van diervoedergrondstoffen.
5. Via het inkoopbeleid dient een monitoring programma te worden geïntroduceerd op de ingekochte grond- en brandstoffen.

In dit vervolgonderzoek zouden volgens deze werkgroep beheersmaatregelen t.a.v. brandstoffen, verbrandings- en droogprocessen moeten worden vastgesteld, zowel generiek als per productgroep en in relatie tot de (landen van) herkomst van de betreffende diervoedergrondstoffen. Daarnaast wordt inbedding van deze maatregelen in de GMP code en HACCP procedures bepleit.

Medio 2000 concludeert ook de Stuurgroep "Plan van Aanpak" van PDV dat in het rapport van de RIGRO / TNO-MEP werkgroep nog te weinig concrete beheersmaatregelen worden geformuleerd om de problemen die zich voor kunnen doen bij het directe drogen van voedermiddelen, het hoofd te kunnen bieden. Het PDV vindt de heer Ir. A.J. Rottier van het Consultants & Engineers bureau TEBODIN bereid om leiding te geven aan een "herstart project" van deze ad hoc werkgroep Droging.

In deze werkgroep hadden ter zake deskundige vertegenwoordigers van belangrijke bedrijfsgroepen in de productie en toelevering van voedermiddelen zitting.

De nieuwe werkgroep vangt in september 2000 met haar werkzaamheden aan, inventariseert de resultaten van voorgaande studies, in binnen en buitenland, definieert haar missie, stelt een gedetailleerde projectomschrijving en een werkplan op, alsmede een gedetailleerd concept "Enquêteformulier Beheersmaatregelen Droging Diervoederproducten" (en evt. Voedingsmiddelen).

De werkgroep maakt een begin met het opstellen van een "Matrix voor Nederland" en een "Matrix voor buitenland" van producten voor diervoeder die (waarschijnlijk) via "directe droging" gedroogd worden.

Helaas heeft deze werkgroep de door haar uitgewerkte projectaanpak niet kunnen voltooien.

Inmiddels had het Productschap Diervoeder aanzienlijke voortgang geboekt in het opstellen van de zgn. "Verticale risicobeoordelingen" volgens de HACCP systematiek voor een 70-tal diervoedermiddelen, gerubriceerd in hoofdgroepen volgens Europese indeling van grondstoffen (96/25/EG). In een groot deel van deze verticale risicobeoordelingen komt de processtap "drogen" één of meer keren voor (Productschap Diervoeder, GMP 26b). De onderbouwing van de risico-inschattingen die daarbij zijn gehanteerd en de onderbouwing van de daarbij vermelde beheersmaatregelen waren feitelijk nog steeds niet voldoende.

Door het Productschap Diervoeder zijn in 2002 en 2003 ook voorbereidingen getroffen om de verticale risicobeoordeling in het kader van de GMP regeling diervoedersector verder te implementeren middels instelling van een "Databank Risicobeoordeling Voedermiddelen" (DRV) waarin per product generieke risicobeoordelingen, opgesteld door de producenten en leveranciers van voedermiddelen en toevoegingsmiddelen, zouden moeten worden gedeponereerd. Ook voor deze risicobeoordelingen volgens de HACCP systematiek is het noodzakelijk dat de risico's van daarin voorkomende droogprocessen juist kunnen worden ingeschat en dat doeltreffende beheersmaatregelen voor de verschillende droogprocessen kunnen worden aangegeven.

Het Bureau Kwaliteits Beleid (BKB) van het Productschap Diervoeder nam dan ook in begin 2003 het initiatief om de "horizontale risicoanalyse" van droogprocessen in de productie en toelevering van voedermiddelen te voltooien middels een afrondende studie waarin ook de resultaten van de voorgaande studies zouden moeten worden verwerkt.

Op verzoek van het Productschap Diervoeder heeft CCL BV in april 2003 een voorstel gedaan voor een dergelijk afrondend onderzoek, onder de titel "Studie naar droogprocessen voor diervoedergrondstoffen en HACCP". In juli 2003 werd aan CCL BV de opdracht verleend en werd de AVO Werkgroep Voeding en Kwaliteit (V&K) aangewezen om dit onderzoek namens het PDV te begeleiden.

De aanpak, het verloop en de resultaten van dit onderzoek worden in dit rapport behandeld.

## **2.2. Maatschappelijk kader**

De grote aandacht voor de veiligheid van diervoedergrondstoffen, toevoegmiddelen en diervoeder houdt verband met de grote maatschappelijke aandacht voor voedselveiligheid in het algemeen en de veiligheid van voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong in het bijzonder. Hoofdpijnen voor het beleid binnen de EU zijn vastgelegd in het document "White paper on food safety" (Commission of the European Community, 2000), waarin een onafhankelijke Europese Voedselautoriteit met grote bevoegdheden op dit terrein wordt voorgesteld, ondersteund en onderbouwd door inhoudelijk wetenschappelijk advies. Voedselveiligheid moet gebaseerd zijn op de kennis van potentieel schadelijke stoffen en hun (biologische) effecten en kennis van de herkomst en/of vorming in de keten van voortbrenging en toelevering van voedingsmiddelen. Ook in de keten van voortbrenging van voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong, spitst voedselveiligheid zich m.n. toe op de contaminatie met schadelijke stoffen, van chemische, fysische of (micro)biologische aard. (European Commission, 2000. Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition.)

Recent is het in opdracht van de 2<sup>e</sup> Kamer der Staten Generaal opgestelde rapport "Voer tot nadenken: Veiligheidsrisico's diervoederketens" (Research voor beleid, Q-point, 2003) gepubliceerd. In dit rapport worden de complexiteit van de diervoederketen beschreven, de volumes en de voor Nederland relevante mondiale handelsstromen, de risico's in algemene zin die contaminatie van verschillende grondstoffen met zich mee kunnen brengen en het functioneren van de controlesystematiek. In dit rapport is niet getracht om op basis van bestaande gegevens risico's kwantitatief te beschrijven. Het bevat zeer relevante achtergrondinformatie voor deze studie naar de risico's van droogprocessen in de voortbrenging van voedermiddelen.

De diervoedersector ziet het als haar eigen verantwoordelijkheid om hierin zelf initiatieven te nemen. De verschillende activiteiten en maatregelen die voortkomen uit het "Plan van aanpak versterking kwaliteitsborging diervoedersector" 1999 van het PDV zijn de concretisering hiervan.

### **3. Doelstelling van dit onderzoek**

Het doel van dit onderzoek is het geven van een systematische risicobeoordeling en daaruit voortvloeiende voorstellen voor beheersmaatregelen voor het drogen van diervoedergrondstoffen met direct gestookte drogers. De risico's betreffen het verontreinigen van de gedroogde producten met toxische stoffen, als direct gevolg van het toegepaste droogproces. De producten betreffen diervoedergrondstoffen (voedermiddelen) die in Nederland kunnen worden toegepast.

De resultaten van dit onderzoek zijn bestemd voor alle partijen die verantwoordelijk zijn voor het kwaliteitsbeheer in de gehele keten van voortbrenging, toelevering, aankoop en verwerking van voedermiddelen, in concreto: partijen die droogprocessen uitvoeren, partijen die gedroogde voedermiddelen verhandelen en partijen die deze aankopen voor toepassing als voedermiddel. Uiteraard ook voor beleidsbepalende en regelgevende instanties die verantwoordelijkheid dragen voor de diervoedersector.

## 4. Focus en afbakening van het project

De projectaanpak met op te leveren resultaten en de afbakening daarvan is in detail beschreven in het onderzoeksvorstel (CCL 335.03.P.01) dat op 16 mei 2003 is aangeboden aan PDV (Bijlage 10).

Overeenkomstig de aanbevelingen van de RIGRO werkgroep is in dit project de problematiek van contaminatie van voedermiddelen door droogprocessen opgedeeld in twee complementaire aandachtsgebieden, tevens projectfasen, namelijk:

1. Inschatten en beoordelen van de generieke risico's van droogprocessen die bepaald worden door brandstoffen, verbrandingsprocessen en droogprocessen (projectfase 1).
2. Inschatten en beoordelen van de risico's van "direct drogen" die specifiek zijn voor bepaalde productgroepen, die mede bepaald worden door de aard van het voedermiddel, de interacties tussen droogcondities en voedermiddel, en de (technologische & geografische) omgeving waarin het droogproces plaatsvindt (projectfase 2).

In dit project is (overeenkomstig het plan) de volgende afbakening gehanteerd:

- Centraal staat de directe droging is met verbrandingsgassen. Indirecte droging, waarbij het product niet in aanraking komt met verbrandingsgassen, is veel minder risicovol en valt buiten het kader van dit project. Zondrogen kent eigen specifieke risico's (o.a. micro-organismen en mycotoxinen) maar valt ook buiten het kader van dit project. Zondrogen (drogen met directe zonnestraling) wordt vooral toegepast voor het drogen van vers geoogste producten om het product houdbaar en transporteerbaar te maken. Het droogproces kan enkele dagen duren en is maar beperkt stuurbaar (Cornelius 1973). Ook de eventuele risico's van het drogen met niet verwarmde lucht, al of niet met mechanische ventilatie (lucht-drogen), worden in dit project niet in detail beschouwd. De risico's zijn deels vergelijkbaar met die van zondrogen; additioneel is het risico van verontreiniging door bestanddelen uit ventilatielucht.
- Te beoordelen risico's betreffen het aanwezig zijn in het gedroogde product van specifieke schadelijke stoffen, voor zover deze kunnen worden gerelateerd aan uitgevoerde droogprocessen. De risico's worden ingeschat op basis van geaccepteerde normen voor maximaal toelaatbare gehalten (actiegrens, afkeurgrens).
- Besproken worden contaminaties door overdracht vanuit rookgassen of neerslag uit vliegias en gevormd in het product tengevolge van het droogproces. Reeds vóór het droogproces aanwezige contaminatie (ook met dezelfde contaminerende stoffen) kan een risico zijn, maar deze valt onder een andere risicobeoordeling. Contaminatie ten gevolge van het toevoegen van toeslagstoffen aan het te drogen voedermiddel (als onderdeel van het droogproces) is wel beschouwd als onderdeel van dit project.
- Bestudeerd is de overdracht van schadelijke stoffen naar het te drogen product, als gevolg van het droogproces. Niet de emissie van schadelijke stoffen ten gevolge van droogprocessen naar het milieu (hoewel juist daarover veel informatie beschikbaar is).
- Schadelijke stoffen die in dit project worden beoordeeld zijn de reeds geïdentificeerde risicovolle contaminanten, die kunnen voorkomen in verbrandingsgassen: PCB's, PBB's, Dioxinen, PAK's; SOx, fluor, zware metalen (met name cadmium, lood, kwik en arseen). Daarnaast spelen NOx, als factor bij het ontstaan van nitrosaminen (o.a. DMNA) en omzettingen in het te drogen product ten gevolge van oververhitting (caramel, Maillard producten, LAL) nog een rol. Via openbare MER gegevens voor rookgasemissies kunnen mogelijk nog andere contaminerende stoffen, afkomstig van verbrandingsprocessen, worden geïdentificeerd (b.v. radioactiviteit in rookgassen).



- De HACCP Handleiding Diervoedersector, april 2003 is gehanteerd als basis voor de risicoschatting. De door PDV in het kader van GMP gepubliceerde grenswaarden voor schadelijke stoffen zijn in dit onderzoek als zodanig overgenomen (PDV Productnormen GMP – GMP-14; 22-09-2003). De genoemde normstellingen worden in de risicoanalyse in dit rapport als een gegeven beschouwd.
- In de specifieke risicobeoordeling per type voedermiddel (projectfase 2) worden uitsluitend producten beschouwd die (waarschijnlijk) één of meer directe droogstappen hebben ondergaan en die in Nederland als voedermiddel (veevoedergrondstof) worden aangeboden, gebruikt of kunnen worden gebruikt. Voedermiddelen die in Nederland worden geproduceerd maar alleen worden geëxporteerd vallen ook binnen het kader van dit onderzoek. Startpunt voor de productspecifieke beoordeling in projectfase 2 zijn de zgn. "verticale risicobeoordelingen beoordeling" van ca. 70 droge grondstoffen die het PDV inmiddels beschikbaar heeft (Publicaties PDV 2000-2003, GMP 26a en 26b, DRV).

De activiteit "Opstellen HACCP model" betrof zowel het opzetten van een theoretisch data-werkmodel waarin tijdens het project verzamelde informatie kon worden gerubriceerd en beoordeeld, als ook het opzetten van het in het projectplan voorgestelde operationele "Rekenmodel" voor semi-kwantitatieve risicoschatting en koppeling daarvan aan specifiek te benoemen beheersmaatregelen.

Dit model wordt nader beschreven in Hoofdstuk 8 en maakt ook deel uit van de aan de opdrachtgever te leveren resultaten van dit onderzoek. Dit rekenmodel is als een Excel-programma beschikbaar voor een eerste systematische risico-inschatting van droogprocessen (Bijlage 15).

## 5. Uitvoering van het onderzoek – Fase 1

### 5.1. Onderzoek naar data en relevante achtergrondkennis

*Als kennisbronnen zijn geraadpleegd:*

#### 5.1.1 Rapporten , wetenschappelijke literatuur en digitale informatie

- De rapporten van de voorgaande studies door RIKILT, TNO-MEP en TEBODIN, de relevante verordeningen en richtlijnen van het Productschap Diervoeder, uitgebracht in het kader van de implementatie van het "Plan van aanpak versterking kwaliteitsborging diervoedersector" en algemene publicaties over dit onderwerp.
- Internationale databases voor wetenschappelijke literatuur, op basis van vooraf samengestelde zoekprofielen en met hulp van een documentalist van WUR, met name deskundig op het gebied van schadelijke stoffen en toxicologie. Er is voor de toxinen klassen [dioxins, PAH, heavy\_metals, Pb, Hg] gezocht met de zoektermen [drying/ combustion,] gecombineerd met [contamination, animal feed, feed stuffs]. Daarnaast zijn de toxineklassen ook nog gecombineerd met [grains, cereals, barley, wheat, copra]. Met deze zoekprofielen is gezocht in TOXLINE, Zoological Record, FSTA, ISI-Current Contents, MEDLINE en SciFinder Scholar.
- Internet : Aanvullende informatie is verkregen via zoeken m.b.v. alle relevante trefwoorden met o.a. de internationale zoekmachines "Google" en "Altavista".

#### 5.2.1 Onderzoeksinstituten

Onderzoeksinstituten zijn geraadpleegd met als doel specialistische informatie te verkrijgen betreffende de projectaspecten die behoren tot hun specifieke kennisgebied. In enkele gevallen is een gerichte "consultancy opdracht" gegeven om de gewenste informatie te laten verzamelen en gestructureerd aan te bieden t.b.v. dit onderzoek.

Consultancy opdrachten (tegen betaling uit de projectbegroting) zijn gegeven aan:

- KEMA, voor het gebied van brandstoffen, verbrandingsprocessen, efficiëntie en emissies, in het bijzonder van verbrandingsprocessen t.b.v. van de (grootschalige) opwekking van elektriciteit. Er is tevens gesproken met de heer B.H. te Winkel en mevrouw S. Stokman. Besproken zijn toepassing van fossiele en biobrandstoffen en vorming en emissie van dioxinen, PAK's en NOx onder een aantal condities. Ook heeft KEMA een aantal data geleverd: gehalten zware metalen in brandstoffen, mate van afvangen dioxinen bij rookgasreiniging. De output was een rapport (KEMA 2003) met deze gegevens. N.a.v. de bespreking zijn de overblijvende vragen beantwoord in een aanvullend rapport (KEMA 2003a) KEMA had geen specifieke informatie over drogers (bijlage 13).
- NIZO, voor specifieke informatie over voor het onderzoek relevante aspecten van het drogen van zuivelproducten. Er werd gesproken met de heer ir. R. Verdurmen. De conclusies van het gesprek waren voornamelijk kwalitatief. Ze zijn in een door NIZO geautoriseerd verslag vastgelegd en is als "persoonlijke mededeling" verwerkt (bijlage 14).

- RIKILT, ter toetsing van de door CCL gehanteerde opzet en uitwerking van het semi-kwantitatieve risicomodel, en ter toetsing van daarbij gedane aannames. Tijdens een bespreking is aan de onderzoekers van het RIKILT (de heren dr. ir. J. van Klaveren en dr.ir. L. Hoogenboom en mevrouw ing. M. Noordam) de praktische werking van het risicomodel gedemonstreerd; daarna is de opbouw van dit model en de nu beschikbare dataset van waargenomen contaminaties in direct gedroogde voedermiddelen met hen besproken (bijlage 7).

Er is geconcludeerd dat er bijzonder weinig openbare informatie is over werkelijk aangetroffen gehalten, terwijl deze informatie essentieel is om de gemaakte aannames in het model te toetsen. RIKILT heeft daarom ten behoeve van dit onderzoek een set aangeleverd van relevante analyseresultaten uit de niet openbare databank "Nationale monitoring diervoeder RVV/RIKILT" (bijlage 7).

- TNO-MEP (Milieu Energie en Procesinnovatie), de heer Ing. J.Boot en de heer Ir. H.C. van Deventer, deskundige droogprocessen bij TNO-MEP en voorzitter van de "Nederlandse Werkgroep drogen". Deze gerenommeerde werkgroep van droogdeskundigen uit onderzoek en bedrijfsleven, heeft een goed overzicht over alle informatie die m.b.t. droogprocessen internationaal beschikbaar is. Verwezen naar de internet site van de NWGD, i.s.m. NOVEM en de Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu. Dit contact heeft uitsluitend algemene achtergrondinformatie over droogprocessen opgeleverd (zie: <http://www.drogen.nl> ).
- RIVM/CRS / Bureau Mileugevaarlijke stoffen. Uitsluitend doorverwijzing naar website <http://arch.rivm.nl> en naar het Ministerie van VROM, Directie Stoffen, Afvalstoffen, Straling.
- Ministerie van VROM, DG Milieu, Directie Stoffen, Afvalstoffen, Straling. Telefonisch advies door de heer K. den Herder betreffende normen voor brandstoffen en het verbranden van afval. Er is verwezen naar de regelingen in het kader van het Landelijk Afvalbeheersplan (LAP) 2002-2006 en bijbehorende sectorplannen en het besluit BOH-13 betreffende Organische Halogenen in Brandstoffen. Ook verwezen naar de zeer uitgebreide website van het ministerie <http://www.vrom.nl>

### 5.1.3 Bedrijven en laboratoria

Het betreft hier particuliere bedrijven en laboratoria die actief zijn in het drogen van voedermiddelen, het inkopen of verhandelen daarvan en/of het analyseren daarvan. De verzamelde informatie is deels verkregen uit gesprekken met gekwalificeerde contactpersonen aan de hand van vooraf opgestelde vragenlijsten, deels in de vorm van op verzoek toegestuurde informatie o.a. analysegegevens van direct gedroogde producten. De verstrekte informatie is op dit moment nog vertrouwelijk en kan daarom niet als zodanig worden toegevoegd aan dit rapport.

Relevante informatie werd verkregen van de volgende bedrijven/sectoren:

- Maasweide Laboratory Services (Nutreco), in het bijzonder betreffende de contaminatie van gedroogde voedermiddelen door verontreinigde toeslagstoffen, die als drooghulpmiddel worden gebruikt. Maasweide beschikt onder andere over specifieke deskundigheid (microscopische technieken, beeldverwerking en referentiepreparaten) voor het aantonen en identificeren van slechts enkele % bijmengingen in voedermiddelen. Dit gesprek werd gevoerd met de heren Ir. A. Swinkels en J. Zegers.

