



## **Ongewenste stoffen met co-vergisting**

Een verkenning naar risico's op contaminatie met zware metalen en micro-verontreinigingen

**Anton Kool**

**Thijs Bosker**



# Inhoud

---

## Samenvatting

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2 Aanvoer van ongewenste stoffen</b>	<b>3</b>
2.1 Aanvoer zware metalen in co-vergistingsmateriaal	3
2.2 Aanvoer zware metalen in mest	4
2.3 Micro-verontreinigingen	6
<b>3 Risico's van ongewenste stoffen</b>	<b>7</b>
3.1 Risico op overschrijding zware metalennormen bij co-vergisting	8
3.2 Toetsingskaders in het buitenland	9
3.2.1 Toetsingskader in Denemarken	9
3.2.2 Toetsingskader in Duitsland	11
3.2.3 Vergelijking toetsingskaders	12
<b>4 Beheersconcept</b>	<b>13</b>
<b>5 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>17</b>
<b>Bronnen</b>	<b>19</b>
<b>Bijlage 1 Gehaltes zware metalen en microverontreinigingen</b>	<b>21</b>



# Samenvatting

---

Met het project 'Op zoek naar de meerwaarde van digestaat' heeft CLM voor het biogasinitiatief van de Stichting AFA, de risico's van ongewenste stoffen bij co-vergisting in beeld gebracht en de kaders voor een beheersconcept geschetst. Ongewenste stoffen zijn in dit geval zware metalen (koper, zink, cadmium, lood etc.) en microverontreinigingen (PCB's, dioxines etc.).

Bij gebruik van de meeste producten van de eerste lijst als co-product zijn risico's op een te hoge aanvoer van zware metalen en micro-verontreinigingen zeer klein. Deze producten zijn vrijwel allemaal opgenomen op de 'positieve lijst' van het ministerie van LNV / VROM en zijn als zodanig toegelaten als co-product binnen de wettelijke kaders. Voor twee producten (uien en bloembollen) die niet op de positieve lijst van de overheid staan, zijn onvoldoende gegevens gevonden om een oordeel te geven over het risico op ongewenste stoffen.

Voor slechts één product van de tweede lijst (aardappelstoomschillen) is, op grond van de beschikbare gegevens, duidelijk dat aanvoer van zware metalen en microverontreinigingen binnen de gestelde marges vallen. Dit product zal naar verwachting binnenkort worden opgenomen in de 'positieve lijst'.

Voor de overige producten van de tweede en derde lijst hebben we onvoldoende informatie kunnen vinden om te beoordelen of deze voldoen aan de criteria met betrekking tot zware metalen. Op basis van de beperkt beschikbare gegevens lijken deze producten wel degelijk risico's met zich mee te kunnen brengen op een te hoge input van zware metalen.

Een beheersconcept is een integrale aanpak om de kwaliteit van het proces en eindproduct(en) te waarborgen. Het stelt criteria voor productveiligheid, productkwaliteit en procesmanagement. In deze verkenning doen we een aanzet voor invulling van die criteria:

- Wettelijke kaders beperken het gebruik van producten voor co-vergisting die zijn opgenomen in de positieve lijst (of een ontheffing hebben van de Meststoffenwet);
- Producten van de eerste lijst kunnen zonder verdere bemonstering worden gebruikt;
- Bemonstering van producten van de tweede en derde lijst bij gebruik als co-product en monsters bewaren (zodat deze later als check geanalyseerd kunnen worden);
- Eisen aan de bedrijfsvoering van bedrijven die mest leveren om te voorkomen dat de mest te hoge gehalten ongewenste stoffen, bijvoorbeeld koper, bevat;
- Bemonstering van de ingaande mest en monsters bewaren (zodat deze later als check geanalyseerd kunnen worden);
- Bemonstering en analyse van het digestaat op nutriënten (N en P) en op ongewenste stoffen.

Met betrekking tot kwaliteitsborging raden we aan om na te gaan in hoeverre aangesloten kan worden bij reeds bestaande beoordelingsrichtlijnen en keurmerken voor organische meststoffen en het GMP+ systeem in de diervoedersector.



# 1 Inleiding

---

De rendabiliteit van mestvergisting kan aanzienlijk toenemen indien co-vergisting wordt toegepast. Co-vergisting is het samen met mest vergisten van producten van organische oorsprong. Dit zijn producten uiteenlopend van gewassen direct van het land (maïs, gras), bewerkte producten tot reststromen uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie (keukenafval, aardappelstoomschillen etc.).

Toevoeging van producten aan de mest brengt het risico met zich mee dat daarmee ongewenste stoffen via de mest in het milieu en de voedselketen terechtkomen. Het gaat dan met name om stoffen als zware metalen en micro-verontreinigingen. Dit risico is sterk afhankelijk van het type product. Onbewerkte plantaardige producten hebben een veel lager risico dan bewerkte reststromen uit de industrie.

De Stichting AFA wil co-vergisting gaan toepassen in de geplande CBI om een goede rendabiliteit te behalen. Uitgangspunt hierbij is een kwalitatief hoogwaardig digestaat (veilig voor milieu en voedselkwaliteit). Contaminatie met ongewenste stoffen dient daarom uitgesloten te worden. De keuze van co-producten zal afhankelijk gesteld worden van het risico op inbreng van ongewenste stoffen.

In dit onderzoek brengen we de risico's van verspreiding van microverontreinigingen en zware metalen in kaart bij het gebruik van co-producten. Daarnaast doen we aanbevelingen om eventuele risico's uit te sluiten of zoveel mogelijk te beheersen.



**De vergistingsinstallatie op het proefbedrijf De Marke (Hengelo, Gld.) waar sinds 2004 onderzoek naar aanvoer van zware metalen door co-vergisting wordt uitgevoerd.**





# 2 Aanvoer van ongewenste stoffen

In dit kader beschouwen we zware metalen en micro-verontreinigingen als ongewenste stoffen in het digestaat<sup>1</sup>. Dit komt overeen met de beoordeling van co-producten die volgens de wet mogen worden toegevoegd als co-product (Ehlert e.a. 2004). Onder zware metalen verstaan we de elementen cadmium (Cd), chroom (Cr), koper (Cu), kwik (Hg), nikkel (Ni), lood (Pb) en zink (Zn). Micro-verontreinigingen zijn stoffen als PCB's, PAK en dioxines.