- Cehave-Landbouw Belang, Kwaliteitsdienst; algemene informatie over de inkoop van gedroogde voedermiddelen en de procedures voor producenten-auditing en QC van aan te kopen partijen voedermiddelen. Gesproken met de heer Ing. C. Gloudemans. Informatie betreffende specificaties van steenkolen die worden gebruikt voor directe droging van lucerne en gras. Verstrekt door toeleveranciers in het kader van GMP+.
- Robi Droge Diervoeders B.V. en P.C. van Tuijl Kesteren BV.; schriftelijke informatie, op eigen initiatief toegezonden door de heer Ir. A. Gotink, betreffende eigen onderzoek naar gehalten van dioxinen en PAK's bij het drogen van brood. Vergeleken werden gehalten voor en na het droogproces. Uit deze gehalten bleek dat tijdens het drogen geen aantoonbare depositie van PAK's en dioxinen plaatsvond. De onderzochte monsters voldeden ruimschoots aan de geldende kwaliteitseisen voor dioxinen (0,75 ng WHO-TEQ/kg product) en PAK's (1 µg/kg BaP/kg product) in diervoeder.
- IRS-afd. Diervoeding; Schriftelijke informatie betreffende dioxinen/PCB's in melasse en gedroogde bietenpulp (in pellet-vorm) extern gemeten in opdracht van een aantal producenten van bietenpulp, onder regie van het IRS, tijdens de campagnes 2001, 2002 en 2003. Informatie toegezonden door mevr. Dr.ir. M. Kaemmerer- van Os. De in dit onderzoek aangetroffen dioxine gehalten zijn zeer laag en liggen ruimschoots onder zowel de EU-normen (0,75 ng WHO-TEQ/kg product met 12 % vocht) als de geaccepteerde actiegrenzen (0,5 ng WHO-TEQ/kg product met 12 % vocht). PCB-gehalten zijn eveneens zeer laag. Het rapport zal t.z.t. door IRS worden gepubliceerd.
- ADM Europort; Vraag betreffende drogen van o.a. soja-bijproducten. In een telefoongesprek met de heer J. Spek werd duidelijk dat ADM overschakelt, c.q. al overgeschakeld is, van direct drogen met gasgestookte installaties naar drogen met indirecte verhitting.
- NVG-Nederlandse Vereniging van Groenvoedrogers; In enkele telefoongesprekken met de heer Ir. J. Leutscher, adviseur VNG, is besproken welke kritische punten er zijn bij direct drogen van gras en lucerne (en o.a. verwerkt tot -meel en -brok) met steenkool als brandstof. De door NVG-leden toegepaste QC/QA en beheersmaatregelen zijn vervolgens schriftelijk samengevat en toegezonden. Er wordt door NVG-leden gewerkt volgens een gedetailleerd kwaliteitshandboek. De gebruikte kolen zijn van bekende herkomst en specificatie, waarbij transport en aflevering worden bewaakt; het droogproces wordt ingesteld, gevolgd en data worden vastgelegd; in het kader van GMP wordt monsteronderzoek, o.a. door RIKILT, uitgevoerd.  
Opgemerkt wordt nog dat dioxines en PAK's in deze producten kunnen voorkomen door contaminatie van het gewas op het veld. De toename door het droogproces is verwaarloosbaar. Er is informatie gegeven over onderzoeken in Denemarken, Frankrijk en Nederland, met vergelijkbare uitkomsten.
- N.Z.O. Nederlandse Zuivel Organisatie; Telefonisch gesproken met de heer Ir. P. Mathot. Voor een belangrijk deel een resumé en actualisering van zijn bijdrage in de RIGRO werkgroep. Bevestiging van de zeer goed geborgde situatie in de Nederlandse zuivelindustrie, ook t.a.v. producten bedoeld voor diervoeding, zoals de magere melkpoeder en weipoederproducten.  
Er werd nadrukkelijk aandacht gevraagd voor het risico van onopzettelijke verontreiniging van brandstoffen (vooral vloeibare) aangezien HACCP in de brandstoffen sector een heel ander karakter heeft dan in de voedingsmiddelen- en diervoedersector.

- Suiker Unie; Telefoongesprek met de heer Ir. J. Dijkstra voor informatie over de brandstoffen gebruikt voor drogen van suikerbieten-pulp, de doorgevoerde controles bij aankoop van brandstof en aankomst daarvan, en het type gebruikte drogers. In Nederland gebruikt de Suikerindustrie aardgas of lichte stookolie, die wordt gekocht op strenge specificaties, gerelateerd aan de eisen voor het (direct) drogen van bietenpulp en de milieu-eisen voor de emissies van de pulpdrogerijen. Ook worden geleverde partijen vóór gebruik nog geanalyseerd op specificaties en verontreinigingen.
- NOVE; Nederlandse Organisatie Voor de Energiebranche. Telefonisch gesprek gehad met de heer W. Schouten over specificaties van vloeibare minerale brandstoffen en maximaal toegestane gehalten aan ongewenste stoffen. Alle operaties van de leden van NOVE zijn gecertificeerd volgens ISO 9002. Er is mondeling en schriftelijk nuttige informatie gegeven met verwijzing naar NOVE web-site: [www.nove.nl](http://www.nove.nl)
- Shell Nederland Verkoopmaatschappij bv, Capelle a.d. IJssel; Verzoek om info over PCB's in brandstoffen. Uitsluitend mededeling dat die binnen de gestelde normen afwezig zijn. Geen concrete opgave van gehalten.

De PDV-AVO Werkgroep Voeding en Kwaliteit (V&K) heeft in de tussenrapportages van November, December, Januari en April mondeling en schriftelijk commentaar geleverd op de verschillende concepten van dit rapport.

## 5. 2. Beoordeling en verwerking van literatuurgegevens

### 5.2.1. Beoordeling van de verkregen informatie

Openbare literatuur en bedrijfsgegevens uit de voedings- en voedermiddelsector, voor zover gevonden in dit onderzoek, hebben meestal betrekking op gehalten schadelijke stoffen in het voedingsmiddel of de veevoedergrondstof vóór en na drogen. Vanuit het oogpunt van productbeoordeling is dit ook correct. De procescondities waaronder is gedroogd (gebruikte brandstof, brander- en drogerinstellingen, drooggassamenstelling) zijn daarbij meestal niet of onvolledig beschreven. De meetgegevens blijven zo "ad hoc", en zijn onvoldoende geschikt voor een systematische risico-inventarisatie. Er kan niet mee worden voorspeld welke veranderingen van condities in het droogproces aanleiding kunnen geven tot een sterke stijging (of daling) van de gehalten van schadelijke stoffen in drooggassen en direct gedroogde diervoedergrondstoffen/voedermiddelen. Wanneer essentiële gegevens in een dataset ontbreken is het moeilijk om vast te stellen of de conclusies objectief zijn.

Dergelijke meetgegevens worden wel van grote waarde als ze gekoppeld kunnen worden aan gegevens over apparatuur, bedrijfsvoering en drooggassamenstelling. Dan kan namelijk ook voor het betreffende voedermiddel de overdrachtsfactor voor contaminerende stoffen vanuit rookgas worden vastgesteld. Deze factor geeft aan hoe gevoelig het betreffende voedermiddel is voor overdracht van bepaalde ongewenste stoffen tijdens drogen (Fase 2 vraagstelling).

Gegevens betreffende primaire emissies van vuurhaarden van energiecentrales en afvalverbrandingen, zoals verkregen uit de opdracht aan KEMA, zijn beschikbaar en op zich waardevol, maar niet direct bruikbaar voor inschatten en beperken van de gevaren en risico's bij direct drogen van voedermiddelen. Voorzieningen voor rookgasreiniging en afvangen van brandstof-stof (vóór de droger) zijn voor directe droogprocessen waarschijnlijk niet of nauwelijks beschikbaar. Ze worden wel toegepast voor reiniging van de drooggassen na de droger, ter beperking van de milieubelasting van de drooginstallatie als geheel (stof & geur, emissies).

Metingen in afgas van drogers, (dus emissiemetingen) zonder verdere informatie over procescondities genereren geen kennis over overdracht van schadelijke stoffen.

Emissiebeperking van drogers is echter geen doelstelling van het huidige project, al is het natuurlijk van groot belang uit milieuoogpunt en voor de bedrijfsvoering van de drogende industrie in bewoonde gebieden.

Om te verduidelijken hoe deze emissie-informatie toch bruikbaar is gemaakt voor de risicoschatting van directe droogprocessen voor voedermiddelen, is in hoofdstuk 5.2.4. een modelmatige vergelijking gepresenteerd.

### **5.2.2. Huidige kennisleemten t.a.v. procesinvloeden op contaminatierisico's**

- Er is weinig openbare literatuur over optreden en overdracht van schadelijke stoffen bij drogen. Literatuurinformatie betreffende gemeten gehalten van PAK's, fluor en zware metalen (lood) in gedroogde primaire landbouwgewassen (b.v. groenvoeders en granen) is bijna altijd inclusief eventuele contaminatie t.g.v. depositie vanuit de lucht op het te velde staand gewas, door luchtverontreiniging. In veel gevallen is er geen onderscheid gemaakt tussen reeds aanwezig zijn vóór en contaminatie tijdens het droogproces. De bijdrage van het droogproces is dan niet goed vast te stellen.
- In geen van de gevonden beschrijvingen wordt een directe relatie gelegd tussen het droogproces en de waargenomen contaminatie. Daardoor is e.e.a. moeilijk te interpreteren.
- Informatie over vorming en overdracht van ongewenste stoffen in dit rapport is vrijwel volledig afkomstig van studies naar afvalverbranding en energieopwekking, grootschalig (energiecentrales) en kleinschalig (houtverbrandingsinstallaties). Deze zijn bij gebrek aan andere informatie als basis genomen voor de inschatting van mogelijke vorming en overdracht van ongewenste stoffen in directe droogprocessen.
- Voorgaande constatering betekenen dat een aantal aannamen gedaan moesten worden om het risicomodel te vullen. Met name voor de overdrachtsfactor is dit het geval. Er is geen duidelijke informatie over de mate van overdracht naar de te drogen producten, evenmin is duidelijk of de samenstelling van voedermiddelen daarop van invloed is.
- In veel tot dusver beschouwde en doorgerekende gevallen blijkt het droogproces goed beheerst te kunnen worden en bij de uitgevoerde controles blijken gehalten aan schadelijke stoffen niet boven de norm te komen.
- De tot dusver verzamelde informatie is echter waarschijnlijk niet representatief voor situaties in kleinere, vaak niet industriële installaties, buiten West Europa en Noord Amerika, en in het bijzonder in (ontwikkelings)landen waar belangrijke voedermiddelenstromen vandaan komen.  
De specifieke beschrijving van een aantal van deze droogprocessen alsmede een beoordeling van de daaraan verbonden specifieke risico's voor de betreffende voedermiddelen, is daarom onderdeel van Fase 2 van dit project.

### **5.2.3. Verwerking van verworven informatie**

Het proces van de verwerking van de verworven informatie verliep als volgt :

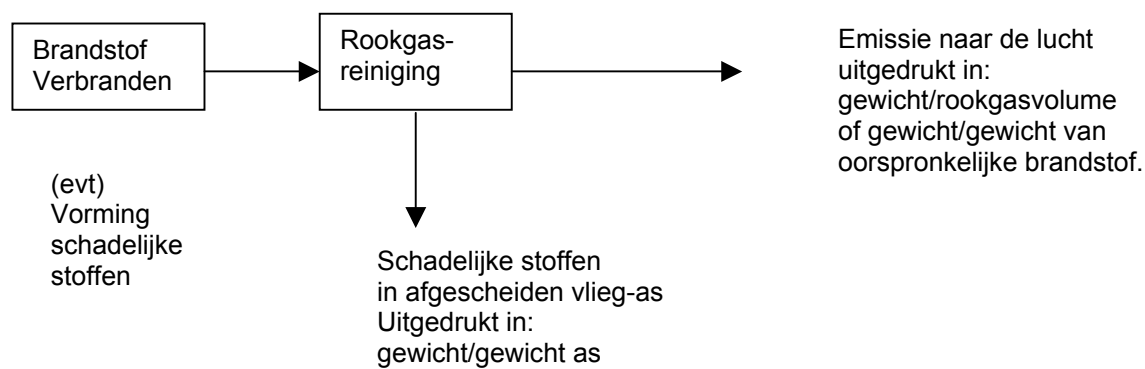
- Vergelijken met reeds beschikbare informatie en vaststellen van de mate van betrouwbaarheid, interne consistentie, overeenkomsten, complementariteit en strijdigheid met andere informatie, signaleren van hiaten in de informatie die de bruikbaarheid verminderen. Zo mogelijk completeren van de informatie.
- Toetsen, per onderzocht onderwerp, aan richtlijnen voedermiddelen, GMP en HACCP.
- Verwerken van de informatie in de betreffende hoofdstukken van dit rapport.
- Data invoeren in de relevante tabellen en rekenregels van het HACCP rekenmodel.
- Opnemen in de bronnen- & literatuurlijst.

#### 5.2.4. Vergelijking van verbrandingsprocessen bij energieopwekking en bij direct drogen, ten behoeve van gegevensinterpretatie.

De risico's bij direct drogen worden in hoge mate bepaald door de verbrandingsprocessen als zodanig. Vergelijkbare verbrandingsprocessen worden ook veelvuldig toegepast bij energieopwekking, voor elektriciteit, warmte en afvalverwerking. Aan verbrandingsprocessen voor energieopwekking en afvalverwerking is veel onderzoek gedaan. Dit onderzoek is vooral gericht op energierendement en rookgasemissies naar het milieu. Gegevens vanuit dit soort processen kunnen in principe worden gebruikt voor de risico-inventarisatie voor "direct drogen", mits goed rekening gehouden wordt met de verschillen tussen verbrandingsprocessen voor energieopwekking en verbrandingsprocessen als onderdeel van droogprocessen.

Daarom worden beide toepassingsmogelijkheden onderstaand schematisch vergeleken.

Figuur 1. Verbranding t.b.v. grootschalige energieopwekking (schematisch)



Massabalans schadelijke stoffen:  $\text{Vorming} = \text{Uit via rookgasreiniging} + \text{Emissie}$

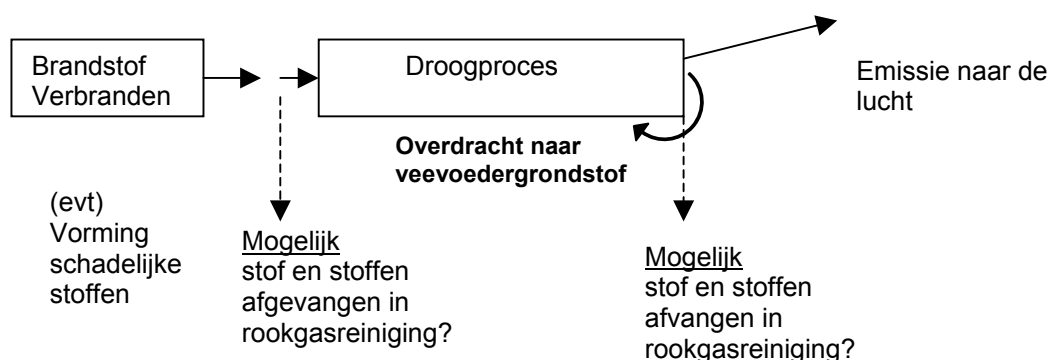
Doelstelling van dit proces met betrekking tot schadelijke stoffen is het minimaliseren van emissies van schadelijke stoffen via de rookgassen, door:

1. Zoveel mogelijk voorkomen van de vorming tijdens de verbranding.
2. Rookgasreiniging, gericht op zo volledig mogelijke verwijdering van schadelijke stoffen uit de primaire rookgassen.

Metingen aan schadelijke stoffen (zoals o.a. KEMA veelvuldig doet) zijn dus vooral gericht op minimalisatie van de emissies en om dit desgewenst ook aan te tonen.

Met KEMA is de vorming en emissie van schadelijke stoffen besproken. De conclusies uit deze consultancy zijn in opdracht van CCL Research vermeld in een notitie (KEMA, 2003, H. te B.H. te Winkel, bijlage 13). De gegevens in deze KEMA rapportage zijn grotendeels ontleend aan verbrandingsprocessen t.b.v. energieopwekking, verwarming en afvalverwerking. Dit geldt trouwens ook voor de meeste andere geraadpleegde literatuur.

Figuur 2. Verbranding ten behoeve van directe droogprocessen  
 Afgezien van varianten verlopen deze processen als volgt:



Massabalans schadelijke stoffen:

$Vorming = Overdracht\ naar\ veevoedergrondstof + Emissie\ naar\ de\ lucht.$

Rookgasreiniging en aparte opvang van stof kwamen bij de beoordeelde gevallen van directe droging niet voor en zijn daarom in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

### 5.2.5. Drijvende krachten bij ontwerp en uitvoering van droogprocessen.

Het drogen van voedermiddelen, in één of meer stadia in hun winnings- en/of verwerkingsproces, wordt gedreven door economische motieven. Drogen van voedermiddelen heeft meestal als doel deze te conserveren, en/of deze houdbaar, transporteerbaar en verhandelbaar te maken. Drogen voegt dus waarde toe aan het voedermiddel, maar ook aanzienlijke kosten. Zondrogen en lucht-drogen zijn met betrekkelijk eenvoudige installaties mogelijk, zonder kosten van droog-energie. Drogen met verwarmde lucht is een relatief kostbaar proces voor de producent van voedermiddelen. In vele gevallen wordt 25 –40% kosten toegevoegd op basis van de waarde van de droge stof. Deze kosten zijn te verdelen in kosten voor de installatie en kosten voor de operatie daarvan. De brandstofkosten bedragen al gauw 30-50% van de totale kosten.

Naarmate de installatie groter is en een meer industrieel karakter heeft, zijn de kosten van (investering in) de installatie meestal groter, waardoor de dan beschikbare technologie ook voor langere tijd is vastgelegd.

Vele drogers van voedermiddelen zijn gebouwd voordat er aandacht was voor depositie en/of ontstaan van schadelijke stoffen in het product. Deze aandacht heeft het vooral sinds de jaren '90 gekregen. Binnen de aanwezige technische en commerciële randvoorwaarden moet de procesvoering aan deze nieuwe eisen worden aangepast. De ontwerpeisen van droogprocessen voor voedermiddelen waren meestal van geheel andere aard. Belangrijk in dit kader waren:

- aard en eigenschappen van het te drogen en het gedroogde materiaal;
- volume en patroon van beschikbaar komen van vochtige voedermiddelen;
- beschikbaarheid en prijs van brandstoffen (energie), soms uit parallelle processen;
- beschikbaarheid van hulpstoffen en/of andere productstromen;
- emissie-eisen t.a.v. het droogproces, milieueisen t.a.v. lozing/dumping nat product;
- beschikbaarheid van kapitaal voor investering en de bereidheid hierin te investeren.

De ontwerp- en proceseisen "voorkomen van contaminatie van het product" is daar het laatste decennium steeds dwingender aan toegevoegd.

Hoofddoel van deze studie en de daaruit voortvloeiende aanbevelingen voor beheersmaatregelen en voorwaarden is: beperking van de ongewenste neveneffecten van het droogproces met betrekking tot contaminatie van de te drogen veevoedergrondstof met schadelijke stoffen. En vooral, het voorkomen daarvan door beheersing van het proces.



De "operator" van het droogproces kan deze ongewenste effecten minimaliseren door in alle aspecten van het droogproces maatregelen te nemen die de kans op contaminatie van het product zo klein mogelijk maken. Om effectief te zijn moeten de belangrijkste risicobepalende factoren (de zgn. "Risk Drivers") worden geïdentificeerd en beheerst.

Op basis van de voorgaande onderzoeken op dit terrein en op basis van de informatie die ten behoeve van dit project is ingewonnen, kan worden geconcludeerd wat zeer waarschijnlijk de voornaamste risicobepalende factoren ("Risk Drivers") zijn bij droogprocessen, waarbij het te drogen product direct in contact komt met drooggassen afkomstig van verbrandingsprocessen. Deze kunnen logisch worden geordend in de volgorde waarin zij in het droogproces aan de orde komen. Meestal is dit ook de volgorde waarin beheersmaatregelen t.a.v. het droogproces moeten worden genomen.

Als belangrijkste risicobepalende factoren ("Risk Drivers") worden beschouwd:

1. Samenstelling van de brandstof.
  2. Inrichting en uitvoering van het verbrandingsproces.
  3. Temperatuurtijd traject van contact van het product met de drooggassen.
- Toevoegingen aan het voedermiddel, als onderdeel van het droogproces zijn niet benoemd als "Risk Driver", maar kunnen een (ernstig) additioneel risico betekenen.

In Hoofdstuk 6 worden deze risicofactoren systematisch besproken, zowel de mogelijke gevaren ("hazards"), de ernst bij optreden, de kans dat zij optreden ("Risks") en de maatregelen die getroffen kunnen (en moeten) worden om de risico's te minimaliseren en continu te beheersen (PVA, CCP).

Deze gegevens en inschattingen zijn ook ingebracht in het HACCP rekenmodel, dat in hoofdstuk 8 wordt besproken en dat ook als werkend EXCEL rekenmodel op diskette (bijlage 15) bij dit rapport is gevoegd.

De datasets in dit rekenmodel zijn in Fase 2 (waar mogelijk) nog gecompleteerd en verder gevalideerd, voor specifieke droogsituaties voor specifieke voedermiddelen.

Ook na afsluiting van dit onderzoek kan de dataset van het rekenmodel nog verder worden gecompleteerd op basis van nieuwe informatie en voortschrijdend inzicht.

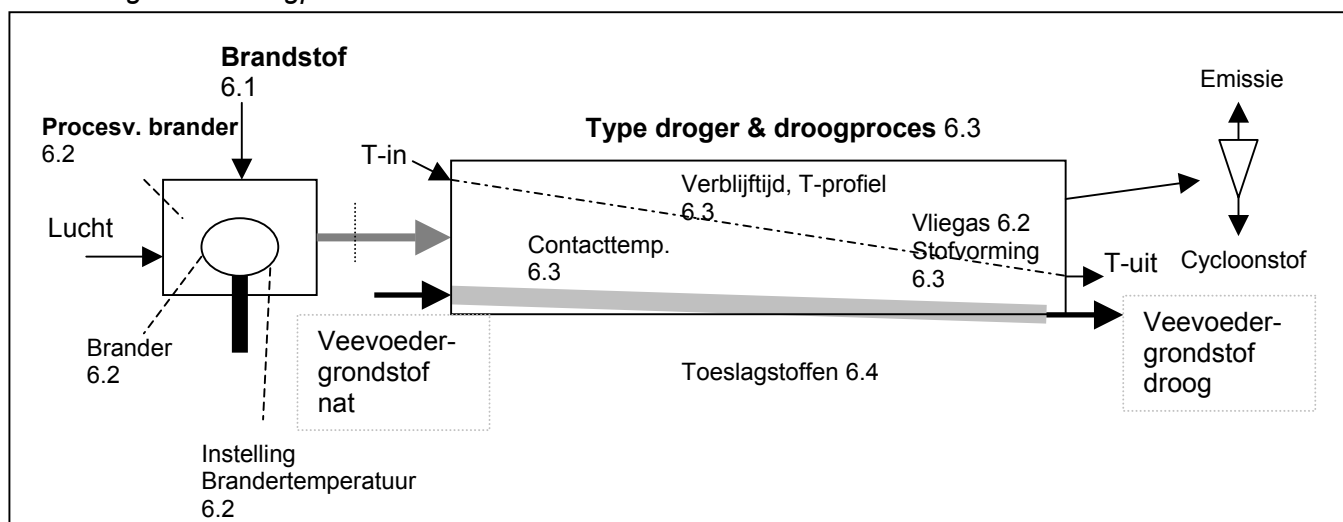
#### **5.2.6. Rubricering van onderzoeksresultaten in volgende hoofdstuk van dit rapport**

De onderzoeksresultaten zijn als volgt gerubriceerd:

- 6.1. Brandstof, typen, risico's, controle
- 6.2. Brandertype
  - Procesvoering brander
    - Instelling brandertemperatuur
    - Volledigheid verbranding
  - Rookgasreiniging
- 6.3. Drogertype, en daarmee randvoorwaarden voor procesvoering droger
  - Temperatuurprofiel in de droger
  - Contacttemperatuur drooggas/te drogen product
  - Vorming en neerslag van vliegias
  - Beheersing stofvorming
- 6.4. Gebruik toeslagstoffen

In onderstaande figuur (figuur 3) is het droogproces schematisch weergegeven en is aangegeven welke aspecten in welke paragraaf van dit hoofdstuk ter sprake komen. Merk op dat de "luchtverhitter/brander" een andere eenheid is dan de eigenlijke "droger". Er zijn diverse verschillende combinaties mogelijk van "verhitters/branders" en "drogers".

Figuur 3: droogproces schematisch



### 5.3. Uitvoering van het onderzoek in Fase 2

In het kader van projectfase 2 is gesproken met een aantal deskundigen. Deze deskundigen zijn benaderd op basis van hun veronderstelde deskundigheid, hun huidige of voormalige ervaring in de diervoedersector en de internationale industrie van voedergrondstoffen. Ook is (telefonisch) gesproken met producenten van droogapparatuur. Doel van deze gesprekken was een beter zicht te krijgen op specifieke risico's, indien aanwezig, verbonden aan het drogen van voedermiddelen onder "minder controleerbare omstandigheden", vooral buiten West-Europa. Ook is gezocht of er specifieke verbanden te leggen zijn tussen de aard van het te drogen materiaal en risico's van het droogproces. De gesprekken zijn gevoerd aan de hand van een standaard vragenlijst, die voor dit doel is opgesteld (bijlage 9).

Er is uitvoerig gesproken met:

Ir. J. L. Váhl, te Gennep, zelfstandig adviseur internationale projecten, voormalig Directeur Productie en Technologie bij Hendrix Voeders te Boxmeer.

Mr. J. Nicolai, Directeur inkoop bij Hendrix-UTD Voeders te Boxmeer.

Ir. W.W.M. Spreeuwenberg, zelfstandig adviseur internationale projecten, voormalig Directeur Voeding & Kwaliteit bij Cehave-Landbouwbelang te Veghel.

Ir. F. van Poppel, Hoofd Voeding & Kwaliteit, Cehave-Landbouwbelang Voeders te Veghel

Er is herhaaldelijk getracht om tot een gesprek te komen met enkele grote internationale toeleveranciers van voedermiddelen.

Geen van deze contacten heeft geleid tot een inhoudelijk gesprek zoals beoogd.

Men stelde zich aanvankelijk welwillend op, maar uiteindelijk bleek toch dat de vertrouwelijkheid van bedrijfsprocessen en gebruikte droogtechnieken een onoverkomelijke barrière was voor een informatief gesprek. Deze terughoudendheid is o.i. verklaarbaar uit de geringe toegevoegde waarde en relatief hoge kosten van het droogproces.

Onze contactpersonen hebben ons wel verzekerd dat hun onderneming interne procedures heeft die de veiligheid van droogprocessen en gedroogde voedermiddelen voldoende garandeert. De inhoud daarvan is niet nader toegelicht.

Er is eveneens getracht om tot een informatief gesprek te komen met enkele internationaal opererende fabrikanten van industriële drogers, o.a. Van Aarsen, Geelen Counterflow, Lödige, Stela-Laxhuber. Geen van de fabrikanten bleek bereid om informatie te geven omtrent werkwijzen bij de gebruikers van hun apparatuur.

Via aanvullend literatuuronderzoek is enige aanvullende informatie verkregen over brandstoffen. Deze informatie is toegevoegd aan hoofdstuk 6.1 “Brandstoffen” .

Nadere bestudering van de informatie over NOx in verbrandingsgassen en de daarmee samenhangende risicoschatting voor nitrosaminen bij directe droging van voedermiddelen, heeft geleid tot herziening van hoofdstuk 6.2.2. “Procesvoering branders /luchtverhitters” en tot verwijdering van de semi-kwantitatieve risicoschatting voor NOx uit het rekenmodel. De overwegingen daarvoor zijn opgenomen in bijlage 12.

## 6. Onderzoeksresultaten van projectfase 1.

### 6.1. Brandstoffen

Het type brandstof waarmee de luchtverhitter (brander, kachel) van een “directe droger” wordt gestookt, beïnvloedt in hoge mate de kans op het optreden van schadelijke stoffen in het droogproces. Dit los van overige factoren die bij het “direct drogen” een rol spelen. Het risico voor vorming en overdracht van schadelijke stoffen tijdens de verbranding kan gezien worden als een intrinsieke eigenschap van de brandstof. Brandstoffen kunnen op basis van samenstelling, aard en herkomst worden onderverdeeld in gasvormige, vloeibare en vaste fossiele brandstoffen en “bio”-brandstoffen. Elk daarvan heeft een eigen risicoprofiel.

Om de risicoprofielen te kunnen beoordelen is het nodig om het brandstoftype zo eenduidig mogelijk te omschrijven. Hiertoe worden, zo mogelijk, wettelijk vastgelegde namen, handelsspecificaties en dergelijke gebruikt, voorzover deze van belang zijn om de risico's van droogprocessen in te schatten. De hoofdzaken zijn samengevat in bijlage 11 en worden hieronder verder besproken. Deze gegevens zijn van belang om een verantwoorde keuze voor een brandstof te kunnen maken.

Voor de risicoschatting zijn naast de aard van de brandstof ook de herkomst (wingebied, bewerkingen) en handling (opslag en transport, met evt. kans op verontreiniging) van belang. Uitgebreide bespreking van deze aspecten valt buiten de scope van dit project.

#### *Gasvormige brandstoffen*

Als gasvormige brandstoffen voor branders/luchtverhitters voor drogers zijn beschikbaar: aardgas – NG (“Natural Gas”) of CNG (“Compressed Natural Gas”), vloeibaar aardgas – LNG (“Liquid Natural Gas”), Bio-gas (“Land Fill Gas”), Liquified Petroleum Gas (LPG of raffinage-gas), vaak geleverd als opgezuiverd “Butaan” of “Propaan”. Het hoofdbestanddeel van deze gassen zijn lineaire alkanen, die onder de juiste condities volledig verbranden tot CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O. Commercieel geraffineerd “Dry Natural Gas” bevat (afhankelijk van zijn herkomst) 87-96% Methaan en enkele % ethaan, propaan en butaan. Daarnaast vaak geringe hoeveelheden N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>.

Incidenteel kan gebruik worden gemaakt van lokaal beschikbare gassen uit de industrie, zoals cokes-gas en hoogovengas. Deze gassen bestaan uit een mengsel van waterstofgas, koolmonoxyde en alkanen. Daarnaast komen CO<sub>2</sub> en stikstof voor. De ongereinigde gassen bevatten PAK's, o.a. naftaleen, die vóór het gebruik meestal worden verwijderd. Omdat de condities voor het ontstaan van dioxines (temperatuurtraject, aanwezigheid van water, chloor en organische stof) gunstig lijken, kan het ontstaan ervan niet worden uitgesloten. Inderdaad wordt aangegeven dat bij cokesproductie enige dioxinevorming optreedt. (Cost Curves for the abatement of heavy metal, PAH and dioxin emissions, 2002)

Mogelijk met uitzondering van dioxine geven de tot nu toe genoemde brandstoffen geen aanleiding tot zorg in verband met het optreden van schadelijke stoffen. De invloed op de calorische waarde is slechts beperkt, volledige verbranding is bij gasvormige alkanen, CO en H<sub>2</sub> relatief eenvoudig te realiseren en stikstof zal bij lage gehalten geen belangrijke bijdrage aan NO<sub>x</sub>-vorming leveren, mits low-No<sub>x</sub>branders worden toegepast.

Een goed afgeregelde gasvlam heeft een zeer hoge temperatuur (tot >1900°C) waardoor in principe alle organische componenten in het gas volledig verbranden. Door de hoge temperatuur is er echter een hoger risico voor NO<sub>x</sub> vorming door oxidatie van N<sub>2</sub> uit de verbrandingslucht. Om dit te voorkomen zijn speciaal voor gas diverse “laag NO<sub>x</sub> branders” ontworpen (Gasunie Nederland NV; Natural Gas Composition, Union Gas; University of Houston Law Centre, Institute for Energy, Law & Enterprise; Shell Global Solutions – Analytical technology; IFRF Research Station b.v.; MSN Encarta – Natural Gas).

Ongezuiverd "Wet Natural Gas" kan aanzienlijke gehalten aan hogere alkanen en aromatische koolwaterstoffen bevatten. Zogenaamd "Sour Gas" bevat aanzienlijke gehalten aan H<sub>2</sub>S en andere zwavelhoudende stoffen, waardoor het giftig is en een intense geur heeft. Ook ongezuiverd Bio-gas en ongezuiverd cokes-gas, hoogovengas en zgn. pyrolysegas (gasvormige ontledingsproducten die ontstaan door sterke verhitting van organische afvalstoffen, Jorapur en Rajvanshi; 1997) ) kunnen deze onzuiverheden bevatten. Bij verbranding wordt uit zwavelhoudende verbindingen vooral SO<sub>2</sub> gevormd. Dit is niet acceptabel uit emissieoogpunt, maar het wordt niet beschouwd als een belangrijk risico uit het oogpunt van contaminatie met schadelijke stoffen. Veelal zullen deze gassen gereinigd zijn voor distributie. Commercieel geleverde gassen voor gebruik door kleinverbruikers (huishoudens) en in drogers dienen reukloos te zijn, behoudens de typische geur van een verklikker-stof, meestal mercaptan. Aanwezigheid van aromaten in het gas kan mogelijk bij suboptimale verbrandingscondities een verhoogde kans geven op PAK- en/of dioxinevorming. Aanwezigheid van dergelijke verbindingen moet daarom bekend zijn.

Bij de aanduiding van gasvormige fossiele brandstoffen als brandstof voor drogers, wordt in de literatuur meestal weinig onderscheid gemaakt tussen de verschillende gassen. Meestal is sprake van "natural gas" als brandstof. Soms wordt LPG vermeld (mengsel van butaan/propana). Producenten van LPG, propaan, butaan (o.a. Shell, BP) geven in hun productspecificaties aan dat hun gassen voor industriële doeleinden droog en gezuiverd zijn. Cokesgas wordt nog in diverse Europese en niet-Europese landen geproduceerd, meestal als nevenproduct van steenkoolwinning of ijzerproductie uit erts. Men gebruikt dit gas voor verwarmingsdoeleinden en geeft duidelijk aan dat stoffen zoals H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, teer, benzol (= lagere aromaten) en naftaleen (= een van de PAK's) specifiek verwijderd worden (Ispat Nova Hut, www. Novahut.cz). Ongezuiverd cokesgas kan hoge gehalten aan aromatische koolwaterstoffen (PAK's) bevatten en zou niet als zodanig gebruikt moeten worden in branders voor directe droging van voedermiddelen.

In vrijwel alle literatuur wordt gesteld dat gas als brandstof voor drogers geen aanleiding geeft tot specifieke problemen, of er wordt niets over vermeld. Alleen Tilgner (1970) stelt na bespreking van direct drogen met gassen als brandstof, dat men los van welke brandstof dan ook nooit een direct droogproces zou moeten gebruiken voor (humane) voedingsmiddelen. Een conclusie die op basis van het ALARA principe voor het ontstaan van nitrosamines in voedingsmiddelen onder invloed van NO<sub>x</sub> in het drooggas, geheel kan worden onderschreven (zie ook hoofdstuk 6.2.2).

Anderen baseren zich bij het toepassen van gasvormige brandstoffen op de aanname dat bij gebruik van gas geen verhoogde gehalten schadelijke stoffen in het gedroogde product zullen optreden (Rezchikov, 1983; Fritz, 1983; Poulsen, 1987; Wilkins, 1991). De laatste twee auteurs tekenen wel aan dat ter voorkoming van NO<sub>x</sub>, "low NO<sub>x</sub>" branders nodig zijn. In een enkel geval wordt verontreiniging van aardgas vermeld (S-verbindingen, NO<sub>x</sub>; Hg, Woggon, 1978). Het is echter niet duidelijk om welke hoeveelheden het hier gaat. Gasvormige brandstoffen zouden dus (net als alle andere brandstoffen) ook op specificatie en met garanties voor afwezigheid van ongewenste verontreinigingen moeten worden ingekocht (GMP en HACCP brandstoffen).

#### *Vloeibare fossiele brandstoffen*

Voor vloeibare fossiele brandstoffen worden klassen onderscheiden die samenhangen met de samenstelling, kookpuntraject, de brandeigenschappen en aanwezige onzuiverheden. Vloeibare brandstoffen zijn o.a. petroleum, lichte stookolie, dieselolie en zware stookolie.

Voor brandstoffen gelden in Nederland (en in de meeste EU landen) wettelijke eisen voor de samenstelling en maximale gehalten aan enkele ongewenste stoffen, zoals PCB's, Organo-Chloor verbindingen en Zwavel. In Nederland geldt dat geen enkele vloeibare brandstof meer PCB's en PCT's mag bevatten dan 0.5 mg/kg (ppm) per congeneer, en tevens niet meer dan 50 mg/kg (ppm) halogeen-koolwaterstoffen, berekend als Chloor. Voor luchtvaartbrandstoffen geldt echter een maximum van 500 mg/kg (500 ppm) .

Voor rode Gasolie (HBO) geldt een maximaal zwavelgehalte van 0.2% w/w, voor blanke dieselolie (ADO) voor het wegverkeer 0,05%. Voor stookolie geldt max. 1.0% zwavel. Zware stookolie kan echter tot meer dan 4,5% zwavel bevatten. Afnemers stellen vaak ook eisen aan het asgehalte en het gehalte aan zware metalen, waaronder Ni ,Cd, As, Hg,Pb en V (zie bijlage 3, KEMA, 2003). De normen in de verschillende EU landen zijn nog niet uniform (NOVE). De regelgeving is zeer complex.

Vloeibare brandstoffen worden gebruikelijk geleverd met specificatie t.a.v. de samenstelling, per afgeleverde partij. Smeerolie, motorolie en hydraulische olie zijn niet bedoeld om als brandstof te worden gebruikt. Niet als zodanig en niet als "afvalolie" . Zij kunnen additieven (soms zelfs aanzienlijke fracties) bevatten van stoffen die bij verbranding een wezenlijk gevaar vormen voor contaminatie van te drogen producten (o.a. PCB's en metalen).