Ongewenste stoffen kunnen via co-producten maar ook via de mest in het digestaat komen. In dit hoofdstuk beschrijven we voor beide routes de beschikbare kennis omtrent aanvoer van zware metalen en micro-verontreinigingen en de risico's daarvan.

De co-producten waarvoor we in dit onderzoek de beschikbare kennis inventariseren betreffen de producten op de lijsten 1 t/m 3 (zie rapportage A&F).

## 2.1 Aanvoer zware metalen in co-vergistingmateriaal

Als vergelijkbare eenheid voor aanvoer van zware metalen met co-vergistingmateriaal gebruiken we de vracht aan zware metalen indien 85 kg fosfaat met dat product per ha wordt aangewend. Dit is de maximale hoeveelheid van dat product wat binnen het huidige mestbeleid per ha kan worden aangewend.

Deze methode houden Ehlert e.a. (2004) ook aan bij de beoordeling van co-producten voor plaatsing op de 'positieve lijst'.

Voor de meeste producten van lijst 1 hebben we voldoende gegevens kunnen vinden over de vracht zware metalen die gebruik van deze producten met zich meebrengt (zie tabel 1). Alleen voor uien en bloembollen ontbreken gegevens.

**Tabel 1. Vrucht in g/ha/jaar aan zware metalen bij een gift van 85 kg fosfaat per ha uit dat product, gebaseerd op Ehlert e.a. (2004).**

	<b>Product (t/ha/jr)</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Hg</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
Snijmaïs vers	72,4	2,0	5	72	0,2	17	2	722
Snijmaïs ingekuuld	61,0	2,0	5	83	0,1	17	2	752
Energiemaïs	61,0	2,0	5	72	0,2	17	2	722
Vers Gras	56,6	2,0	6	8,3	0,2	39	22	436
Kuilgras	20,6	2,1	12	71	0,2	36	21	371
Suikerbieten	89,2	3,7	20	102	0,1	9	14	575
Voederbieten	142-190*	7,4	41	200	0,2	17	29	1151
Koolzaad	3,4-5,2*	0,1	7	23	0,1	5	2	247

\* afhankelijk van type product, voederbieten: vers of gereinigd en bewaard, koolzaad: zaden of schroot) ds- en fosfaatgehalte.

<sup>1</sup> digestaat is het eindproduct na (co-)vergisting

Voor slechts een aantal producten op de tweede een derde lijst hebben we een inschatting kunnen maken van de vracht zware metalen (tabel 2). Bij interpretatie hiervan dient rekening te worden gehouden dat deze gegevens slechts gebaseerd zijn op 1 informatiebron (Baserga, 2000). Verder lopen bij verschillende producten de gehalten nogal uiteen door variaties in gehalten zware metalen en gehalten fosfaat in het product.

**Tabel 2. De vracht zware metalen (g/ha/jaar) bij een aanvoer van 85 kg fosfaat/ha uit dat product (bron Baserga 2000).**

	Cd	Hg	Pb	Ni	Cr	Cu	Zn
Plantaardig vet	1,1	0,3	8,5	57		28	108
Dierlijk vet						623-3740	4108-24651
Flotatieslib						111-680	796-3230
Maaginhoud varkens						417-451	1386-1615
Pensinhoud	13,1		131	131	216	33-647	464-2099
Wwill						40-198	380-1898
GFT							
fruitresten	1,6-1,9	0,9-1,0	10-51	43-357	1-204	110-510	354-510
GFT							
groenteresten	3,7-8,5	0,1-0,3	19-49	34-90	24-90	55-130	903-999

In bijlage 1 is een uitgebreide tabel opgenomen met de gehalten zware metalen en microverontreinigingen voor de producten van lijst 1 t/m 3.

## 2.2 Aanvoer zware metalen in mest

In literatuur zijn slechts een beperkt aantal gegevens over aanvoer van zware metalen met mest bekend. Tabel 3 geeft een overzicht van de zware metalenaanvoer met mest.

**Tabel 3. Vracht aan koper en zink (g/ha/jr) in dierlijke mest bij een aanvoer van 85 kg fosfaat met dierlijke mest.**

	data van	bron	Cu	Zn
<b>Rundvee mest</b>				
Rundveedrijfmest (gras en maïs)	'96/'97	Westhoek ea '97	247	952
Rundveedrijfmest (alleen gras)	'96/'97	Westhoek ea '97	179	706
De Marke (metingen)	'04	CLM 2004	272-340	1029-1207
<b>Varkensmest</b>				
Varkensdrijfmest	'96/'97	Westhoek ea '97	765	1360
Fokzeugendrijfmest	'96/'97	Westhoek ea '97	867	1641
vleesvarkens	'03 <sup>1</sup>	Ehlert ea 2004	288	1615
<b>Pluimveemest</b>				
Vleeskuikenmest	'96/'97	Westhoek ea '97	374	825
Leghennenbandmest	'96/'97	Westhoek ea '97	153	1003
Moederdierenmest	'96/'97	Westhoek ea '97	111	680
Vleeskuikens	'03 <sup>1</sup>	Ehlert ea 2004	213	1369
Leghennen	'03 <sup>1</sup>	Ehlert ea 2004	201	1164

<sup>1</sup> gebaseerd op de nieuwe veevoedingsnormen voor Cu en Zn van 2003.

De gehalten koper en zink en daarmee de vracht in dierlijke mest in varkens en pluimveemest kan nauwkeurig worden berekend aan de hand van normen voor diervoeders. Op varkens- en pluimveebedrijven is het namelijk gebruikelijk dat de dieren uitsluitend voeders krijgen van buiten het bedrijf die aan die normen dienen te voldoen. Ook via andere wegen (bijv. via strooisel) is significante contaminatie van de mest met koper en zink of andere zware metalen niet te verwachten.

De situatie bij rundveemest is wezenlijk anders. Ook voor deze diercategorie gelden maximale gehalten koper en zink voor krachtvoerders. Echter het krachtvoeder vormt maar een beperkt deel van het rantsoen wat runderen krijgen aangeboden. Daarnaast bevat het rantsoen ruwvoeder (veelal van het eigen bedrijf) en het rantsoen kan worden aangevuld met premixen/mineralenmengsels. Uit onderzoek blijkt dat het gebruik van deze mineralenmengsels een aanzienlijke aanvoer van koper en zink kan betekenen. Kool & Koskamp (2003) berekenden dat toevoeging van mineralenmengsels aan het rantsoen tussen '97 en '02 op De Marke een extra vracht van zo'n 100-140 g Cu en 130-230 g Zn/ha betekende bovenop de gangbare vracht in mest. CLM-onderzoek op praktijkbedrijven (binnen project K&K) bevestigt dat bedrijven die mineralenmengsels gebruiken een extra vracht Cu en Zn hebben van resp. 46 g Cu en 78 g Zn (Boer & Hin, 2003).

Een andere bron van koper in rundveemest is het gebruik van voetbaden. Voetbaden met ontsmettende middelen worden gebruikt om pootproblemen (veroorzaakt door bacteriële infecties) op melkveebedrijven tegen te gaan. Een vrij veel gebruikt product in voetbaden is kopersulfaat. Uit een enquête onder 72 agrariërs blijkt dat zo'n 40% van de melkveehouders kopersulfaat in voetbaden gebruikt (Boersma e.a., 2003). Na gebruik wordt de inhoud van het voetbad geloosd in de mestput. Op deze wijze wordt gemiddeld op de bedrijven die voetbaden met kopersulfaat gebruiken 367 g koper per koe ha extra aangewend. Bij een jaarlijkse gemiddelde fosfaatproductie van 39,9 kg per koe (CBS data 2000) betekent dit gemiddeld een extra kopervracht van 782 g/ha/jr bij aanwending van 85 kg fosfaat (tabel 4).

**Tabel 4. De extra vracht koper en zink (g/ha/jaar) bovenop de vracht die al in mest zit, door toepassing specifieke producten in de melkveehouderij bij aanwending van 85 kg fosfaat met melkveemest.**

	koper	zink
mineralenmengsels	98-298	277-499
Voetbaden met kopersulfaat	782	-

De aanvoer van zware metalen met kunstmest (tabel 5) is veel geringer dan met dierlijke mest. Bij gebruik van de N-kunstmest kalkamonsalpeter (KAS) is de vracht zware metalen minimaal een factor 100 lager dan bij een vergelijkbare hoeveelheid N met dierlijke mest. In fosfaatkunstmest zijn de gehalten koper en zink iets hoger maar ook bij toepassing van deze kunstmest is de vracht zware metalen minimaal een factor 100 lager dan bij een vergelijkbare hoeveelheid fosfaat met dierlijke mest.

**Tabel 5. De vracht zware metalen (g/ha/jaar) bij gebruik van kunstmest bij de aangegeven toegediende hoeveelheid.**

		Toediening	koper	zink
KAS	Analyses Kool&Koskamp 2003	150 kg N/ha	1,1	31
KAS	Westhoek ea '97	150 kg N/ha	1,3	3,9
NP 26+7	Westhoek ea '97	85 kg fosfaat/ha	2,7	26,5
NP 26+14	Westhoek ea '97	85 kg fosfaat/ha	2,6	10,3

### **Stroomschema's zware metalen bij covergisting**

Met behulp van de gehalten zware metalen in co-producten (bijlage 1) en mest (o.b.v. tabel 3) en een mengverhouding kan berekend worden wat de stroom zware metalen in het co-fermentaats zal zijn. Dit kan als een aparte module worden ingevoegd in het schema dat A&F ontwikkeld voor invoer co-vergistingmateriaal.

## **2.3 Micro-verontreinigingen**

Over micro-verontreinigingen zijn binnen het kader van dit onderzoek geen bruikbare data gevonden. In Nederland is zeer weinig informatie beschikbaar over gehalten microverontreinigingen in co-vergistingproducten.

Bij de publicatie van de eerste positieve lijst co-vergistingproducten (Ehlert ea, 2004) is aangenomen dat alleen zware metalen en niet micro-verontreinigingen een rol spelen. Bij het opstellen van de tweede positieve lijst zullen producten worden meegenomen waarvan mag worden aangenomen dat die meer risico lopen op (te) hoge gehalten micro-verontreinigingen. Middels onderzoek zal moeten worden nagegaan wat gehalten zijn in die producten. Dat onderzoek moet bij het opstellen van dit rapport nog starten.

Tijdens en na het werkbezoek in Denemarken (zomer 2004) hebben we geïnformeerd naar gegevens over micro-verontreinigingen maar ook dit resulteerde niet in het gewenste resultaat.

Tenslotte zijn van enkele micro-verontreinigingen zoals PCB's, PAK en dioxinens gehalten en grenswaarden bekend van producten die als veevoeder worden toegepast in de diervoedersector. We bevelen aan om in een vervolg wanneer meer informatie over micro-verontreinigingen gewenst is hier contact mee te zoeken.

# 3 Risico's van ongewenste stoffen

Bij de ontheffingsbeschikking meststoffenwet voor co-vergiftingsproducten en het samenstellen van de positieve lijst is de zogenaamde 'milieutoets' gebruikt als toetsingskader voor zware metalen en arseen.

Die milieutoets is afgestemd op het Besluit kwaliteit en gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM). BOOM stelt regels aan de kwaliteit en de dosering voor de organische meststoffen zuiveringsslib, compost en zwarte grond. Voor zware metalen en Arseen is een maximale vracht (g/ha/jr) gesteld (o.b.v. maximaal toegestane gift \* maximaal toegestane gehalten). Voor toetsing van co-vergiftingsproducten dienen de normen voor zuiveringsslib als uitgangspunt (tabel 6).