De geraadpleegde literatuur bestaat voornamelijk uit rapporten waarin de bijdrage van de verbranding van diverse typen olie aan milieuverontreiniging wordt geschetst. Daarnaast uit artikelen waarin bij de bespreking van een droogproces ook kort de condities, zoals brandstoftype worden genoemd. Zelden wordt expliciet onderbouwd wat de verschillen in brandstofsamenstelling zijn. Recycling-oliën (afgewerkte olie etc.) zijn vaak mengsels van onbekende herkomst en met onbekende samenstelling. Opzettelijke vermenging met brandbare chemische reststoffen is in het verleden regelmatig vastgesteld (o.a. TCR-affaire). Inschatten van de kans op schadelijke stoffen in het drooggas is dus voor deze ongespecificeerde "brandstoffen" niet mogelijk. Bij verbranding van een niet gedefinieerde vloeibare brandstof kan de contaminatie klein, maar soms ook onverwacht zeer hoog zijn (KEMA, 2003; RIVM-TNO, 1993; EPA 2002). Dit geldt evenzeer voor toevoegingen van deze producten als bijv. antistuiwfolie aan kolen, cokes of andere vaste brandstoffen. In interviews met enkele deskundigen werd gewezen op het risico dat met name vloeibare brandstoffen tijdens vervoer en opslag gemakkelijk en onbedoeld verontreinigd raken met andere organische stromen, waardoor de aanvankelijke specificatie bij aflevering niet meer van toepassing is.

Vloeibare brandstoffen vormen ook een typisch risico voor verontreiniging met PCB's en PBB's. PCB's komen niet van nature voor in geraffineerde vloeibare brandstoffen. Shell Nederland garandeert zelfs (telefonisch) dat in hun diesel- en stookolie geen PCB's voorkomen. Dit zou kunnen worden opgevat als "onder de detectiegrens". De algemeen toegepaste analysemethode kent een aantoonbaarheidsgrens van ca. 5 µg/kg (5 ppb) voor totaal PCB's. Dat zou een factor 100 onder de NL norm voor brandstoffen zijn. Afgewerkte olie wordt volgens de EU richtlijnen m.b.t. Beheer van afvalstoffen (Europese Unie :75/439/EEG, 75/442/EEG, 87/101/EG, 91/689/EEG, 94/67/EG), gerekend tot de "gevaarlijke afvalstoffen". Gelijktijdig is er een streven om het hergebruik van "hoogcalorisch afval" als brandstof mogelijk te maken, o.a. in de elektriciteitsopwekking, cementproductie en hoogovens. In Nederland is in het Landelijk Afval Beheersplan (LAP) 2002-2006 , sectorplan 23, "Oliehoudende afval" en Sectorplan 24 " PCB-houdende afval" (VROM, Wet milieubeheer) vastgelegd dat afvalolie met een PCB-gehalte van > 0.5 mg/kg (0.5 ppm) per congeneer ingedeeld wordt in Categorie IV (vergunning plichtig afval). Afvalolie met een Organisch Halogeen-gehalte van >1000 mg/kg (1000 ppm) wordt ingedeeld in Categorie III. Beide mogen niet worden vermengd met andere brandstoffen en mogen uitsluitend gecontroleerd worden vernietigd (<http://www.wetten.nl>).

De Basel Convention; PCB,PCT and PBB technical guidelines, (2002) geeft aan dat vloeistoffen met een totaal PCB gehalte van 50 ppm (mg/kg) of meer als "hazardous waste" moeten worden beschouwd, terwijl voor bulkproducten met gehalten van 2 – 50 ppm wordt aanbevolen dat deze onder strikte controle worden gesteld (zie ook OESO indeling). De Central Pollution Control Board (Delhi) definieert olie als "waste oil" met de classificatie "Hazardous waste" (CPCB 1989, 1998) indien daarin worden aangetroffen: > 5 mg/l totaal PCB/PCT/PBB en/of > 100 mg /l "gechlorde oplosmiddelen, benzeen en totaal PAH en/of > 100 mg/l van ieder van de zware metalen As, Ba, Cr, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn. Dergelijke producten moeten, volgens de Basel Convention, worden aangeboden voor gecontroleerde vernietiging en mogen zeker niet als brandstof worden verkocht of gebruikt.

DE UNEP Chemicals Survey (August 2000) (Helsinki Commission PCB's 2001) schrijft voor dat voor vernietiging van PCB's, PCT's en PBB's zeer specifieke verbrandingscondities nodig zijn (>1200°C, 2-5 sec., 6% surplus oxygen, high turbulence), die in normale branders (800-1000°C) niet worden gerealiseerd. Verbranding onder deze condities kost US\$ 1000-3000 / ton en is dus zeker geen economisch verbrandingsproces voor industriële toepassing. De juistheid van deze condities voor vernietiging is recent in wetenschappelijke modelstudies wetenschappelijk bevestigd, o.a. door G.Söderström (2003). Aangezien tijdens verbranding van PCB's en PBB's vele "rearrangement-reacties" optreden, kan daaruit een breed scala aan poly-gechlorde (gebromeerde) aromaten ontstaan die tot de POP's (Persistent Organic Pollutants) gerekend moeten worden en deels in hoge mate toxisch zijn. Hoewel PCB's en PBB's in Europa en Noord Amerika niet meer worden geproduceerd, zijn wereldwijd nog grote hoeveelheden in circulatie en is de formele doelstelling voor wereldwijde eliminatie gesteld op 2028 (Basel Convention 2002). De aanwezigheid van PCB's en PBB's in ongecertificeerde brandstoffen blijft de komende decennia dus nog een reëel gevaar, mede vanwege de hoge kosten voor gecontroleerde vernietiging. Gegeven de hoge persistentie en hoge overdrachtsefficiëntie en de kans op dioxinevorming in de brander, zijn brandstoffen met een aantoonbaar gehalte aan PCB's, PCT's en PBB's niet acceptabel. Dit geldt ook voor brandstoffen met een aantoonbaar Dioxine en POP's-gehalte. Het is daarom noodzakelijk om bij iedere levering van vloeibare brandstoffen een certificaat te eisen en de juistheid daarvan regelmatig door zelfcontrole vast te stellen. Het is zinvol om daarin te laten opnemen dat de brandstof geen componenten uit (olie)recycling bevat.

#### *Vaste fossiele brandstoffen*

Het gaat hier om steenkool, cokes en bruinkool in diverse kwaliteitsklassen.

De brandstoffenhandel hanteert de volgende definities:

Aanduiding	Koolstof %	Overige kenmerken	Energiewaarde
Brown coal / bruinkool	<60%	Onvolledig gemineraliseerd	2.8 kWh / kg
Lignite	60-70%	Water, as, bitumen	7 kWh / kg
Butiminous coal	75-91.5%	Bitumen 7-20%	9 kWh / kg
Anthraciet	> 91.5 %	Zuiverste steenkool	> 9 kWh / kg
Cokes	-	Ontgaste steenkool	8 kWh / kg

(herkomst: Steinkohle Portal, <http://steinkohle-portal.de> en Oscar van Vlijmen, mei 2000)

Een enigszins andere indeling, gebaseerd op toepassingen, is die in Thermische kool, Metallurgische kool, Anthraciet, Petroleum kool (Petcoke) en koolproducten voor huishoudelijk gebruik, inclusief briketten. Petcoke is een destillatieresidu uit de aardolieraffinage. Het is ongeschikt als brandstof voor direct gestookte drogers (Bron: SSM Coal; <http://ssmcoal.com>).

Vaste fossiele brandstoffen in dezelfde categorie, maar van verschillende herkomst, kunnen aanzienlijk verschillende samenstellingen hebben (KEMA, 2003; Merrill, 1985). Naast koolstof bevatten bruinkool en steenkool variërende gehalten aan silicium & zouten (as), bitumineuze stoffen (PAK's), zwavel, halogenen en zware metalen. Het is dan ook noodzakelijk om per levering een gedetailleerde productspecificatie met herkomstvermelding te vragen. De bonafide steenkoolhandel heeft die beschikbaar. Een voorbeeld van zo'n product-specificatie van een steenkool die voor direct drogen van gras en lucerne geschikt is bevonden, is opgenomen in bijlage 5.

Het mag niet onvermeld blijven dat vaste fossiele brandstoffen een geringe hoeveelheid radioactiviteit kunnen bevatten. Deze radioactiviteit is afkomstig uit de zware metalen uraan en thorium, die net zoals andere zware metalen in wisselende gehalten in steenkolen voorkomen. Gesteld wordt dat ook deze metalen vrijwel volledig in de koolas terecht komen. Het gehalte voor U varieert van 1-10 mg/kg, afhankelijk van de winplaats. Voor Th zijn deze waarden ca 2,5 x zo hoog. Het Amerikaanse EPA houdt de gemiddelde waarden van 1,3 mg/kg U en 3,2 mg/kg Th aan. Niet alleen deze elementen, maar ook voor hun vervalproducten radium, radon, polonium, bismuth en lood (Gabbard, [www.ornl.gov](http://www.ornl.gov)). In de gebruikelijke specificaties wordt hieraan geen aandacht besteed. Het is ons niet duidelijk of dit als een "hazard" beschouwd zou moeten worden. Vooralsnog wordt radioactiviteit niet meegenomen in de risicoschatting voor vaste fossiele brandstoffen.

Ook vaste brandstoffen kunnen bij delving, opslag, en in de lange logistieke keten tot aan de eindverbruiker, verontreinigd raken met persistente stoffen die bij verbranden aanleiding kunnen geven tot contaminatie van het te drogen voedermiddel. Een bekend gevaar is het toepassen van "afvaloliën" als anti-stuifmiddel in de overslag van kolen en cokes. Bij verbranding van fossiele brandstoffen zullen zeer zeker de verbrandingscondities in combinatie met de feitelijke samenstelling van de brandstof de emissie van PAK's- en andere stoffen in de rookgassen en ook de vorming van dioxines bepalen. Immers, onder de juiste brandercondities en bij voldoende hoge temperatuur, is de organische component in iedere fossiele brandstof volledig om te zetten in CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O. De Si- en mineralen, stikstofhalogeen- en zwavelverbindingen zullen deels vervluchtigen, deels in de as achterblijven. Het is belangrijk om vast te stellen welk deel hiervan (als vlieg-as) op het te drogen product terecht kan komen. Wel is het zo dat door de aard van de vaste brandstof, volledige (restloze) verbranding van de organische stof minder gemakkelijk te realiseren is dan bij gasvormige of vloeibare brandstoffen. Zware metalen zijn reeds van nature in de brandstof aanwezig. Bij fossiele brandstoffen kunnen met name kolen, afhankelijk van de herkomst, uiteenlopende en soms relatief grote hoeveelheden metalen bevatten. Voor een overzicht wordt verwezen naar bijlage 4, tabel 2.

Om de vorming van NO<sub>x</sub> te minimaliseren richt men zich (zoals al besproken bij gasvormige en vloeibare brandstoffen) op minimalisering van de oxidatie van luchtstikstof, door beheersen van de verbrandingscondities. Met name bij kolen kan NO<sub>x</sub> echter ook gevormd worden uit de stikstofverbindingen die in de brandstof aanwezig zijn. Vaste fossiele brandstoffen dienen altijd op specificatie en met certificaat gekocht worden. Daardoor is beheersing van de gehalten aan contaminerende stoffen bij gebruik als brandstof in directe drogers, goed mogelijk. Gerenommeerde leveranciers werken met ISO kwaliteitssystemen, waardoor de samenstelling en herkomst kan worden gegarandeerd en ook het gehele logistieke traject geborgd is.

### *Biobrandstoffen*

Niet fossiele producten van dierlijke of plantaardige herkomst, gemakshalve samengevat tot "biobrandstoffen", worden zowel "enkelvoudig" toegepast als via bijstook bij fossiele brandstoffen. Uit het overzicht dat in opdracht van CCL Research door KEMA is gemaakt (KEMA, 2003) blijkt dat er een groot scala is aan biobrandstoffen zoals stro, (schone) houtsnippers, kokosnotendoppen en cacaodoppen, bagasse. In enkele gebieden (o.a. Brazilië) wordt grootschalig "stookhout" verbouwd en toegepast in de agro-industrie.



Dit soort brandstoffen kan gekenschetst worden als plantaardig/vezelig/houtachtig, wat betreft structuur en samenstelling. Als deze brandstoffen schoon en droog zijn, is het risico relatief laag. Uit de geraadpleegde gegevens komt naar voren dat er t.a.v. vorming van schadelijke stoffen geen grote verschillen gevonden zijn. Over NO<sub>x</sub>-vorming valt nog op te merken dat dit soort brandstoffen een relatief lage vorming geeft. Bijstook kan zelfs NO<sub>x</sub>-vorming verminderen: een vuistregel is dat 1% extra bijstook van biobrandstof 1% lagere NO<sub>x</sub>-vorming geeft (KEMA 2003). Het lijkt dan ook niet zinvol om schoon onbewerkt hout en schone droge houtige bijproducten zonder verdere toevoegingen alle nog apart te beschouwen.

Zij hebben geen bijzondere risico's indien de herkomst en de samenstelling gegarandeerd kan worden.

Dit ligt anders voor bewerkte en recycling producten. Hieronder vallen bijvoorbeeld verduurzaamd hout en sloophout. Ook plantaardige materialen die zijn bewerkt met conserveermiddelen, insecticiden of die gecontamineerd zijn met olie of chemicaliën (b.v. zaagsel). Schadelijke stoffen van belang zijn hier vooral PCB's, organochloor-producten en metalen en metaal-zouten. Vochtige biobrandstoffen verhogen de kans op "de novo" synthese van dioxinen en PAK's, doordat de verbrandingstemperaturen in het kritische gebied van 200-600°C kunnen blijven (KEMA 2003, Söderström 2003). In de bijlagen 1 (dioxinen), 2 (PAK's) en 3 (zware metalen) wordt hier dieper op ingegaan.

Biobrandstoffen van andere samenstelling en herkomst, die ontstaan als bijproduct van lokale agro-industriële verwerkingsprocessen, moeten ieder voor zich apart worden beoordeeld. Gegevens hiervoor zijn vaak fragmentarisch. Zo zouden droge citruschillen geschikt zijn als brandstof (bedrijfsinfo "Vincent Corporation", 1998). Over het optreden van dioxinen wordt alleen gemeld dat bij juiste procesvoering gehalten voldoen aan de Amerikaanse normen. Specificatie van samenstelling en vochtgehalte is hier een vereiste. Een product als lanoline (wolvet) zou soms ook worden gebruikt als brandstof. Lanoline is inderdaad bruikbaar als biobrandstof ("Saacke" bedrijfsinfo 2002), gegevens over gehalten aan (en eventuele vorming van) schadelijke stoffen zijn niet gevonden (klein volume). Dit geldt ook voor andere biobrandstoffen zoals plantaardige en dierlijke vetten.

#### *Ranking contaminatiekansen per type brandstof en per type schadelijke stof.*

Zoals in het voorgaande beschreven is de aard en de samenstelling van de brandstof (incl. vochtgehalte) sterk bepalend voor de grootte van de contaminatiekansen per categorie schadelijke stof. De kans op het ontstaan van dioxinen en PAK's neemt toe bij onvolledige verbranding. Bij fossiele brandstoffen is de kans hierop in principe het kleinst bij gasvormige brandstoffen en het grootst bij vaste brandstoffen. Voor de vorming van NO<sub>x</sub> ligt dit precies andersom. Biobrandstoffen zijn minder geconcentreerd, d.w.z. hebben een lagere verbrandingswaarde per eenheid brandstof (MJ/kg). Dit speelt des te sterker als deze brandstoffen niet geheel droog zijn. Het gehalte aan zware metalen is ook van belang. Contaminatie van voedermiddelen met metalen tijdens directe droging moet (vrijwel) geheel worden toegeschreven aan het metaalgehalte van de brandstof.

Gemengd stadsafval, gemengd industrieel afval en gedroogd zuiveringsslib zijn en blijven formeel afvalproducten (rapport "Refuse Derived Fuel; current practice and perspectives, 2003). Lidstaten van de EU kunnen slechts in speciale gevallen en voor specifieke doeleinden een vergunning voor het gebruik als brandstof afgeven. Deze afvalstoffen kunnen onbedoeld hoge gehalten aan persistente contaminerende stoffen bevatten. Het gebruik hiervan in een directe droger kan vanwege deze risico's, maar ook vanuit een GMP-HACCP optiek niet worden getolereerd.

De schatting van de contaminatiekansen van het gedroogde product, door overdracht uit de drooggassen in de droger, van dioxinen, PAK's en zware metalen is nader toegelicht in de bijlagen 1, 2 en 3.

Voor de beoordeling van de kans die brandstoffen geven op vorming van schadelijke stoffen is dus per categorie schadelijke stoffen een aparte lijst nodig (Bijlage 4; Tabellen contaminatie-risico's brandstoffen) De tabellen 1A t/m 1D geven een beoordeling van de lijst brandstoffen per categorie schadelijke stof.

Tabel 1A (dioxinen) is onderbouwd in bijlage 1; tabel 1B (PAK's) in bijlage 2; tabel 1C (zware metalen) in bijlage 3. Tabel 1D (NOx) is grotendeels afgeleid van KEMA-informatie. (KEMA, 2003). Tabel 2 (in bijlage 4) geeft een overzicht van de gehalten aan zware metalen voor diverse brandstoffen.

De tabellen 1A t/m 1D (bijlage 4) zijn opgesteld op basis van de analyse van verbrandingsprocessen, die uit dit onderzoek zijn verkregen. De originele cijfers betreffende emissies zijn hierbij steeds herleid naar de vorming van de schadelijke stof, uitgedrukt in gewichtseenheid per gewichtseenheid omgezette brandstof. Uitzondering hierop is NOx, dit is uitgedrukt in gewicht per volume drooggas. Reden hiervoor is dat NOx deels gevormd wordt uit luchtstikstof, en in vele gevallen sterker gerelateerd is aan de verbrandingstemperatuur dan aan de brandstofsamenstelling. Bij de besproken gassen en bij lichte olie is dit zelfs de enige bron. De NOx waarden die gevonden zijn voor verschillende brandstoffen (tabel 1D, bijlage 4) mogen dan ook niet als representatief en indicatief voor de betreffende brandstoffen worden beschouwd. Deze tabel geeft slechts in de praktijk waargenomen gehalten, geen risicoschattingen.

Om direct aan brandstoffen gerelateerde risico's te kunnen vergelijken moet de kans op vorming van schadelijke stoffen losgekoppeld worden van de invloed van procesvoering en apparatuur. Beoordeeld is daarom steeds verbranding onder "standaardcondities" bij een optimale procesvoering.

## **6.2. Branders / luchtverhitters**

### **6.2.1. Typen branders**

De in 6.1 genoemde brandstoffen worden in de luchtverhitter (kachel, "heater") van de droger omgezet in een warme gasstroom voor het drogen. De luchtverhitter en de eigenlijke brander daarin zijn daarmee de essentiële schakel tussen brandstof en het droogproces.

Het ontwerp, de constructie, de staat van onderhoud en de procesvoering van de brander en de gehele verhitter bepalen de volledigheid van de verbranding. Daarmee ook het risico voor verontreiniging van de directe drooggassen met brandstofresten, onverbrande contaminerende stoffen (POP's) en "de novo" synthese van stoffen als PAK's en Dioxinen.