**Tabel 6. Maximaal toegelaten vracht aan zware metalen en arseen berekend uit de samenstellingseisen van zuiveringsslib en de maximaal toegestane dosering op bouwland (BOOM).**

contaminant	Maximale vracht g/ha/jaar
Cd	2,5
Cr	150
Cu	150
Hg	1,5
Ni	60
Pb	200
Zn	600
As	30

## **Toepassing milieutoets bij positieve lijst in Nederland**

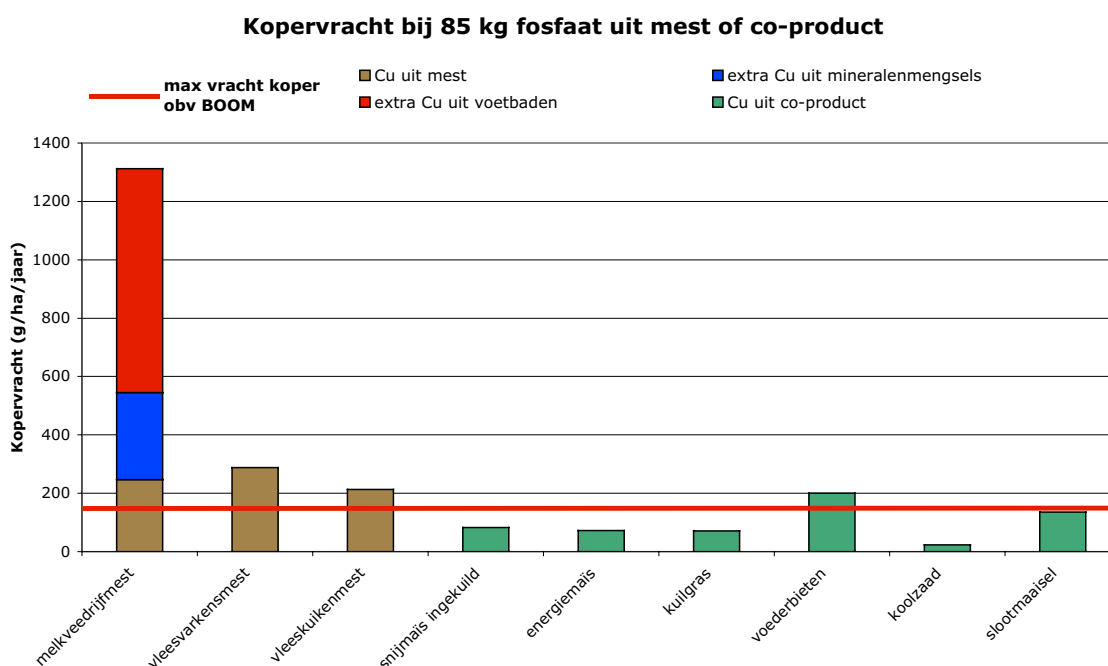
Bij het opstellen van de positieve lijst van co-vergiftingsproducten dient de milieutoets als basis. Echter Ehlert ea (2004) constateren dat alleen al de vracht koper en zink in dierlijke mest de milieutoets vaak overschrijd. Bij overschrijding van de milieutoets van een mengsel van mest en co-vergiftingsmateriaal zal die overschrijding in ieder geval ook aan de hoge gehalten in mest liggen. Eisen stellen aan co-vergiftingsmateriaal zonder eisen te stellen aan mest zou dan discriminatie van die producten zijn. Daarom is besloten indien co-vergiftingsproducten niet voldoen aan de milieutoets deze wel co-vergist mogen worden indien ze lagere of gelijke gehalten zware metalen en arseen hebben als dierlijke mest. Als gestandaardiseerde hoeveelheid mest en co-product dat per ha wordt toegediend geldt 85 kg fosfaat per ha. Vanuit MINAS is dat een maximale vracht.

Indien een co-product ook daar niet aan voldoet maar bij een gangbare mengverhouding met mest wel aan de normen voor de milieutoets (Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, As) en gebruikelijke waarden in dierlijke mest (voor Cu en Zn) voldoet dan is toepassing van dat co-product ook toegestaan.

Samenvattend wordt dus in 3 stappen nagegaan of een co-product voldoet aan de 'bijgestelde' milieutoets:

- 1) toepassen normen milieutoets aan co-vergistingsproduct;
- 2) vergelijking belasting koper en zink door co-vergistingsproduct met die van dierlijke mest;
- 3) samenstelling co-vergiste mest berekenen a.d.h.v. samenstelling mest en co-product (mengverhouding 1:1) en toetsen aan milieutoets (Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, As) en gebruikelijke waarden mest (voor Cu en Zn).

In figuur 1 is ter illustratie de vracht aan koper aangegeven bij aanwending van dierlijke mest en verschillende co-producten. Daaruit blijkt dat ook met mest de vracht koper hoger kan liggen dan de norm volgens BOOM.



**Figuur 1. De vracht koper (g/ha/jaar) bij verschillende dierlijke mestsoorten en co-producten bij aanwending van 85 kg fosfaat/ha plus de extra vracht koper in melkveedrijfmest bij gebruik van mineralenmengsels en voetbaden.**

### 3.1 Risico op overschrijding zware metalennormen bij co-vergisting

De norm in Nederland is dat bij de maximaal aanwendbare hoeveelheid per ha de normen uit BOOM niet overschreden mogen worden of dat in ieder geval niet meer wordt aangewend dan met mest.