Het toegepaste brandertype hangt nauw samen met de brandstof die kan worden gebruikt. In feite bepaalt de aanwezige brander voor lange tijd (technische afschrijvingsperiode) welke brandstoffen kunnen worden gebruikt. De combinatie van branderconstructie en brandstof bepaalt de fysica van de verbranding en daarmee voor een belangrijk deel van de dynamiek en kinetiek daarvan. De instelling van de brandstof : lucht verhouding is een belangrijke factor bij het optimaliseren van het verbrandingsproces.

Bij de meeste branders/luchtverhitters wordt onderscheid gemaakt tussen "primaire lucht" (voor de primaire verbranding) en "secundaire lucht" (secundaire verbranding) en soms ook "tertiaire lucht" als bijmenging voor instelling van de gewenste ingangstemperatuur (T-in) en drooggasstroom (debiet) in de droger (StelaLaxhuber KG-Homepage Produkte 2002).

Gasvormige en vloeibare brandstoffen worden doorgaans in de brander zeer fijn verdeeld en vermengd met primaire lucht verbrand. Vaste brandstoffen, zoals kolen en varianten en biobrandstoffen worden meestal afhankelijk van de fijnheid (deeltjesgrootte) op roosters of soms met een "fluid bed" of "wervelbed" verbrand.

Bij elektrische verhoging van drooglucht en verhoging via stoempijpen of een andere warmtewisselaar is sprake van indirecte verhoging. Deze blijft hier buiten beschouwing.

### *Branders voor gasvormige en vloeibare brandstoffen.*

Fijne verdeling van olie voor de verbranding wordt bereikt met diverse branderontwerpen, bijv. "rotating cup" (Saacke Ltd.). Een kort overzicht van typen en hun werking wordt gegeven in een RIVM/TNO rapport (RIVM/TNO 1993). De meeste geavanceerde branders zijn "dual fuel", dus zowel geschikt voor gas als olie en speciaal ontworpen voor gegarandeerd volledige verbranding.

Met name bij gas en olieverbranding speelt beperking van de NO<sub>x</sub>-vorming een rol.

Hiervoor worden low NO<sub>x</sub> burners toegepast. Bij gasbranders van dit type is 1 mg/m<sup>3</sup> NO<sub>x</sub> haalbaar. Dit type (Ultra Low NO<sub>x</sub> CXA) wordt speciaal voor directe droging voor food en feed aangeboden ("GCD international", 2003). Ook low-risk NO<sub>x</sub> oliebranders bestaan: NO<sub>x</sub>-gehalten in het drooggas zijn dan een factor 5 lager dan bij branders zonder deze voorzieningen (KEMA, 2003).

Productinformatie van branderleveranciers geeft aan dat door hen grote aandacht wordt besteed aan volledigheid van de verbranding (bijv. in een tweetraps verbrandingsproces, waarbij naverbranding van gasvormige residuen plaatsvindt, ook van persistente organochloor verbindingen) en de controle daarop (productinformatie "Bloom engineering", 2003). De verbrandingscondities in deze branders zijn zodanig ontworpen dat dan een temperatuur van maximaal ca 1250°C wordt bereikt.

### *Branders voor vaste brandstoffen.*

Vaste fossiele brandstoffen zijn bruinkolen, cokes en diverse variëteiten steenkolen.

Deze branders zijn meestal voorzien van roosters waarop een laag brandstof wordt gelegd. Door en over de brandstof wordt de verbrandingslucht geleid. Essentieel is dat door een juiste brandstof-luchtverhouding een voldoende hoge temperatuur en volledige verbranding wordt gerealiseerd. Zeer effectieve verbranding van vaste brandstoffen wordt bereikt met een poederkool-wervelbed, of cycloonbrander waarbij (meestal) zeer fijn vermalen kolen, worden verbrand in een sterk turbulente luchtstroom. Dit type komt echter vooral voor in elektriciteits-centrales en andere zeer grootschalige verhitters en afvalverbranders.

Ook biobrandstoffen kunnen zeer effectief worden verbrand met zgn. cycloonbranders ("Onyx corporation"; 2003). Deze toepassing werkt bijv. voor houtsnippers, lijkt op een wervelbed en werkt zeer efficiënt. Door middel van het ontwerp wordt een verbrandingstemperatuur van ca. 1100°C gerealiseerd. Dit soort voorziening is echter kostbaar en komt in Nederland niet voor en daarbuiten slechts sporadisch in luchtverhitters voor drogers.

In Nederland wordt voor houtverbranding meestal gebruik gemaakt van roosterbranders waarin de brandstof met een schroef in de vuurhaard wordt geduwd (RIVM/TNO, 1993).

Verbranden van vaste brandstoffen in niet speciaal daarvoor geoptimaliseerde branders, verhoogt de kans op vorming van schadelijke stoffen sterk. Zo kan uit geschatte PAK-emissie in Nederland door resp. kleinschalige (huishoudelijke) allesbranders en elektriciteitscentrales met poederkoolvergassing (KEMA, 2003) globaal worden afgeleid dat stoken van afval in allesbranders (gericht op breed aanbod brandstoffen, niet op volledige verbranding) PAK-vorming kan geven die een factor 100.000 hoger ligt dan de industriële poederkoolvergassing.

## **6.2.2. Procesvoering branders / luchtverhitters**

### *Instelling brandertemperatuur*

Verbranding bij een hoge vlamtemperatuur geeft aanleiding tot vorming van NO<sub>x</sub> door oxidatie van luchtstikstof door luchtzuurstof. NO<sub>x</sub> kan in het te drogen product tot vorming van nitrosaminen leiden. (EU DG Industrie, 1997; Scalan R.A., 2003). Dit geldt met name bij eiwitrijke producten, waarbij vrije aminogroepen van het eiwit bij hoge temperatuur met de in de drooglucht aanwezige NO<sub>x</sub> reageren.

Er zijn inmiddels speciale "Low NOx" en "Ultra low NOx" branders (voor gas en olie) op de markt, waarbij door regulering van de vlamtemperatuur of door injectie van ammoniak, de NOx-vorming sterk verlaagd kan worden. Deze zijn zonder meer aan te bevelen voor directe droging, aangezien zij de kans op vorming van nitrosaminen wezenlijk kunnen verminderen. Een te lage brandertemperatuur kan aanleiding geven tot N<sub>2</sub>O-vorming (KEMA, 2003). Maar dit is (voor zover ons bekend) niet van invloed op de nitrosaminevorming aangezien N<sub>2</sub>O geen nitrosilerend agens is.

De problematiek van NOx-vorming door oxidatie van luchtstikstof speelt vooral bij gasvormige en vloeibare brandstoffen, waar bij optimale verbranding zeer hoge vlamtemperaturen kunnen worden gerealiseerd. NOx kan ook gevormd worden uit stikstofverbindingen die in de brandstof aanwezig zijn. Dit type Nox vorming hoort wel intrinsiek bij de brandstofeigenschappen en is besproken in hoofdstuk 6.1.

Het uitgangspunt dat in de HACCP (verticale risico-analyses) NOx (en SOx) als een "hazard" wordt beschouwd en dat daaraan (in de meeste gevallen) een ernst-klassificatie "laag" is toegekend moet o.i. ter discussie worden gesteld. Argumenten daarvoor worden gegeven in bijlage 12. Het heeft consequenties voor de vermelding van NOx in de HACCP tabellen bij de verticale risico-analyses voor diverse (groepen van) voedermiddelen en voor het risico-rekenmodel.

De invoering van het ALARA principe voor nitrosaminen in voedingsmiddelen en daarmee voor NOx in drooglucht is (zeer waarschijnlijk) wel de belangrijkste reden geweest om in de voedingsmiddelen-industrie de directe drogers bijna volledig te vervangen door indirecte drogers.

#### *Volledigheid van de verbranding.*

Onvolledige verbranding kan in principe bij alle typen brandstoffen aanleiding geven tot emissie van aromatische koolwaterstoffen, roetvorming (PAK's) en vorming van dioxinen. Roetvorming, waarbij kleine deeltjes ontstaan is een van de factoren die sterk bijdragen aan de overdracht naar te drogen product. Roetvorming is dan ook een indicator. PAK's kunnen in en rond de brander worden gevormd bij onvolledige verbranding. Ook voor dioxinen geldt dat "de novo" synthese in of na de brander het belangrijkste mechanisme is (KEMA, 2003a; INSERM, 2001). Juist bij het opstarten van de brander en bij het haperen van de luchttoevoer, bijv. door slechte instellingen of gebrek aan onderhoud (incidenteel/ad hoc gebruik van drooginstallaties), kan onvolledige verbranding optreden. Dit treedt gelijktijdig op met roetvorming en CO-vorming, die beiden in de lijn te meten zijn. Ook de kleur van de vlam kan als indicator voor de volledigheid van de verbranding en vlamtemperatuur worden gebruikt.

### **6.3. Drogers**

#### **6.3.1. Typen drogers**

Binnen het kader van dit project wordt alleen aandacht besteed aan directe droging. Directe droging is een vorm van convectief drogen, d.w.z. drogen door langsstromend drooggas. Bij directe droging wordt een heet drooggas met lage relatieve vochtigheid vanuit de luchtverhitter rechtstreeks over het te drogen product geleid. Er is dus direct contact met het te drogen voedermiddel. Door warmteoverdracht stijgt de temperatuur van het voedermiddel en het verdampte water wordt met het drooggas weggevoerd. Op dit basisprincipe bestaan vele varianten (een overzicht wordt gegeven door Van 't Land, 1991), maar lang niet alle bestaande typen droogapparatuur worden in de praktijk toegepast voor het drogen van voedermiddelen. Ingewonnen bedrijfsinformatie en verzamelde kennis via bedrijfsbezoeken en interviews heeft (tot dusver) opgeleverd dat slechts een beperkt aantal typen drogers in de industriële praktijk voor drogen van voedermiddelen wordt gebruikt. Deze typen worden ter illustratie hieronder kort besproken.

Stoomdrogers, contactdrogers en stralingsdrogers worden altijd indirect verhit en worden daarom hier niet verder besproken. Zie voor een uitgebreid overzicht van drogertypen, de websites [www.drying.de](http://www.drying.de) en [www.stela.de](http://www.stela.de). Een lijst van handboeken over droogtechnieken is te vinden op de website van de Nederlandse Werkgroep Drogen: [www.drogen.nl](http://www.drogen.nl).

#### De roterende trommeldroger

("Simon dryers Ltd"; Swenson Technology, Inc.; "The Onyx Corporation"; "Stela Laxhuber"). Hierbij wordt het te drogen materiaal aan de bovenzijde van een enigszins schuin opgestelde buisvormige trommel naar binnen gebracht. Doordat de buis draait en aan de binnenzijde met schoepen is bezet wordt het materiaal door herhaald "overstorten" naar de andere zijde van de buis gebracht. Tegelijkertijd wordt heet drooggas over de te drogen diervoedergrondstof geleid. Hierbij komt water uit het te drogen materiaal door verdamping in de gasfase terecht; het water wordt via de gasstroom verwijderd. Energetisch het meest gunstig is droging volgens het tegenstroom-principe, maar contact van heet drooggas met een bijna droog product geeft verbrandings-risico's. Dit is de reden dat in de gebruikelijke trommeldrogers parallelstroom wordt toegepast. De roterende trommeldroger is geschikt voor een groot aantal verschillende producten (vezelig, korrelig, vast) en is een van de meest toegepaste technologieën voor het drogen van diervoedergrondstoffen.

#### Banddrogers

("Sakav" bedrijfsinformatie, Arrowhead 2003c)

Het te drogen materiaal (in vaste vorm) wordt op een (geperforeerde) lopende band door het droogcompartiment geleid. Tijdens deze passage wordt het drooggas over of door deze band geleid. Dit type droger is o.a. geschikt voor het drogen van grove vezelige producten, waaronder plantendelen (o.a. gras, lucerne).

#### Verticale schachtdroger of doorlooptroger

("Van Aarsen International", "Geelen Counterflow", "Stela Laxhuber")

Deze droogtechniek wordt veel in de mengvoerindustrie toegepast, maar ook bij het drogen van graan- en maisproducten, direct na de oogst. Er bestaan ook mobiele installaties die op het akkerbouwbedrijf of bij de opslagsilo kunnen worden ingezet. Het te drogen vaste materiaal wordt van boven naar beneden door een schacht gevoerd en drooglucht in tegenstroom van beneden naar boven of in dwarsstroom middels inlaat-uitlaat constructies. De temperatuur van de ingaande drooglucht is hier gebruikelijk lager dan bij bijv. trommeldrogers en sproeidrogers.

#### Vloerdroger / zakkendroger

Dit type droger bestaat uit een geperforeerde bodemplaat waarop het te drogen product in juttten zakken wordt gelegd of los wordt gestort. In de ruimte onder de geperforeerde bodemplaat wordt verwarmde lucht geblazen waarvoor diverse typen luchtverhitters worden gebruikt. Voor kleine drogers zijn dat vaak heteluchtkanonnen, die gestookt worden met butaan/propaan of petroleum. Indien petroleum of huisbrandolie als brandstof wordt gebruikt bestaat het gevaar van verontreiniging van het product met PAK's. Dit type droger wordt vaak kleinschalig toegepast voor boerderijproducten en ter plaatse samengesteld. Procescontrole wordt hier vaak achterwege gelaten of is zeer eenvoudig van opzet.

#### Sproeidrogers.

Bij dit type wordt het vloeibare product gelijktijdig met een grote hoeveelheid heet drooggas in een ruimte verneveld, waarbij het te drogen product door de drooglucht wordt meegevoerd. Door het grote oppervlak van de versproeide druppels verdampt het water snel en ontstaat er een poeder. De poeder wordt vervolgens gescheiden van de drooglucht (cyclonen of filters). Van dit type droger bestaan verschillende vormen, waaronder de sproeitoren en de boxdroger. Sproeidrogen wordt voornamelijk toegepast voor zuivelproducten, maar ook voor zetmeelproducten, eiwitproducten en bloedproducten. Sproeidrogers worden uitsluitend grootschalig gebruikt in een industriële omgeving.

### 6.3.2. Procesvoering drogers

Hoewel de procesvoering van de luchtverhitter/brander nauw samenhangt met die van de eigenlijke droger, kunnen toch een aantal risico's worden beïnvloed door specifieke procesinstellingen van de eigenlijke droger, waar het contact met het product optreedt.

#### *Temperatuurprofiel droger*

Het temperatuurprofiel in de droger is bepalend voor de interacties tussen het drooggas en het te drogen voedermiddel, maar ook voor autonome processen in de drooggassen, zoals condensatie van verbrandingsproducten (metalen) en chemische reacties (dioxinen, nitrosaminen). Bij drogen kan de ingangstemperatuur 500-600°C (of zelfs hoger) zijn en is de uitgangstemperatuur veelal 100-130°C. De temperatuur neemt af door de verdamping van water uit het te drogen product.

Het temperatuurprofiel wordt dus bepaald door de ingangstemperatuur, het debiet, het vochtgehalte van het product, het transport van het te drogen product door de droger en door de vochtoverdracht van te drogen product naar de gasfase. Verandering van deze factoren beïnvloedt het temperatuurprofiel in de droger, maar ook van het te drogen product zelf.

Afhankelijk van het temperatuurverloop in de droger zullen stoffen in het drooggas condenseren. Dit kan zijn op het oppervlak van vliegaseeltjes of stofdeeltjes, dan wel op het te drogen voedermiddel. Het betreft zowel organische als anorganische bestanddelen. Vliegaseeltjes en stofdeeltjes kunnen zich ook afzetten op het te drogen product.

Dioxinen kunnen in de vlam gevormd worden bij onvolledige verbranding. Ze kunnen ook nog in het drooggas gevormd worden in het afkoelingstraject tussen 200-500°C. Men spreekt dan over "de novo" synthese van dioxinen. Het maximum ligt bij ca. 350°C. Langere verblijftijd van het drooggas in dit temperatuurgebied geeft meer dioxinevorming. Voor de vorming zijn verder heterocyclische organische stoffen nodig en een relatief kleine hoeveelheid chloor. De gelijktijdige aanwezigheid van poly-chloor en poly-broom verontreinigingen bevordert de vorming van dioxinen sterk.

#### *Contacttemperatuur drooggas/te drogen product*

Bij hoge temperaturen van het drooggas kan ontleding ("verbranding") van het te drogen product optreden, vooral aan het oppervlak van deeltjes. Deze verbranding is waar te nemen (ook microscopisch) aan de bruinkleuring van het gedroogde product en door de brandgeur. Onder deze condities kunnen in het product PAK's worden gevormd. PAK's-vorming hangt ook af van eiwit-, vet- en vochtgehalte van het materiaal. Bij bijv. het grillen van vlees, waarbij ook hete lucht in contact komt met het oppervlak, kan het gehalte Benz[a] pyrene een factor 500 stijgen (Kazerouni et al., 2001)

#### *Vorming en neerslag vliegaseeltjes*

Vliegaseeltjes ontstaan door fijne verdamping gevolgd door condensatie van mineralen, afkomstig uit de brandstof. Dit treedt vooral op bij vaste brandstoffen en zware stookolie. Dit zeer fijne stof bevat de zware metalen die bij de verbranding zijn vrijgekomen en kan bovendien eventueel aanwezige PAK's en dioxinen zeer efficiënt adsorberen (de adsorptie is niet volledig; vrije PAK's komen ook voor). Bij neerslaan van vliegaseeltjes op het te drogen product betekent dit overdracht van deze stoffen. Indien zware metalen aanwezig zijn, kan afvangen van de vliegaseeltjes (rookgasreiniging) of mogelijke andere maatregelen die het neerslaan van vliegaseeltjes op het product voorkomen de overdracht sterk verminderen.

#### *Stofvorming*

Droogstof ontstaat tijdens het drogen uit het te drogen materiaal, onder andere door mechanische slijtage en plaatselijke oververhitting. Droogstof wordt in een aantal gevallen, na de droger, afgescheiden van het drooggas met een cycloon. Het doel is de uitstoot van stof naar de omgeving te beperken.

Het zal duidelijk zijn dat het terugvoeren van dit stof naar het gedroogde product risico's met zich meebrengt. Immers, fijnstof bevat overhit product en fungeert als adsorbens voor aanwezige PAK's en dioxinen. Het zal ook zware metalen kunnen bevatten. De concentraties van ongewenste stoffen in het cycloonstof kunnen daardoor aanzienlijk hoger zijn dan die in het gedroogde product.

#### **6.4. Toeslagstoffen**

Zeer vochtige producten kunnen een gesloten massa vormen, met een gering oppervlak, die moeilijk te drogen is. Bij het leiden van het drooggas over het te drogen product kan dit korstvorming op het product veroorzaken. Ook dit belemmert het droogproces. Het kan zelfs leiden tot het vormen van grote klonten of het vastplakken van product aan de droger. Als drooghulpmiddel wordt gebruik gemaakt van toeslagstoffen die de productstructuur verbeteren, het oppervlak vergroten en toegankelijker maken. Soms wordt ook gebruik gemaakt van stoffen die zelf water binden (kalk, klei, silica, hullen & doppen). Door het creëren van een poreus en vergroot oppervlak wordt de vochtoverdracht verbeterd. De kans op overdracht van contaminanten uit het drooggas zal echter ook toenemen. Het belangrijkste risico van toeslagstoffen als drooghulpmiddel (en "free flowing aid") is echter de directe verontreiniging van het voedermiddel door ongewenste stoffen in de toeslagstof. Toeslagstoffen worden daarop o.i. niet altijd voldoende onderzocht.

Als toeslagstoffen worden vaak producten gebruikt die toevallig in de omgeving van de drogerij beschikbaar zijn en daar een lage economische waarde hebben. Het is bekend dat ongebluste kalk wordt gebruikt als toeslagstof bij het drogen van vochtige citrusafvallen. Deze kalk kan (zo is gebleken) aanzienlijk verontreinigd zijn met o.a. dioxinen. Het blijft dus mogelijk dat via verontreinigde toeslagstoffen schadelijke stoffen in de te drogen diervoedergrondstof terecht komen. Microscopische beoordeling kan aanwezigheid van toeslagstoffen met voldoende gevoeligheid aantonen en daarmee als beheersmaatregel worden gebruikt.

De in fase 2 geraadpleegde deskundigen gaven aan het gebruik van toeslagstoffen als drooghulpmiddel nauwelijks te kennen. Er werden dan ook geen concrete voorbeelden genoemd anders dan hierboven al aangehaald. Overigens waren voedermiddel leveranciers en apparatuurleveranciers terughoudend in het verstrekken van gegevens die kennelijk als concurrentiegevoelig werden gezien. Het is goed voorstelbaar dat ook het gebruik van toeslagstoffen daaronder gerangschikt moet worden. Het hierboven gestelde blijft dan ook van kracht. De veiligheid van toeslagstoffen dient altijd geborgd te worden middels een HACCP aanpak en regelmatige analytische controle (zie ook 7.1 voor het specifieke effect van alkalische toeslagstoffen op eiwitrijke voedermiddelen).

## 7. Onderzoeksresultaten van projectfase 2

### 7.1. Producttype en productsamenstelling gerelateerde risico's

Voor een groot aantal grondstoffen zijn reeds verticale risicobeoordelingen (+ HACCP's) beschreven (GMP 26a, 26b). De risicobeoordelingen zijn generiek van karakter. Deze voedermiddelen zijn nu ingedeeld in 15 groepen, op basis van herkomst en enkele dominante karakteristieken (pag. 3, GMP 26b, versie 2003).

Een andere indeling zou gebaseerd kunnen zijn op de aard van de hoofdbestanddelen (eiwitrijk, zetmeelrijk, vetrijk, NSP-rijk, mineralen-rijk etc.), de logistieke herkomst (primair gewas, industrieel bewerkte producten of dierlijk versus plantaardig), enz. Doel van die indeling zou zijn om, indien mogelijk, droogrisico's te relateren aan producttype en/of productsamenstelling. Dit zou mogelijk kunnen op basis van de kans op synthese van ongewenste stoffen in het te drogen product onder invloed van de droogtemperatuur of uit het specifiek neerslaan of adsorberen van stoffen uit de drooggasstroom. Daarmee zou dan een betere generieke risicoschatting mogelijk worden. Er is bijv. gesuggereerd dat vetrijke producten een verhoogd risico voor absorptie van PAK's of dioxinen zouden kunnen hebben.

Bij droogprocessen zal de producttemperatuur bij voorkeur laag worden gehouden om waardeverlies van het product of, nog erger, brand in de droger, te voorkomen. In de praktijk zal de producttemperatuur in het grootste deel van het droogtraject (waar nog vrij water aanwezig is) onder de 100° C blijven en hooguit aan het eind daar boven komen. Bij deze temperaturen kan weliswaar sprake zijn van Maillard reacties en caramellisatie maar vorming van PAK's of dioxinen is nog niet aan de orde. Met andere woorden: het droogproces kan leiden tot de vorming van enkele minder gewenste stoffen maar de gevolgen daarvan voor het landbouwhuisdier zijn zeer beperkt en er is geen ketenrisico omdat het geen overdraagbare stoffen betreft. Ook dient hier genoteerd te worden dat het optreden van caramellisatie en Maillard reacties leidt tot verkleuringen van het product. De hogere temperaturen die nodig zijn voor de vorming van PAK's en dioxinen zullen daarom zeker ook verbrandingssporen achterlaten. Een visueel en/of microscopisch onderzoek van het gedroogde product zal de aanwezigheid van verbrandingsresten zeker zichtbaar maken.

Voor eiwitrijke producten lijken twee typen reacties relevant. De eerste is de mogelijke vorming van nitrosaminen o.i.v. blootstelling aan NO<sub>x</sub> in de drooggassen (zie bijlage 12). De andere is de mogelijke vorming van Lysine-Alanine complex (LAL) bij verhitting van waterhoudende eiwitrijke producten in een alkalisch milieu. Bij gebruik van alkalische toeslagstoffen (kalk) kan onder gebruikelijke tijd-temperatuur condities een meetbare vermindering van de eiwit-kwaliteit optreden ([www.fao.org/docrep](http://www.fao.org/docrep)). Beide reacties leiden echter niet tot "hazards" in de HACCP systematiek en kunnen dus in de risicoanalyse voor direct drogen buiten beschouwing blijven.

Het tweede potentiële risico betreft het specifiek adsorberen van bijv. vetoplosbare stoffen in vetrijke materialen. Dit veronderstelt dat er een evenwicht tot stand zou komen tussen de concentratie van deze stoffen in het drooggas en die in de vetfase van het te drogen product. In 6.2.3. is aangegeven dat stoffen als PAK's en dioxinen zeer efficiënt gebonden worden aan vliegias en stofdeeltjes in het drooggas. Dat betekent dat de concentratie van de vrije vorm van deze stoffen in het drooggas gering zal zijn. Het grootste deel van in het gedroogde product terecht gekomen dioxine of PAK's zal dan ook afkomstig zijn van neergeslagen vliegias en stof en dus niet afhankelijk zijn van het vetgehalte in het te drogen materiaal. De literatuur heeft geen onderbouwing gegeven voor de hypothese adsorptie van schadelijke stoffen uit drooggas.



Op basis van deze bevindingen is geconcludeerd dat er onvoldoende argumenten zijn om producteigenschappen als bijv. het koolhydraat-, vet- of eiwitgehalte als risico driver in het model op te nemen. Daarmee vervalt ook de zin van een groepsindeling hiervoor.

## 7.2. Herkomst gerelateerde risico's

Met de term "herkomst" wordt in dit onderdeel bedoeld op de geografische herkomst van voedermiddelen. In Fase 2 van dit onderzoek is getracht te achterhalen of de herkomst van gedroogde producten te koppelen is aan specifieke risico's m.b.t. de droogprocessen die zij hebben ondergaan. We zullen de bevindingen onderstaand de revue laten passeren.

**Azië:** Uit Azië zijn tapioca, kokos en palmpit de grootste grondstofstromen. Tapioca (chips) wordt zon- en/of luchtgedroogd en vervolgens eventueel gepelleteerd (luchtkoeling). Wanneer tapioca kunstmatig gedroogd wordt is het grote risico dat het proces te snel gaat zodat de van nature aanwezige cyanogene glucosiden (afkeurgrens 100 ppm) niet volledig worden afgebroken. De risico's van zon- en luchtdroging zijn microbiële contaminaties (pathogene bacteriën), bederf (als het proces te lang duurt) en eventueel mycotoxinevorming bij uitgroeien van specifieke schimmels.

Met name bij kokos (copra, schilfers, meel) is contaminatie met mycotoxinen een bekend probleem. Het merendeel van de copra wordt kleinschalig zongedroogd en komt via verzamelaars/handelaars bij de verwerkende industrie. Wanneer de copra kunstmatig gedroogd wordt in de kleinschalige lokale productie is soms de gebruikte brandstof van onvoldoende kwaliteit. De installaties zijn meestal zeer elementair. Industriële verwerkers van kokosnoten (gekoppeld aan plantages) presteren iets beter t.a.v. van zowel het mycotoxinerisico als t.a.v. het PAK's risico, maar zijn gering in aantal.

Met betrekking tot de kleinschalige droogprocessen voor collecteurs-producten werd in het algemeen opgemerkt dat deze vaak met grote toewijding worden uitgevoerd maar dat de administratieve onderbouwing (meestal) ontbreekt. Ook is het zo dat wanneer een enkel partijtje niet voldoet aan de kwaliteitseisen, dit na de verzamelfase geheel weggemiddeld is. Structureel foute procesvoeringen in een gebied worden wel opgemerkt met standaard kwaliteitsanalyses. De collecteur kan (en zal) dan corrigerend optreden. Het risico voor de Europese afnemer van deze producten is dus gering. Anderzijds werd opgemerkt dat in de verzamelfase de traceerbaarheid soms wegvalt en dat op dat moment de grootste risico's naar voren komen; er is immers niemand meer aanspreekbaar. Traceerbaarheid en aanspreekbaarheid van de collecteur zijn hier dus wezenlijk.

Oliepalmproducten zijn overwegend industriële bijproducten, expellers (schilfers), deze zijn geperst en worden niet gedroogd, en palmpitschroten. De palmpitschroten zijn geëxtraheerd en worden gedroogd; deze productie is beperkt en breidt niet uit.

Azië is van toenemend belang als bron voor Soja (non GMO, als bonen, schilfers, schroten en hullen, en in mindere mate raapzaad,- schilfers en - schroten. De schroten van deze producten worden gedroogd; m.n. in India is dit een kleinschalig proces.

Voor heel Azië geldt dat op zijn best met lichte olie wordt gestookt; hoe kleinschaliger het proces, hoe risicovoller de brandstof. Hoe minder welvarend de regio is, hoe groter het risico.

**Australië:** Dit gebied levert lupinen en (soms) granen. Deze primaire akkergewassen worden (vrij grootschalig) gedroogd op boerenerf of regionaal m.b.v. schachtdrogers. De brandstof is in het algemeen lichte stookolie. Apparatuur en procesvoering is van dezelfde kwaliteit als in west Europa.

**Afrika:** De stroom voedermiddelen uit Afrika is zeer beperkt. Genoemd zijn palmexpellers en grondnoten. De omstandigheden zijn vergelijkbaar met minder welvarende gebieden in Azië en daarmee ook de risico's. Grondnoten en de bijproducten –schilfers en schroot, zijn bekend om hun aflatoxinerisico; dit is daarom een weinig gebruikt voedermiddel.

**Noord Amerika:** Dit gebied levert aanzienlijke hoeveelheden primaire akkerbouwgewassen zoals erwten, raapzaad (beperkt), canola, lijnzaad, soja en maïs en coproducten van maïs, soja, granen, citrus en bieten, zowel van grootschalige als van kleinschalige productie. De wettelijke regelingen zijn van goede kwaliteit evenals de mentaliteit in de bedrijven en bij toezichthouders. Apparatuur, procesvoering en risico's zijn in het algemeen vergelijkbaar met West-Europa.

**Zuid Amerika:** Zuid Amerika is een belangrijke grondstoffenleverancier voor Nederland. De voedermiddelen geïmporteerd uit Zuid Amerika zijn soja (bonen en sojaproducten), zonnepit (zaad en schroot), citrus-pulp, grondnoten (schilfers en schroot) en raap (zaad, schilfers, schroot). De belangrijkste leveranciers zijn Argentinië en Brazilië. In Argentinië worden bijna alle drogers met gas gestookt in moderne installaties. In Brazilië vinden we olie of houtgestookte drogers. Het hout komt vaak van speciale plantages; normaal is er een goede scheiding van stookhout en afvalhout. De risico's m.b.t. PAK's en dioxinen zijn vergelijkbaar met die in West Europa, mits het hout voldoende droog is.

**Europa:** Bron voor lijnzaad (voornamelijk als ontvette bijproducten), granen, zonnepit, raapzaad en hun ontvette bijproducten. West Europa is gezien als de standaard waartegen de risico's in andere gebieden zijn beoordeeld. Binnen Europa doen zich wel verschillen voor. Midden Europa kent alle typen drogers; Z.O. Europa heeft i.h.a. oude (verouderde) apparatuur. Het in dit onderzoek ontwikkelde rekenmodel brengt de risico's die hier optreden voldoende in kaart.

Buiten de tropen geldt voor granen en zaden dat natte oogstseizoenen (jaren) een extra risico hebben omdat de beschikbare droogcapaciteit dan als regel tekort schiet. De risico's zijn dan eerder contaminatie met schimmeltoxinen en bederf dan PAK's, PCB e.d..

De conclusie uit het bovenstaande is dat Fase 2 van dit onderzoek geen eenduidige onderbouwing heeft opgeleverd om de geografische herkomst van het voedermiddel als risicodriver in het model te zetten. Wel is gesignaleerd dat waar de omstandigheden arm zijn en de status van het voedermiddel van "product" naar "commodity" verschuift de risico's op verontreiniging groot worden. Dit probleem is alleen te ondervangen wanneer mensen daarop aanspreekbaar zijn.

## 8. Beheersmaatregelen

Deze zijn gericht op:

1. Samenstelling van de brandstof.
2. Inrichting en uitvoering van het verbrandingsproces.
3. Temperatuurtijd traject van contact van het product met de drooggassen.
4. Toeslagstoffen en cycloonstoffen.

Ad 1.

### Brandstofsificatie

Brandstoffen en de samenstelling ervan vormen een belangrijke bron van serieuze risico's bij het direct drogen van voedermiddelen. Deze risico's kunnen worden beheerst door uitsluitend brandstoffen in te kopen met een bekende en relevante specificatie van bekende herkomst. Regelmatige controle van de aangeboden specificatie door analyse is noodzakelijk. Het type brandstof dient te passen bij de brandstofsificatie van de brander. De logistiek van de brandstof moet door een HACCP proces geborgd worden.

Ad 2.

### Branderinstelling

Vlamtemperatuur, lucht/brandstofverhouding en lucht/brandstofverdeling bepalen volledigheid van de verbranding. Deze is van groot belang om de vorming van PAK's, dioxinen en NOx te voorkomen. Afhankelijk van het type brander moeten de preventieve en operationele maatregelen worden genomen om de verbranding zo optimaal mogelijk te laten verlopen. Deze dienen voor iedere installatie te zijn vastgelegd in een GMP protocol. Het opstarten en doven van branders vormt een extra risico, waarvoor adequate SOP's aanwezig dienen te zijn (eventueel parallelle afvoer van verbrandingsgassen, niet via de droger).

### CO-meting en roetbeoordeling.

CO ontstaat bij onvolledige verbranding en kan on-line worden gemeten. Binnen een proces is er een duidelijk verband tussen CO en dioxine in het drooggas. Bij storing in het verbrandingsproces, o.a. door verminderen van de luchttoevoer, kan tijdelijk de verbranding onvolledig zijn. Hetzelfde geldt voor roetvorming. Roet in cycloonstof e.d. wijst op onvolledige verbranding. Roetvorming in de brander kan continu worden gemeten; hiervoor bestaat goede apparatuur.

### Drooggasreiniging vóór de droger

Drooggas kan aan het begin van de droger al vliegdeeltjes bevatten.

In de energiewinning past men standaard rookgasreiniging toe om emissie te verlagen. Het blijkt dat drooggasreiniging een deel van de PAK's, 75% van de dioxinen en vrijwel alle zware metalen kan verwijderen.

Drooggasreiniging is binnen de droogsector tot nu toe niet aangetroffen. Navraag bij een drogerfabrikant (The onyx company) leerde dat men de beheersing zoekt op het niveau van branderinstelling, brandstofkeuze en brandstofanalyse.

Drooggasreiniging kan gezien worden als een aanvullende mogelijkheid om de kans op contaminatie van het te drogen voedermiddel met ca. 75% te beperken.

Ad 3.

### Procesvoering droger

De procesvoering van de droger heeft grote invloed op de verontreiniging van het te drogen product met ongewenste stoffen. De te nemen beheersmaatregelen zijn sterk afhankelijk van het type droger (temperatuurprofiel, verblijftijd). Zij dienen in een specifiek GMP-protocol voor de betreffende droger beschreven te worden.

#### Visuele inspectie gedroogde veevoedergrondstof

Te hoge contacttemperatuur kan leiden tot verbranding van het product en tot het ontstaan van ongewenste stoffen. Dit is waar te nemen door de donker-verkleuring van het product en brandgeur. Deze waarnemingsinspectie dient als beheersmaatregel regelmatig te worden uitgevoerd. Een vergroting van 10 -20 x verbetert het onderscheidend vermogen van visuele beoordeling sterk.

Ad 4.

#### Aanwezigheid van toeslagstoffen.

Aan het te drogen product kunnen stoffen zijn toegevoegd om het droogproces en/of de structuur van het gedroogde product te verbeteren. Aard en samenstelling dienen altijd vermeld te worden in de productspecificatie en de HACCP van het gedroogde product. Toeslagstoffen kunnen door visuele (microscopische) inspectie meestal worden gedetecteerd en vaak ook worden geïdentificeerd.

#### Aanwezigheid van teruggevoerd cycloonstof

Cycloonstof is stof dat tijdens de verbranding en/of het droogproces wordt gevormd en dat na de droger wordt afgevangen ter voorkoming van emissie naar de lucht. Cycloonstof bevat vaak hogere gehalten aan ongewenste stoffen dan de hoofdstroom van het gedroogde product. Terugvoeren van cycloonstof naar het gedroogde product is om deze reden niet aan te raden, tenzij wordt aangetoond dat de gehalten van ongewenste stoffen in het cycloonstof binnen de normen voor het betreffende product (voedermiddel) blijft. De aanwezigheid kan meestal door visuele inspectie worden vastgesteld.

Niet mogen terugvoeren van cycloonstof in het product kan een aanzienlijk praktisch probleem voor de drogerij opleveren, aangezien daarvoor dan andere afzet moet worden gevonden.

## 9. Werking van het HACCP-rekenmodel

Voor dit rekenmodel wordt voor het berekenen van risico's gebruik gemaakt van Excel software. Dit rekenmodel berekent de risico's voor de ongewenste stoffen PCB's, dioxines, poly-aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en zware metalen. NOx (in verband met mogelijke vorming van nitrosoamines) is uiteindelijk niet opgenomen omdat kwantificering van het risico op basis van de beschikbare gegevens niet mogelijk was (bijlage 12). Voor het berekenen van de risico's wordt gebruik gemaakt van de HACCP-systematiek, waarbij de kans op aanwezigheid vermenigvuldigd wordt met de ernst van de ongewenste stoffen (risico = kans x ernst).

HACCP-model

<b>Risico</b>	<b>Ernst</b>		
	<i>Klein</i>	<i>Matig</i>	<i>Groot</i>
<b>kans</b>			
<i>Zeer klein</i>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<i>Klein</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<i>Matig</i>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<i>Groot</i>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

Bovenstaand HACCP-model is overgenomen van de HACCP-systematiek van het PDV, maar uitgebreid met de kans "zeer klein". Dit is gedaan omdat volgens de bestaande systematiek bij een indirect drogingsproces, waarbij er geen contact is tussen verbrandingsgassen en te drogen product, toch een risico 3 (PVA) voor dioxines zou ontstaan. Dit is niet overeenkomstig de realiteit.

Het rekenmodel rekent met risicofactoren die van invloed kunnen zijn op de kans op aanwezigheid van ongewenste stoffen. De formule die gebruikt wordt, bestaat uit afhankelijke en onafhankelijke risicofactoren. Voor risicofactoren die elkaar beïnvloeden zoals brandstof en brandertype, worden de desbetreffende kansscores met elkaar vermenigvuldigd. De risicofactoren die elkaar niet beïnvloeden, worden opgeteld. Zoals uit eerdere studies (o.a. RIKILT) is gebleken, zijn er bij de risicofactoren een aantal zogenaamde "Risk Drivers". Deze bepalen voor het overgrote deel de kans ("zeer klein", "klein", "matig" en "groot"). In het model de risico's: D t/m I) De andere risicofactoren zorgen er hooguit voor, dat bij een grensgeval de kans net in een volgende categorie valt. De totale kansscore wordt m.b.v. van de kansscores van alle risicofactoren als volgt berekend:

$$\text{Totale kansscore} = A + B + C + (D \times E \times F \times G \times H \times I) + J + K + L + M$$

waarbij

A = procesinformatie

B = land van herkomst (zie interne tabel in EXCEL rekenmodel)

C = gebruik toeslagstoffen

D = type droogproces (zie interne tabel...)