In principe voldoen alle producten die op de eerste positieve lijst (Ehlert ea, 2004) staan daaraan. Voor de eerste lijst producten binnen dit project betekent dit het volgende (tabel 7):

**Tabel 7. Een overzicht welke co-producten (en op welke basis) voldoen aan de wetgeving in Nederland.**

snijmaïs (kuil)	Voldoet aan BOOM normen behalve voor Zn, echter Zn-gehalte is lager dan varkens- en runderpest
energiemaïs	Voldoet aan BOOM normen behalve voor Zn, echter Zn-gehalte is lager dan varkens- en runderpest
gras vers	Voldoet aan BOOM normen
bieten(afval) suikerbieten / voederbieten	Voldoet aan BOOM normen behalve voor Zn in voederbieten en Cd in voeder- en suikerbieten. Echter Zn-gehalte is lager dan varkensmest en bij mengsel van 1:1 mest:bieten voldoet Cd gehalte wel aan BOOMnormen.
koolzaad	Voldoet aan BOOM normen
uien	Niet in eerste positieve lijst
bloembollen	Niet in eerste positieve lijst

De producten in de tweede en derde lijst van het project zijn allen nog niet opgenomen in de positieve lijst van LNV. Wel is LNV gestart met het opstellen van een tweede lijst waar vooral industriële/plantaardige afvalproducten op zullen komen. In februari 2005 is een aantal producten gepresenteerd die positief zijn beoordeeld voor plaatsing op die lijst. De werkelijke opname in de 'positieve lijst' van deze producten heeft bij het schrijven van dit rapport (einde winter 2005) nog niet plaats gevonden. Eén van producten op lijst 2 (aardappelstoomschillen) is positief beoordeeld en zal naar verwachting binnenkort op de lijst worden geplaatst.

#### **Risico afweging covergisting**

De producten die op de eerste lijst binnen dit project staan zijn vrijwel allemaal opgenomen op de positieve lijst voor co-vergisting gepubliceerd door LNV in 2004. Risico's op overschrijding van milieunormen met deze producten zijn niet aannemelijk omdat ze anders niet op die lijst waren gekomen.

Voor uien en bloembollen die niet op die lijst staan zijn geen gegevens beschikbaar en kunnen we geen uitspraak doen.

Voor de producten die op de tweede en derde lijst staan is te weinig bekend om een goed onderbouwde uitspraak te doen over risico's op overschrijding van normen. Eén product vormt een uitzondering: Aardappelstoomschillen komen naar verwachting binnenkort op de tweede positieve lijst wat aangeeft dat dit product voldoet aan de milieutoets.

## **3.2 Toetsingskaders in het buitenland**

In deze paragraaf geven we de toetsingskaders in Duitsland en Denemarken voor co-vergisting in vergelijking met het Nederlandse systeem.

### **3.2.1 Toetsingskader in Denemarken**

Basis van het Deense co-vergistingsbeleid is communicatie over mogelijke negatieve en positieve gevolgen van co-vergisting. Municipal food waste (GFT), sewage sludge (bagger), industrieel biologisch afbreekbaar materiaal dat niet geschikt is voor diervoeder worden gebruikt voor toediening aan de bodem. Hierbij is het grootste gevaar organische en anorganische verontreinigingen en schadelijke

organismen. Dit zorgt ervoor dat agrariërs een drempel hebben voor het gebruik van deze producten op hun bedrijf. Er is een risico op vervuiling en daarmee een verlies van consumentenvertrouwen. Dit heeft ertoe geleid dat er vergaande (significant) inspanning wordt geleverd om de boeren te informeren over de risico's van de producten.

Zo zijn zware metalen een groot probleem geweest voor boeren om gerecyclede organisch materiaal te gebruiken, maar door het verminderen van inbreng van zware metalen is dit probleem in veel regio's verminderd. Daar staat tegenover dat de zwaarte van risico's is verschoven naar organische verontreinigingen. Bijkomend gevaar zijn fysische verontreinigingen zoals glas, steen, metaal, spijkers etc.

**Tabel 8: maximaal toegestane hoeveelheid verontreinigingen in co-vergistingproducten (op het moment van input) in Denemarken.**

<b>Risicostof</b>	<b>Maximale input (mg/kg ds)</b>	<b>Maximale input (mg/kg P)</b>
LAS <sup>2</sup>	1300	
Som PAK <sup>3</sup>	3	
NPE <sup>4</sup>	10	
DEHP <sup>5</sup>	50	
Cd	0,8	100
Cr	100	
Cu	1000	
Hg	0,8	200
Ni	30	2500
Pb	120	10000
Zn	4000	

Om organische en anorganische vervuiling te voorkomen zijn eisen gesteld aan de maximale hoeveelheden van risicostoffen per kg ds van het co-product. Daarnaast mag tot maximaal 25% (op basis van ds) co-product aan de mest worden toegevoegd en zijn regels gesteld over de maximale bemestingsgift van het digestaat

<sup>2</sup> **LAS** are linear alkyl sulfonates. They are used as detergents. They are not biodegraded under anaerobic conditions, and therefore they can be found in sludge. They are not very toxic; however, since they are used in large amounts in detergents, they may accumulate in the sludge and become toxic. Therefore they are controlled in Denmark in the sludge, which is used as soil conditioner in agriculture.

<sup>3</sup> **PAK**: Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) ontstaan bij de onvolledige verbranding van koolstofbevattende materialen. Het zijn teerachtige stoffen die ontstaan bij de onvolledige verbranding van koolstofhoudende materialen als hout, fossiele brandstoffen, tabak of levensmiddelen. Tot de PAK rekent men enkele honderden verwante stoffen die over het algemeen met een aantal tegelijk voorkomen.

<sup>4</sup> **NPE**: Nonylphenol ethoxylates (NPEs) have many uses, primarily as surfactants in detergent formulations, both industrial and domestic. NPEs are also used as wetting agents and as dispersants or emulsifiers in some pesticide formulations.

<sup>5</sup> **DEHP**: di-ethylhexylftalaat, ook wel DOP (dioctylftalaat) genoemd, is een ftalalaat vervaardigd door de reactie van ethylhexylalcohol met ftalazuur. Het is een olieachtig product met een hoog kookpunt, een lage vluchtigheid en een lage oplosbaarheid in water. Het kan gemakkelijk gemengd worden met PVC, waarbij het normaal harde materiaal zacht wordt. PVC geplastificeerd met DEHP is het enige flexibele materiaal dat door de Europese Pharmacopoeia werd goedgekeurd voor bloed en plasma transfusie verpakking en



(maximaal aantal kg dat mag worden gebruikt voor bemesting) \* (maximaal 10 ton ds/ha/jaar bij gewassen en andere locaties 20 ton ds/ha/jaar). Wel mag de gift van 10 jaar ineens worden gegeven (100 en 200 ton per ha per jaar respectievelijk). Toepassingslocaties moeten worden geregistreerd.