E = type brandstof (zie interne tabel ...)

F = controle brandstof

G = brandertype (zie interne tabel...)

H = branderinstelling en temperatuur

I = rookgasreiniging voor drogen

J = retour stof- of asfracties

K = monitoring CO-niveau

L = controle op roetvorming

M = controle op geur/kleur

Type product was in een eerdere versie een risicofactor en is op basis van onderzoeksresultaten van Fase 2 niet meer opgenomen.

- A. Procesinformatie:** indien van een droogproces geen informatie bekend is, wordt in dit rekenmodel gerekend met een hogere kans op aanwezigheid van ongewenste stoffen en worden de andere keuzes in het model geblokkeerd aangezien hiervoor geen procesinformatie beschikbaar is.
- B. Land van herkomst:** indien er geen procesinformatie bekend is, dan kan nog uit land van herkomst gekozen worden, waarbij voor sommige landen met een verhoogde kans op aanwezigheid van ongewenste stoffen gerekend wordt.
- C. Gebruik toeslagstoffen:** door het gebruik van toeslagstoffen wordt het oppervlak vergroot van het te drogen product, waardoor er meer kans is op adsorptie en daardoor aanwezigheid van ongewenste stoffen.
- D. Type droogproces (*Risk Driver*):** indien er geen contact is tussen verbrandingsgassen en te drogen product is de kans "zeer klein" op aanwezigheid van ongewenste stoffen in het gedroogde product. *Let wel:* ongewenste stoffen komen in dit model in het product door overdracht en/of vorming tijdens het drogingsproces. Dit levert nog geen garantie dat deze ongewenste stoffen niet reeds vóór het drogen aanwezig waren in het nog "natte" product. Door deze keuze vervallen enkele andere keuzes uit het rekenmodel aangezien deze niet meer relevant zijn. Indien er wel contact is tussen verbrandingsgassen en te drogen product, dan rekent het model met een verhoogde kans op aanwezigheid van ongewenste stoffen
- E. Type brandstof (*Risk Driver*):** op basis van emissiegegevens voor de diverse brandstoffen wordt per ongewenste stof met diverse kansscores gerekend.
- F. Controle brandstof (*Risk Driver*):** controle op de samenstelling van brandstoffen kan voorkomen dat bijvoorbeeld lichte stookolie wordt geleverd die verontreinigd is met afgewerkte motor-, transmissie- of thermische olie. Analyse van brandstoffen geeft inzicht in de kwaliteit van de brandstof, zodat met name de kans op aanwezigheid van zware metalen, organochloorverbindingen en PCB's kan worden verminderd.
- G. Brandertype (*Risk Driver*):** een low NOx-brander reduceert de kans op NOx met 75%, een roosterbrander reduceert de kans op zware metalen met ca. 80%, omdat in dit soort branders er een asfractie van ca. 80% overblijft.
- H. Branderinstelling en temperatuur (*Risk Driver*):** een regelmatige controle van branderinstelling en vlam- en trajecttemperatuur reduceert met name de kans op onvolledige verbranding en daarmee op vorming van dioxines en PAK's.
- I. Rookgasreiniging voor drogen (*Risk Driver*):** uit literatuur blijkt dat met rookgasreiniging een reductie van ca. 75% te bereiken is voor aan vlieggas gebonden ongewenste stoffen zoals PCB's, dioxines, PAK's en zware metalen. Rookgasreiniging vóór de droger heeft geen effect op NOx.
- J. Retour stof- of asfracties:** Het toevoegen van stof- of asfracties aan het gedroogde product verhoogt met name de kans op dioxines en zware metalen, en in mindere mate PAK's .
- K. Monitoring van CO-niveau:** het on-line meten van CO-niveau geeft inzicht in het optreden van onvolledige verbranding en storingen en maakt snelle correctie mogelijk. Indien dit niet gemeten wordt, is er een grotere kans op dioxines en PAK's.
- L. Controle op roetvorming:** het continu controleren van roetvorming geeft inzicht in het optreden van onvolledige verbranding en maakt snelle correctie mogelijk. Indien dit niet gecontroleerd wordt, is er een grotere kans op dioxines en PAK's
- M. Controle op geur en kleur:** regelmatige visuele controle van het gedroogde product op geur en kleur, gerelateerd aan regelmatige chemische analyses, geeft inzicht in het risico op vorming van PAK's en in mindere mate van nitrosoamines. Door te hoge droogtemperaturen kan verbranding van het product optreden, waardoor de kans op het ontstaan van PAK's sterk toeneemt. De vorming van nitrosoamines neemt toe bij sterke verhitting van eiwitrijke producten in aanwezigheid van NOx.

Op basis van de aangereikte informatie van het gedroogde product en de keuzes in het rekenmodel wordt de totale kansscore berekend. Om de berekende kansscore te vertalen in een kansbeoordeling volgens het HACCP-model, wordt de totale kansscore volgens onderstaande tabel vertaald:

<b><i>Totale kansscore</i></b>	<b><i>Kans volgens bovengenoemd HACCP-model</i></b>
$\leq 100$	<i>zeer klein</i>
$> 100$ en $\leq 1000$	<i>Klein</i>
$> 1000$ en $\leq 10000$	<i>Matig</i>
$> 10000$	<i>Groot</i>

### **Gebruik van het HACCP-rekenmodel**

Voor het HACCP-rekenmodel is gekozen voor Microsoft Excel 97. Voor de gebruiker wordt het rekenmodel op het PC-scherm gepresenteerd als een simpele invuloefening, waarbij gebruik gemaakt wordt van drop-down boxen met keuze-opties. Het rekenmodel is beveiligd tegen onoordeelkundig gebruik en manipulatie. Door het aanklikken van een van de keuzemogelijkheden uit de drop-down boxen, wordt een kansscore toegekend in ieder van de drie kolommen van de ongewenste stoffen (dioxines, PAK's, zware metalen). Tevens worden adviezen en beheersmaatregelen voor de producent van het gedroogde product vermeld.

Na het volledig invullen van het rekenmodel wordt het risico vastgesteld en worden advies- en beheersmaatregelen voor de afnemer/gebruiker van het gedroogde product voorgesteld. Gebruik voor het printen van het rekenmodel de oranjekleurige knop: (Hierdoor wordt op een blanco ondergrond geprint. )

**Print pagina**

Een output print van het risicomodel (versie 4) is opgenomen als Bijlage 8.

### **Disclaimer:**

Dit HACCP rekenmodel is uitsluitend bedoeld om snel en systematisch een eerste risicoanalyse te maken van een droogproces dat op een voedermiddel is toegepast. Dit op basis van essentiële informatie die beschikbaar is (of zou moeten zijn) betreffende het toegepaste droogproces. Op grond van de analyse kunnen beheersmaatregelen worden voorgesteld, die direct volgen uit de risico's die door het rekenmodel worden geïdentificeerd. Zowel de uitkomst van de risicoanalyse als de voorgestelde beheersmaatregelen worden bepaald door in het rekenmodel opgenomen aannames en weegfactoren. Deze kunnen slechts een sterk vereenvoudigd beeld van de realiteit geven, en zijn bovendien gebaseerd op inzichten en kennis die bij het opstellen van het model beschikbaar was. Het model analyseert slechts de risico's van één specifiek droogproces in de voortbrengingsketen van een voedermiddel. Achtereenvolgende droogprocessen in de voortbrengingsketen (indien van toepassing) moeten dus ieder afzonderlijk worden geanalyseerd en vervolgens door de beoordelaar worden gecombineerd tot een totale risicoanalyse voor alle droogprocessen in die keten.

Het resultaat van deze risicoanalyse mag uitsluitend gebruikt worden als serieuze indicatie t.a.v. aanwezige risico's, ontbrekende informatie en te nemen beheersmaatregelen. Aan de uitkomst van een analyse met dit rekenmodel kunnen geen rechten worden ontleend. Conclusies op basis van analyse met dit rekenmodel zijn altijd ondergeschikt aan een volledige HACCP analyse door een deskundige auditor.

## 10. Conclusies en aanbevelingen

### 10.1. Conclusies

1. Op grond van het in projectfase 1 uitgevoerde systematische onderzoek wordt geconcludeerd dat direct drogen, mits uitgevoerd met inachtneming van GMP en HACCP principes zoals in dit rapport aangegeven, een goed beheersbaar proces kan zijn dat een veilig gedroogd product kan leveren.
2. Bij deskundige en zorgvuldige uitvoering (GMP en HACCP) leidt “direct drogen” (bij de tot dusver onderzochte producten en situaties) niet tot wezenlijke of onacceptabele contaminatie van het gedroogde voedermiddel (diervoedergrondstof) met stoffen die een gevaar opleveren voor de gezondheid van het dier, degenen die met de producten omgaan en de voedselketen (in het bijzonder voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong) .
3. Als de belangrijkste gevaren (“hazards”) en risico’s (“risks”) voor de productveiligheid bij “direct drogen” (“Risk Drivers” ) zijn geïdentificeerd : brandstoffen, brandertype, procesvoering van de branders (het verbrandingsproces) en procesvoering (condities) van de eigenlijke droger. Toeslagstoffen (indien toegepast) en teruggevoerd droogstof zijn geïdentificeerd als mogelijke additionele risico’s, die speciale aandacht vereisen.
4. De (tot dusver) in dit onderzoek beschouwde brandstoffen, fossiele en biologische, zijn in principe toelaatbaar mits geborgd is dat ze bij gebruik niet gecontamineerd en droog zijn, geleverd zijn op specificatie en door een HACCP procedure zijn geborgd.
5. In dit onderzoek worden geen aanbevelingen gedaan voor minimale specificaties (maximale gehalten) voor de verschillende brandstoffen voor direct drogen. Concrete cijfers over gehalten in brandstoffen en feitelijk waargenomen overdracht naar het te drogen voedermiddel, die daarvoor noodzakelijk zijn, ontbreken vooralsnog. De verzamelde informatie over gebruikelijke samenstellingen van verschillende brandstoffen, in combinatie met de normen die o.a. in Nederland en in de EU al gesteld worden, lijken wel een goede basis om een voorlopige aanbeveling op te stellen op basis van haalbare “best practice” principes.
6. Afvalstoffen, van welke aard dan ook, mogen nooit als brandstof voor “direct drogen” gebruikt worden. Ze mogen ook nooit worden toegevoegd aan, c.q. worden bijgemengd bij brandstoffen voor directe droging. Gebruik hiervan als (in) brandstof voor direct drogen zou o.i. verboden moeten worden, voor zover dat al niet voor aanwending als brandstof in het algemeen het geval is.
7. Een goed ontworpen en zorgvuldig uitgevoerde procesvoering (procesregeling) van de luchtverhitter / brander eenheid volgens GMP en HACCP principes is essentieel voor het beheersen van de risico’s van een “direct gestookt” droogproces. Onderdeel daarvan dient een SOP te zijn voor het opstarten en uitschakelen van de installatie en voor storings-situaties waarbij de procesvoering niet meer beheerst kan worden. De technische mogelijkheden voor “real time” (in line) monitoring en optimalisatie van het verbrandingsproces zijn beschikbaar.
8. Op basis van de nu beschikbare informatie is vastgesteld dat rookgasreiniging na de brander en vóór de eigenlijke droger niet (of nauwelijks) wordt toegepast. Rookgasreiniging bij hoge temperatuur vereist kostbare voorzieningen, die kennelijk niet gerechtvaardigd worden op grond van het (lage) risiconiveau dat gerealiseerd kan worden met andere beheersmaatregelen t.a.v. de geïdentificeerde “Risk Drivers” .



9. Toeslagstoffen (als hulpstoffen bij het drogen) maken geen deel uit van het thermische droogproces maar worden daarbij soms gebruikt. Toeslagstoffen kunnen zowel bij directe als bij indirecte droging worden toegepast. Zij dienen altijd vermeld te worden in een HACCP, en in de productspecificaties van de gedroogde producten, aangezien zij toch een ernstig risico kunnen vormen voor de veiligheid van het gedroogde voedermiddel.
10. Terugvoeren in het gedroogde product van 'cycloonstof' (de stoffractie die kan worden afgevangen in de uitgaande drooglucht van direct gestookte drogers), veroorzaakt een additioneel (nog niet gekwantificeerd) risico. Terugvoeren van dit "cycloonstof" is o.i. alleen acceptabel als de gehalten aan ongewenste stoffen daarin de normen voor het corresponderende gedroogde voedermiddel (bij het drogen waarvan zij zijn vrijgekomen) niet overschrijden.
11. Droogprocessen voor voedermiddelen lijken misschien eenvoudig, maar zijn vanuit een HACCP optiek gecompliceerd. De identificatie van mogelijke gevaren ("hazards") kan voor een belangrijk deel nog generiek worden uitgevoerd. (Fase 2 van dit project) De uiteindelijke risicoanalyse voor een bepaald gedroogd voedermiddel moet echter specifiek zijn voor unieke "product - installatie combinaties zoals die in de praktijk voorkomen. Deze moet daarom per specifiek proces worden uitgevoerd. Het kan zeer misleidend zijn om uitspraken te doen over specifieke processen, zonder de details daarvan te kennen en deze systematisch beoordeeld te hebben.
12. Het is in dit onderzoek niet mogelijk gebleken om een valide relatie te vinden tussen de samenstelling van voedermiddelen (belangrijkste macrobestanddelen) en specifieke risico's bij het drogen daarvan middels directe droging. Uitsluitend voor "hoog eiwit" voedermiddelen zijn enkele relaties gevonden, die echter niet resulteren in een "hazard" overeenkomstig de HACCP systematiek. Het "product type" (productgroep) is daarom uiteindelijk niet als "Risk Driver" in het rekenmodel opgenomen.
13. Het in dit project ontwikkelde HACCP-rekenmodel voor "direct drogen" van voedermiddelen lijkt een goed bruikbaar en gemakkelijk hanteerbaar hulpmiddel om op systematische wijze risicoanalyses te doen voor een breed scala van praktijksituaties. De tot dusver (nog slechts beperkt) uitgevoerde validaties, aan de hand van gekende praktijksituaties, geven aan voor deze situaties een realistische schatting van het risico wordt verkregen. De onderliggende dataset (interne tabellen rekenmodel) is echter nog niet voldoende uitgebreid om risicoschattingen in de volle diversiteit van in Nederland aangevoerde, aangeboden en gebruikte voedermiddelen, betrouwbaar te kunnen uitvoeren. Ook de achtergrondinformatie over een aantal contaminanten, processen en risico's is nog niet voldoende volledig. Verdere completering op basis van nieuwe informatie na afsluiting van dit project is mogelijk en gewenst. De hiaten betreffen met name:
  - droogsituaties buiten de redelijk gekende industriële omgeving van W-Europa en N-Amerika (o.a. kleinschalige en ambachtelijke lokale droogprocessen) en
  - de directe oorzakelijke en kwantitatieve relaties tussen de procesomstandigheden en het uiteindelijke risico, op basis van beschreven processen (zowel processtype als procescondities) en gemeten gehalten aan contaminerende stoffen. (zie ook par. 5.2.2. : Huidige kennisleemten).
14. De verwachting dat in Fase 2 van dit onderzoek een goed inzicht zou kunnen worden verkregen van de risico's van droogprocessen uitgevoerd buiten de gekende agro-industriële infrastructuur van West Europa en Noord Amerika, middels interviews met ervaringsdeskundigen, is slechts ten dele bewaarheid.

Vooral de toeleverende industrie ( van voedermiddelen en apparatuur) bleek zeer terughoudend te zijn met het verstrekken van dit soort ( mogelijk concurrentie- en imago-gevoelige) informatie.

15. De bedrijven die voedermiddelen inkopen (diervoederindustrie en handel) zullen zich, meer dan in het verleden is gebeurd, moeten verdiepen in de procesvoering van hun toeleveranciers van voedermiddelen (diervoedergrondstoffen) om adequate risicoschattingen te kunnen uitvoeren en daarmee hun HACCP aanpak te realiseren.
16. De generieke verticale risicoanalyses van het PDV en het in dit project ontwikkelde rekenmodel zijn daarbij goede en complementaire hulpmiddelen (deze leveranciersbeoordelingen kunnen ook worden uitbesteed aan deskundigen).
17. Op basis van de uitgangspunten voor de GMP & HACCP systematiek voor voedermiddelen bestaat twijfel of NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub> in drooggassen wel als een "hazard" moeten worden beschouwd. NO<sub>x</sub> kan weliswaar leiden tot vorming van carcinogene nitrosaminen in voedermiddelen, maar er zijn geen aanwijzingen dat de daarbij maximaal optredende gehalten een gevaar vormen voor de gezondheid van het dier. Nitrosaminen in diervoeders worden (voor zover bekend) niet overgedragen in de voedselketen, en vormen dus geen gevaar voor de consument van dierlijke producten. In de productie van voedingsmiddelen (voor de mens) geldt voor nitrosaminen het ALARA principe (As Low As Reasonably Achievable), aangezien voor deze stoffen geen veilig No Effect Level kan worden vastgesteld. Dit dilemma vraagt om een oplossing. Er zijn o.i. ook geen aanwijzingen dat SO<sub>x</sub> in drooggassen als een "hazard" moeten worden beschouwd. Wel kan het een negatief effect hebben op de voedingswaarde van het product, door inactivering van nutriënten. Ook voor LAL bestaat deze twijfel.

## 10.2. Aanbevelingen

1. Tijdens dit onderzoek is gebleken dat wereldwijd nauwelijks onafhankelijke en wetenschappelijk verantwoorde studies zijn gepubliceerd, die een systematische risicobeoordeling van het drogen van voedermiddelen mogelijk maken. Het projectteam beveelt aan om onafhankelijk onderzoek te initiëren naar de werkelijke depositie van ongewenste stoffen uit drooggassen in direct gestookte drogers, in relatie tot de samenstelling van deze drooggassen, de gebruikte brandstoffen en brander-technologie, de condities in de droger en de samenstelling van het voedermiddel.
2. Het PDV zal o.i. de "hazard" status van NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub> en LAL moeten heroverwegen, om de discrepantie weg te nemen tussen de huidige vermeldingen van NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> en LAL (en in enkele analyses ook DMNA) en de conclusies van dit onderzoek t.a.v. deze contaminanten.
3. Indien NO<sub>x</sub> in drooggassen en nitrosaminen in voedermiddelen toch als "hazard" worden beschouwd in het kader van de GMP en HACCP regeling voor diervoeders, dan dient onverwijld onderzoek gedaan te worden naar de gehalten van deze stoffen die in praktische drooginstallaties voorkomen en naar de effectiviteit van maatregelen (zoals Low NO<sub>x</sub> branders) om het risico op basis van deze "hazard" te minimaliseren.
4. De Databank Risicobeoordeling Voedermiddelen zal in de komende periode informatie gaan bevatten die het mogelijk maakt om de data-set die nu is ingebouwd in het HACCP rekenmodel voor "direct drogen" te completeren. Ook gericht procesonderzoek kan nieuwe informatie opleveren. Het PDV zou o.i. het initiatief moeten nemen om periodiek nieuw beschikbare informatie te (laten) toevoegen aan deze dataset, opdat de validiteit en de nauwkeurigheid van het rekenmodel wordt verbeterd.