In Denemarken worden eisen gesteld aan de maximale hoeveelheid verontreinigingen in het co-vergistingsproduct (dus moment van aflevering bij de vergister, zodat concentraties niet kunnen worden verdund) (tabel 8). Belangrijke manier om vervuiling te voorkomen is om stofstromen goed te scheiden. Voor sommige zware metalen gelden normen voor het gehalte per kg droge stof en per kg P. Indien het gehalte minimaal aan één van die normen voldoet is het toegelaten het product als co-vergistingsmateriaal toe te dienen.

### 3.2.2 Toetsingskader in Duitsland

In tegenstelling tot in Denemarken worden eisen gesteld over de omvang van zware metalen concentraties van het materiaal dat op het land wordt aangebracht. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de hoeveelheid materiaal dat op het land wordt gebracht. Indien er over een periode van 3 jaar niet meer dan 20 ton droge stof bioafval per hectare worden aangebracht gelden de volgende gehalten aan zware metalen (tabel 9).

**Tabel 9. Maximale gehalten zware metalen in Duitsland bij een maximale aanvoer van 20 ton droge stof per ha over 3 jaar.**

<b>Stof</b>	<b>Maximaal toegestane gehalte (mg/kg ds)</b>
Cd	1.5
Cr	100
Cu	100
Hg	1
Ni	50
Pb	150
Zn	400

Indien de gehalte aan zware metalen lager is mag er 30 ton droge stof bioafval per hectare in drie jaar worden verspreid tabel 10.

**Tabel 10. Maximale gehalten zware metalen in Duitsland bij een maximale aanvoer van 30 ton droge stof per ha over 3 jaar.**

<b>Stof</b>	<b>Maximaal toegestane gehalte (mg/kg ds)</b>
Cd	1
Cr	70
Cu	70
Hg	0,7
Ni	35
Pb	100
Zn	300

Daarnaast worden er in Duitsland eisen gesteld over de hoeveelheid fysische verontreinigingen in het digestaat, zowel stenen als andere fysische verontreinigingen.

### 3.2.3 Vergelijking toetsingskaders

Als we de verschillende normen voor zware metalen in Nederland, Duitsland en Denemarken vergelijken op basis van de hoeveelheid zware metalen die maximaal per ha per jaar mag worden aangevoerd ontstaat het volgende beeld:

**Tabel 11. Een vergelijking van de maximale vracht (g/ha/jaar) aan zware metalen die via co-vergisting volgens de wettelijke normen op het land gebracht zou kunnen worden.**

contaminant	Nederland	Denemarken <sup>2</sup>		Duitsland	
		Max. 10 t ds bij gewassen	Max. 20 t ds bij overig	Bij max. 20 t ds/ha/3 jr.	Bij max. 30 t ds/ha/3 jr.
Cd	2,5	2,0	4,0	10	10
Cr	150	250	500	667	700
Cu	150 <sup>1</sup>	2500	5000	667	700
Hg	1,5	2,0	4,0	6,7	7,0
Ni	60	75	150	333	350
Pb	200	300	600	1000	1000
Zn	600 <sup>1</sup>	10000	20000	2667	3000
As	30				

<sup>1</sup> Een hogere vracht is mogelijk tot met mest vergelijkbare gehalten (800 g Cu en 1600 g Zn per ha) omdat co-producten dat mogen bevatten indien ze niet aan de hier genoemde normen voldoen.

<sup>2</sup> De data voor Denemarken geven alleen de maximaal mogelijke vracht zware metalen uit co-producten (obv max. normen voor gehalten en max. 25% bijmenging) die met het digestaat op het land kunnen komen. In werkelijkheid vormt deze vracht gezamenlijk met de vracht uit mest de totale vracht zware metalen uit het digestaat.

Uit tabel 11 blijkt dat Nederland in principe strengere normen hanteert dan Duitsland en Denemarken wat betreft de vracht zware metalen die met co-vergisting op het land gebracht kan worden. Alleen de eis voor cadmium in Denemarken is strenger. Verder liggen vooral in Duitsland de normen een factor 4 a 5 hoger dan in Nederland. Opvallend is dat de Deense normen voor koper en zink vele malen hoger liggen dan in Duitsland en Nederland.

Een belangrijke nuancering bij de Nederlandse normen is dat bij het opstellen van de positieve lijst ruimte gegeven is aan producten die niet voldoen aan de normen voor koper en zink. Die worden dan vergeleken met gehalten in mest. Als een product lagere of gelijke gehalten heeft dan mest dan voldoet het ook.

# 4 Beheersconcept

---

In dit hoofdstuk doen we, uitgaande van de hiervoor beschreven analyse, aanbevelingen om risico's op contaminatie met ongewenste stoffen zoveel mogelijk uit te sluiten. We willen hiermee een voorzet doen voor een beheersconcept. Een beheersconcept stelt enerzijds voorwaarden en anderzijds een systematiek om aan die voorwaarden te voldoen. Een dergelijk concept kan worden opgenomen in een certificatie systematiek voor zowel het product als het proces. Voor aanbevelingen m.b.t. de certificering van mestproducten verwijzen we naar het rapport van Dofco BV.

In de praktijk dient een beheersconcept naast risico's op ongewenste stoffen ook andere belangrijke aspecten (bijv. logistiek, risico's op verspreiding van veeziektes, borging gehalten in digestaat) te omvatten om zo de kwaliteit van het digestaat te borgen. Met deze voorzet willen we bouwstenen aandragen voor een definitief beheersconcept dat de komende tijd uitgewerkt dient te worden voor de CBI van de Stichting AFA.

Om te komen tot een beheersconcept m.b.t. de kwaliteit van het digestaat van de CBI in Aalten dienen de volgende punten nadere uitwerking:

- Wat zijn kritische punten in het proces? Welke aspecten vormen mogelijk een bedreiging? De uitwerking daarvan gaat over in het volgende punt:
- Op welke criteria zijn voorwaarden noodzakelijk en op welk niveau stel je die voorwaarden?
- Op welke wijze geven we invulling aan een systematiek om aan de voorwaarden te voldoen?
- Bij welke bestaande initiatieven en systematieken kunnen we aansluiten?

## **Kritische punten**

Een eerste inventarisatie van kritische punten is als volgt:

- Zware metalen/microverontreinigingen in co-producten;
- Zware metalen in mest;
- Ziektekiemen in mest;
- Residuen in de mest van diergeneesmiddelen die van invloed kunnen op de methaanproducerende bacterie;
- onkruidzaden;
- Fysieke vervuiling in de mest en eventuele co-producten ("mestvreemde stoffen").

## **Criteria:**

Afhankelijk van de intentie m.b.t. de inzet en gebruik van digestaat kunnen we in ieder geval de volgende criteria aangeven:

- Productveiligheid: het digestaat dat wordt afgezet dient te voldoen aan eisen van de markt en de wetgeving zodat het in ieder geval veilig is voor mens, dier en milieu. Hieronder vallen eisen aan contaminanten zoals zware metalen en micro-verontreinigingen, ziektekiemen, fysieke vervuiling (spijkers etc.);
- Productkwaliteit: het digestaat moet voldoen aan bepaalde kwaliteitseisen. Afhankelijk van de wensen van de afnemer kunnen dit eisen zijn op het gebied van gehalten/hoeveelheid nutriënten (Nmineraal/Norganisch,P,K organische

stof, etc), vrij zijn van onkruidzaden, homogeniteit etc. De bestemming van het digestaat bepaalt de producteisen (zie rapport Dofco BV);

- Procesmanagement m.b.t. het voorkomen van risico's van zware metalen en microverontreinigingen. Hoe voorkomen we aanvoer van 'verontreinigde' partijen?

#### **Voorwaarden voor de criteria:**

Productveiligheid:

Zware metalen en micro-verontreinigingen: minimumeis is het voldoen aan de wetgeving. Concreet alleen producten die op de 'witte lijst' staan mogen worden co-vergist. Producten die niet op de witte lijst staan mogen worden co-vergist mits een ontheffing op de meststoffenwet is verleend.

Aanvullend stellen we de volgende voorwaarden voor:

- Bemonstering en analyse van het digestaat op zware metalen. Dit dient als garantie voor productkwaliteit richting de afnemers.
- Bemonstering van de co-producten van de tweede en derde lijst (industriematisch bewerkte producten) en het bewaren van deze monsters totdat blijkt dat het digestaat (uit analyse) voldoet aan de normen. Gezien de aard van deze producten is het risico op verontreiniging met ongewenste stoffen groter dan bij producten van de eerste lijst.
- Bemonstering van de ingaande mest en het bewaren van deze monsters totdat blijkt dat het digestaat (uit analyse) voldoet aan de normen. Uit de hiervoor beschreven analyse blijkt dat dierlijke mest (voorbeeld rundveemest) in sommige gevallen meer risico geeft op te hoge gehalten zware metalen dan co-producten.
- Eisen aan de bedrijfsvoering van bedrijven die mest leveren om te voorkomen dat de mest te hoge gehalten ongewenste stoffen bevat (bijv. gebruik van voetbaden met koperproducten).

Ziektekiemen: welke voorwaarden biedt de huidige veterinaire regelgeving als je dat doortrekt naar ziektekiemen in mest en digestaat? Zijn er bijvoorbeeld veterinaire eisen aan de afvoer van mest (binnen NL) waarvoor we dus kunnen aansluiten bij de CBI in Aalten?

Wat kunnen we aanvullend doen?:

- Eisen stellen aan de ziektestatus van mestleverende bedrijven.

#### **Productkwaliteit:**

Wensen van afnemers: In welke mate dient het eindproduct te voldoen aan de eisen van de afnemer(s) wat betreft nutriënten (N,P,K)? Dit betreft zowel de verhouding tussen die nutriënten, het daadwerkelijke gehalte, de vorm waarin (organisch gebonden of mineraal) en homogeniteit (dus geen/minder spreiding in gehalten). De wensen van afnemers en de markt zijn in het onderzoek van A&F en Dofco BV in beeld gebracht en dienen te worden meegenomen in het beheersconcept.

Onkruidzaden: geen wettelijk minimumniveau. Om tegemoet te komen aan de wensen van de afnemer(s) zal een zover mogelijk afdoding gewenst zijn.

Hygiëniseren van de mest biedt hoogstwaarschijnlijk de beste oplossing.

#### **Invulling systematiek om aan de voorwaarden te voldoen**

Deze systematiek dient de voorwaarden te bevatten en richtlijnen te geven voor monitoring, registratie en controle daarvan.

**Bij welke bestaande initiatieven en systematieken kunnen we aansluiten?**

Voor organische meststoffen en bodemverbeterende middelen is reeds een beoordelingsrichtlijn en een keurmerk (Fertimark) ontwikkeld. Deze worden verder toegelicht in het rapport van Dofco BV . Het verdient aanbeveling om na te gaan in hoeverre dit bruikbaar is voor de beoogde borging voor de CBI.

Een ander interessante systematiek is het kwaliteitsborgingssysteem GMP+ in de Nederlandse veevoedersector. Het systeem omvat kwaliteitscontroles (o.b.v. HACCP en ISO 9000) en een systeem van tracking en tracing. Deze sector wordt gekenmerkt door een zeer breed aanbod van leveranciers en producten (die vaak vrijkomen als rest- of bijproduct uit de levensmiddelenindustrie) en een groot aantal afnemers. Dit zijn kenmerken die overeenkomen met de situatie van co-vergisting waarin reststromen vanuit een breed spectrum aan bedrijven aangeboden wordt aan afnemers. Het verdient daarom aanbeveling na te gaan in hoeverre een beheersconcept bij GMP+ kan aansluiten.



# 5 Conclusies en aanbevelingen

---

In dit hoofdstuk geven we de belangrijkste conclusies uit de studie en geven aanbevelingen (cursief gedrukt).