## 11. Literatuurlijst

“Arrowhead”. 2003. Rotary Cascade Dryer. <http://www.arrowhead-dryers.com/rotary-cascade-dryers.html> (d.d. 6-10-2003)

“Arrowhead”. 2003a. Rotary Louvre Dryer. <http://www.arrowhead-dryers.com/rotary-louvre-dryers.html> (d.d. 6-10-2003)

“Arrowhead”. 2003. Belt Dryer. <http://www.arrowhead-dryers.com/belt-dryers.html>

Basel Convention; Headwater Environmental Services Corporation. 2002. PCB, PCT and PBB technical guidelines – 2nd draft . Prepared for Environment Canada Toxic Pollution Prevention Directorate

“Bloom Engineering”. 2003. A word about low NOx burners  
<http://www.bloomeng.com/lownox.html> (d.d. 3-10-2003)

CCPB – Parivesh Newsletter, Central Pollution Control Board, juni 1998 , 1-2  
Hazardous waste management; Environmentally sound management for reprocessing of zinc ash/skimming, lead waste & waste oil. <http://cpcb.delhi.nic.in>

Coke and byproducts. <http://www.novahut.cz> (d.d. 02-04-2004)

Coleman, P.’ “Emission estimation and emission factor development work during 2000-2001. Report for dept. of the Environment, Transport and the Regions

Commission of the European Community. 2000.; “White paper on food safety”; Brussel

Cornelius, J.A. 1973. Coconuts: a review. Tropical Science 1: 15-37

Cost Curves for the abatement of heavy metal, PAH and Dioxin emissions. 2002.  
N.R.Passant, AEA Technology

Council Brussels. 2002. Limits on presence of dioxin in food and feed enter into force on 1 July. IP/02/959

European Commission. 2000. Dioxin contamination of feedingstuffs and their contribution to the contamination of food of animal origin. Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition, European Commission

EPA. 2000. “Locating and estimating air emissions from sources of cadmium and cadmium compounds

Eastern Research Group. 1993. “ Emission Factor (EMF) documentation for AP-42. Section 1.2, Anthracite Coal Combustion

Eastern Research Group. 1993. “ Emission Factor (EMF) documentation for AP-42. Section 1.3., Fuel Oil Combustion

Emission Estimation Technique Manual for combustion in Boilers; version 1.2. 2003

EPA (US Environmental Protection Agency); AP-42 section 1.3; Fuel oil combustion (2002)

EU DG Industrie, 1997. Report of the Scientific Committee for Food (Thirty-eight Series) p. 1-33 ,Nitrates & Nitrite. 22-september 1995. Publication by the OOPEC, Luxemburg, 1997.

Europese Unie, Richtlijn 91/689/EEG ,12-12-1991;Betreffende gevaarlijke afvalstoffen. Publikatieblad nr. L377. <http://europa.eu.int>

Fritz, W. and R. Engst. 1983. Investigations of the formation and presence of carcinogenic hydrocarbons in grain and the possibilities of their reduction. Developments in Food Science 5B: 1185-1190

Fritz, W. und K. Soós. 1981. Untersuchungen zur umweltbedingten Kontamination von Lebensmitteln mit krebserzeugenden Kohlenwasserstoffen in der DDR und der Ungarischen VR. (Studies on the environmentally-induced contamination of foods with cancerogenic hydrocarbons in the GDR and the Hungarian People's Republic.) Die Nahrung 25(10): 905-913

Gabbard, A. Coal Combustion: nuclear resource or danger. <http://www.ornl.gov> (d.d. 30-03-2004)

"GCD International". 2003. GCD Ultra low NOx CXA burners. [http://www.gcd.com.au/gcd/Ultra\\_Low\\_NoX\\_CXA\\_Burners.shtml](http://www.gcd.com.au/gcd/Ultra_Low_NoX_CXA_Burners.shtml)

Geelen Counterflow; Cool & dry, 2003. <http://www.geelencounterflow.com>

Guilbot, A. 1974. Cereales et produits derives. (Cereals and cereal products.) Revue Francaise de Dietetique 18(71): 5-23

Helsinki Commission. 2001.; Baltic Marine Environment Protection Commission, Polychlorinated Biphenyls (PCB's) Implementation of the HELCOM objective, EU Subv. 99/79391. Christine Füll (Ed.)

INSERM. 2001.; Dioxins in the environment- what are the health risks ?

IRS: Kaemmerer-van Os, M. Geen dioxinevorming tijdens droogprocessen van perspulp. Informatie voor CCL ten behoeve van PDV-onderzoek naar veiligheid droogprocessen.

Johansson. 2002. "Characterisation of particle emissions from small-scale biomass combustion. Dept. of energy technology; Chalmers university of technology; Göteborg, Sweden

Jorapur, R and Rajvanshi, A. Sugercane leaf-bagasse gasifiers for industrial heating applications. Biomass and Bioenergy, (1997), 13, pp 141-146

KEMA 2003. B.H. te Winkel. "Samenstelling van rookgassen bij verbrandingsprocessen"; Rapportage onderzoek in opdracht van CCL BV

KEMA. 2003a. B.H. te Winkel. "Aanvulling op notitie 16 oktober inzake samenstelling rookgassen". Rapportage in opdracht van CCL b.v.

Kazerouni,N.; Sinha R.; Che-Han Hsu; Greenberg, A.; Rothman, N. 2001. Analysis of 200 food items for benzo[a]pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study. Food and Chemical toxicology 39: 423-436

Van 't Land. 1991. C.M. Industrial drying equipment; selection and application. Marcel Dekker inc. New York

Larsson, B.K., S. Regnér and P. Baeling. 1991. Polycyclic aromatic hydrocarbon and volatile N-nitrosamine content of wheat grain before and after direct gas-fired drying. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 56(3): 373-384

LeBlanc, F. et E. Seiler. 2001. Recherche d'éventuelles traces de contaminant dans la luzerne déshydratée. *Compte-Rendu d'activité du C.E.N.E.Q. 2000-2001*

Magee, P. (ed.). 1982. Nitrosaminen and human cancer, Banburry report 12. Cold Spring Harbor Lab, Cold Spring Harbor, N.Y.

Merrill. 1985. "Comparative geochemical profiles of Alaskan, United States and world coal and coal ashes. (Bron niet bekend.)

Meuleman, Faay. 1997. "Het gedrag van zware metalen in kolen centrales en afvalverbrandingsinstallaties" ; NW&S rapport nr. 97092

Ministerie van VROM, Directie Stoffen, Afvalstoffen, Straling, Postbus 20951, NL-2500 EZ s'-Gravenhage. Landelijk afvalbeheersplan (LAP) 2002-2006 en Sectorplannen. <http://www.vrom.nl>

Nederlandse Werkgroep Drogen – NWGD ; Kennisnetwerk voor industrieel drogen. 2003. <http://www.drogen.nl> en <http://www.drying.net> (Engelstalige versie)

NOVE , Nederlandse Organisatie voor de Energiebranche, Postbus 25078, NL 3001 HB Rotterdam. Nederlandse wettelijke specificaties van brandstoffen en 'Code of Ethics' . [www.nove.nl](http://www.nove.nl)

NN. ; Maize in human nutrition – physical and chemical changes in maize. [www.fao.org/docrep/T0935E/T0395E07.htm](http://www.fao.org/docrep/T0935E/T0395E07.htm)

"Onyx Corporation". 2003. Solid fuel burner, industrial wood combustion and wood energy system. <http://www.theonixcorp.com/solidfuel.html>

"Onyx Corporation". 2003a. "Rotary drum dryers & industrial wood combustion". <http://www.theonixcorp.com/>

Opinion of the Scientific Committee on the Animal Nutrition. 2000. "Dioxin contamination of feedingstuffs and their contribution to the contamination of food of animal origin"; European Commission

Oscar van Vlijmen, mei 2000: <http://home.hetnet.nl/~vanadovv/energ.html>

Productschap diervoeder, 1999. Plan van aanpak versterking kwaliteitsborging diervoedersector

Productschap Diervoeder. 2000. "Uitbreiding GMP-regeling diervoedersector met risicofactoren HACCP" kwaliteitsreeks nr. 56

Productschap Diervoeder. 2003. "Productnormen GMP-regeling diervoedersector - GMP14"

Productschap Diervoeder, 2003. "Criteria en procedures voor plaatsing van producten in de Database Risicobeoordeling Voedermiddelen" (DRV). GMP 26a. Overgangsregeling. GMP 26b. <http://www.pdv.nl>

Productschap Diervoeder, 2003. "GMP en QC beheersmaatregelen m.b.t. te drogen producten en drooginstallaties" (19.02.2003) <http://www.dpv.nl>

Poulsen, K.P. und N. Hansen. 1987. Trocknung von Lebensmitteln im Abgasstrom eines mit Erdgas betriebenen Brenners. (Drying of foods with combustion gas from natural gas fired burners.) Internationale Zeitschrift fuer Lebensmittel Technologie und Verfahrenstechnik 38(1): 23-24

Refuse Derived Fuel, current practice and perspectives. (2003); WRc.

Rezchikov, V.A., O.N. Katkova and E.D. Mysheva. 1983. Hygienic aspects of grain drying. Developments in Food Science 5B: 1197-1200

RIKILT-DLO. 1999. M.J.B. Mengelers. "Risico inventarisatie van veevoedergrondstoffen en mogelijke beheersmaatregelen"; Rapport 99.522; projectnummer 71.536.01

RIVM-TNO. 1993. H.J. Bremmer. "Emissies van dioxinen in Nederland"; Rapport 770501003

RIVM / CSR / Bureau Milieugevaarlijke Stoffen, Postbus 1, NL-3720 BA Bilthoven, 2003. <http://arch.rivm.nl>

"Saacke Ltd". Combustion and energy systems. <http://www.saacke.co.uk>

"Sakav". 2003. Conveyor Dryers. <http://www.sakav.com/Products/Dryers/Conveyor%20Dryer.htm>

Scalan, R.A., 2003. Nitrosamines and Cancer. Oregon State University, The Linus Pauling Institute, <http://lpi.oregonstate.edu/f-w00/nitrosamine.html>

"Simon (Dryers)". 2003. Rotary dryers and coolers. <http://www.simon-dryers.co.uk/rotary/index.htm>

Specificaties van brandstoffen. <http://www.driessengas.de> (d.d. 09-03-2004)

Söderström, G. 2003. On the combustion and photolytic degradation products of some brominated flame retardants. Thesis Umeå University, Sweden .

SSM Coal bv., 2003. <http://www.ssmcoal.com>

Steinkohle-Portal, Geologie AG, 2003. <http://www.steinkohle-portal.de>

Stela Laxhuber KG, 2002. Stela Homepage Produkte. <http://www.stela.de>

"Swenson Technology, Inc.". 2003. Rotary Dryer. <http://www.swenson-equip.com/rotary.html>

Thistlewaite, G. 2001. "Determination of atmospheric pollutant Emission Factors at a small Industrial Wood-Burning Furnace"; AEA Technology Environment

Tilgner, D.J. 1970. Food in a carcinogenic environment. Food Manufacture 45(11): 47-50, 87

TNO-MEP; (2000); "Evaluatie van de mogelijke risico's en beheersmaatregelen bij het kunstmatig drogen van veevoedergrondstoffen"; RIGRO werkgroep; subwerkgroep droging proj.nr. 30786

Van Aarsen, Feed Technology since 1949, 2003. <http://www.aarsen.nl>

“Vincent Corporation”. 1998. Energy self-sufficiency: using citrus peel as fuel; 1998 Citrus processing short course. [http://www.vincentcorp.com/tech\\_papers/shor\\_bur.html](http://www.vincentcorp.com/tech_papers/shor_bur.html). printout

”Voer tot nadenken”-Veiligheidsrisico’s diervoederketens. 2002. “Research voor beleid”;”Q-point”; Een onderzoek in opdracht van de Tweede Kamer; Leiden

VROM – Wetten en regels. Wet Milieubeheer, LAP. <http://www.vrom.nl> ; <http://wetten.nl>

Wilkins, K., K.P. Poulsen and E. Green. 1991. Direct drying of foods with natural gas as fuel. Trans I Chem E. 69 vol. C: 182-188

Woggon, H. und Z. Malkus. 1978. Untersuchungen zur Blei- und Cadmiumkontamination bei der Rauchgastrocknung von Getreide. (Contamination by lead and cadmium during smoke drying of cereals.) Die Nahrung 22(7): 647-654

## 12. Verklarende woordenlijst

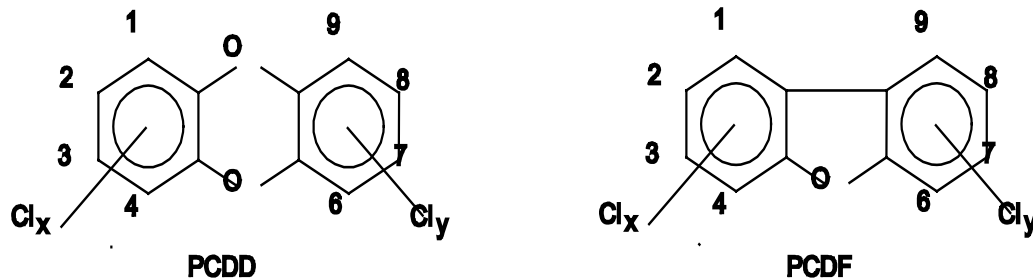
**Afvalstof:** Elke stof (of elk voorwerp) waarvan de houder zich ontdoet of voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen. Het is niet omdat de afnemer bereid is te betalen voor een stof die vrijkomt tijdens een proces, dat het geen afvalstof is. De afbakening tussen afvalstof, grondstof en product is een knelpunt, mede doordat op Europees vlak er geen eenduidigheid is ten aanzien van de invulling van deze begrippen.

**Bijstook:** Het toevoegen van een beperkte hoeveelheid van een extra (biologische) brandstof aan een vuurhaard die in hoofdzaak met een andere brandstof wordt gestookt.

**Diervoedergrondstof /voedermiddel:** Producten van plantaardige of dierlijke oorsprong in natuurlijke staat, vers of verduurzaamd en de afgeleide producten van hun industriële verwerking, alsmede organische en anorganische stoffen, al dan niet in de vorm van een mengsel, met of zonder toevoegmiddelen en bestemd voor dierlijke voeding langs de orale weg (Verordening PDV diervoeders 2003, conform richtlijn 79/373/EG).

**Directe droging:** Alle droogprocessen waarbij het rookgas van een luchtverhitter tijdens het droogproces in direct contact wordt gebracht met het te drogen product. Een vorm van convectiedrogen (Eng.: Direct-fire drying). Te onderscheiden van: **Indirecte droging:** Alle droogprocessen waarbij tijdens het droogproces geen rookgas in direct contact komt met het te drogen product. Diverse vormen van convectiedrogen met indirecte verhitting, contactdrogen, stralingsdrogen, vacuümdrogen.

**Dioxinen:** Verzamelnaam van PCDD (polychloordibenzodioxinen) en PCDF (polychloordibenzofuranen). Beide klassen omvatten een groot aantal congenere. Structuren zijn bijgaand weergegeven.



**DMNA:** Dimethylnitrosamine, stikstofverbinding behorende tot de groep van nitrosamines, o.a. gevormd door reactie van NO<sub>x</sub> met vrije aminogroepen van het te drogen materiaal. Carcinogene stof.

**HACCP:** Hazard Analysis of Critical Control Points. Een proces waarbij alle schakels in het voortbrengingsproces systematisch geanalyseerd worden en de potentiële gevaren ("hazards") voor productkwaliteit en –veiligheid worden geïdentificeerd en beschreven (Definitie Algemene GMP-standaard diervoedersector GMP01; 12-11-2003).

**Horizontale risicoanalyse:** Identificatie van kritische stappen tijdens vergelijkbare stappen in een bewerkingsproces tussen producten.

**Luchtdrogen:** Natuurlijk of kunstmatig droogproces waarbij uitsluitend met onverwarmde lucht wordt gedroogd.



**MER:** Milieu-Effect-Rapport: Een openbaar document, waarin van een voorgenomen activiteit en van redelijkerwijs in beschouwing te nemen alternatieven, de te verwachten gevolgen voor het milieu in hun onderlinge samenhang op een systematische en zo objectief mogelijke wijze beschreven worden.

**NOx:** is de scheikundige afkorting voor “stikstofoxiden”. Het is een verzamelnaam voor de verbinding tussen stikstof en zuurstof. De meest voorkomende stikstofoxiden zijn NO en NO<sub>2</sub>.

**PAK's** (in het Engels PAH): Poly-Aromatische Koolwaterstoffen, verzamelnaam van stoffen met meerdere gecondenseerde aromatische ringen, maar overigens zeer uiteenlopende structuur. Carcinogene PAK's blijken 4 tot 6 benzeenringen te bevatten en de mutagene PAK's blijken voornamelijk uit structuren met 4 of meer ringen te bestaan. Dit betekent dat alleen de minder vluchtige PAK's, vanaf 4 ringen, uit gezondheidsoogpunt van groot belang zijn. Deze vormen zijn voornamelijk gebonden aan zeer kleine stofdeeltjes, zogenoemde aërosolen. Het Nederlandse overheidsbeleid ten aanzien van PAK's heeft vooral betrekking op een groep van tien PAK's: naftaleen, antraceen, fenanthreen, fluorantheen, *benzo(a)antraceen*, *chryseen*, *benzo(a)pyreen*, benzo(ghi)peryleen, *benzo(k)fluoranteen* en *indeno(1,2,3-cd)pyreen*. De cursief gedrukte PAK's zijn bewezen carcinogeen (KEMA, 2003).

**PBB's:** Polybroombifenylen; verzamelnaam van gebromeerde bifenylen. De afzonderlijke stoffen zijn congenere van elkaar, moleculen met eenzelfde basisstructuur maar onderscheiden eigenschappen.

**PCB's:** Polychloorbifenylen; verzamelnaam van gechlorideerde bifenylen. De afzonderlijke stoffen zijn congenere van elkaar, moleculen met eenzelfde basisstructuur maar onderscheiden eigenschappen.

**PCT's:** Polychloorterfenylen; groep van stoffen verwant aan PCB's in structuur en eigenschappen.

**Risk Driver:** Een factor die in belangrijke mate bijdraagt aan het risico dat verbonden is aan een proces.

**SOP:** Standard operation procedure; schriftelijk vastgelegde werkwijze zoals opgenomen in ISO, GLP en GMP procedures.

**SOx:** is de scheikundige afkorting voor zwaveloxiden. SO<sub>2</sub> is de meest voorkomende.

**Toeslagstoffen:** Stoffen die tijdens het droogproces als technologische hulpstof in het voerdmiddel worden ingemengd om het droogproces efficiënter te laten verlopen.

**Verticale risicoanalyse:** Identificatie van kritische stappen tijdens een bewerkingsproces binnen een product.

**WHO-TEQ:** Toxic Equivalent Quantity volgens WHO-normen. Systeem om gehalte en toxiciteit van PCDF- en PCDD congenere en een aantal PCB's gewogen in één getal uit te drukken waarbij het meest toxische congeneer 2,3,7,8-TCDD als referentie geldt (INSERM, 2000).

**Zondrogen:** Natuurlijk droogproces, waarbij het product in de open lucht wordt gedroogd (Cornelius, 1973).