In de literatuur zijn slechts beperkt gegevens beschikbaar over gehalten zware metalen en met name micro-verontreinigingen in co-producten.

In het project zijn 3 lijsten met potentiële co-producten opgesteld (Bijlage 1). De producten van lijst 1, behalve uien en bloembollen wegens gebrek aan data, voldoen aan de criteria m.b.t. zware metalen en microverontreinigingen. Derhalve zijn bij gebruik van deze producten als co-product geen problemen met zware metalen te verwachten. Deze producten zijn ook opgenomen op de 'positieve lijst' en als zodanig toegestaan als co-product.

Eén product van lijst 2: aardappelstoomschillen voldoet aan de criteria van de milieutoets en zal naar verwachting binnenkort worden opgenomen in de 'positieve lijst' en daarmee worden toegelaten als co-product.

Voor de overige producten van lijst 2 en 3 en uien en bloembollen hebben we in dit onderzoek onvoldoende informatie kunnen vinden om te beoordelen of deze voldoen aan de criteria m.b.t. zware metalen. O.b.v. de beperkt beschikbare gegevens lijkt dat met name producten van lijst 2 en 3 risico's met zich mee kunnen brengen op te hoge input met zware metalen.

*Het is aan de toeleverende partijen/industrie van producten van lijst 2 en 3 om voldoende data aan te leveren om een degelijk onderbouwde toetsing mogelijk te maken voor toelating als co-product.*

De mest die als input dient voor de biogasinstallatie kan ook een hoge vracht zware metalen bevatten.

Een beheersconcept dient een integrale aanpak te omvatten om de kwaliteit van het proces en eindproduct(en) te waarborgen. Uitsluiting van risico's op contaminatie van ongewenste stoffen zoals zware metalen en micro-verontreinigingen vormt daar een onderdeel van.

Een beheersconcept stelt criteria voor productveiligheid, productkwaliteit en procesmanagement. In deze verkenning doen we een aanzet voor invulling van die criteria.

*Binnen de kaders van het beheerssysteem bevelen we het volgende aan :*

- *Wettelijke kaders beperken het gebruik van producten voor co-vergisting die zijn opgenomen in de positieve lijst (of een ontheffing hebben van de Meststoffenwet);*
- *Producten van de eerste lijst kunnen zonder verdere bemonstering worden gebruikt;*

- *Bemonstering van producten van de tweede en derde lijst bij gebruik als co-product en monsters bewaren (zodat deze later als check geanalyseerd kunnen worden);*
- *Eisen aan de bedrijfsvoering van bedrijven die mest leveren om te voorkomen dat de mest te hoge gehalten ongewenste stoffen, bijvoorbeeld koper, bevat;*
- *Bemonstering van de ingaande mest en monsters bewaren (zodat deze later als check geanalyseerd kunnen worden);*
- *Bemonstering en analyse van het digestaat op nutriënten (N en P) en op ongewenste stoffen.*

*We raden de initiatiefnemers aan om gezamenlijk met de afnemers van het digestaat na te gaan welke invulling gewenst is. Aspecten die wij vanuit dit onderzoek willen meegeven zijn:*

- *Welke eisen stellen we wat betreft ziektestatus van mestleverende bedrijven?*
- *In welke mate willen en gaan we met onze eindproducten inspelen op kwaliteitseisen van de afnemers (bijv. gehalten N,P en K en onkruidzaden)?*

*Wat betreft kwaliteitsborging raden we aan om na te gaan in hoeverre aangesloten kan worden bij reeds bestaande beoordelingsrichtlijnen en keurmerken voor organische meststoffen en het GMP+ systeem in de diervoedersector.*



## Bronnen

---

Baserga, U. 2000. *Vergärung organischer reststoffe in landwirtschaftlichen Biogasanlagen*. FAT-Berichte nr. 546. FAT, Tänikon (Schweiz).

Boer, M. & K.J. Hin 2003. Zware metalen in de melkveehouderij. Koeien & Kansen, Lelystad.

Boersma, F., D.S. van der Linden, I.A.M. Reijrink, K.J.N. Verhoek en A.M.E. van Vianen 2003. Klauwaandoeningen en voetbaden in de Nederlandse melkveehouderij. Verslag i.h.k.v. beroepsvoorbereidend blok WUR i.o.v. CLM, Wageningen.

CBS-data m.b.t. 2000. [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)

Doorn, J. van; Keijsers, E.R.P.; Elbersen, H.W. (2001).

Kool, A. & G.J. Koskamp. 2003 Zware metalen op De Marke. CLM, Utrecht.

Ehlert, P.A.I., P.H. Hotsma & J.W.M. Janssen 2004. Positieve lijst co-vergiftigingsmaterialen. Alterra en Expertisecentrum LNV, Wageningen/Ede.

Informatieblad VROM (2001).

Neeft, J. 2004. Persoonlijke communicatie. NOVEM-Senter, Utrecht.

Westhoek, H.J., L. Beijer, W.J. Bruins, P.H. Hotsma, J.W.M. Janssen en E.J.R. Maathuis 1997. Aan- en afvoerbalansen van zware metalen van Nederlandse landbouwgronden. Informatie- en KennisCentrum Landbouw, Ede.



## **Bijlage 1 Gehaltes zware metalen en microverontreinigingen**

---

Co-vergiftingsproduct	Zware metalen (mg/kg ds)								Microverontreinigingen						Fysische verontreinigingen			
	Cd	Hg	Pb	Ni	Cr	Cu	Zn	As	LAS	Som PAK	NPE P	DEH s	PCB' s	PAK		Dioxi- nen		
<b>Lijst 1: plantaardige producten zonder risico</b>																		
snijmaïs (vers)	0,10	0,01	0,10	0,87	0,26	3,69	36,96		nvt <sup>1</sup>	nvt <sup>1</sup>	nvt <sup>1</sup>	nvt <sup>1</sup>						
snijmaïs (kuil)	0,10	0,01	0,10	0,87	0,26	4,25	38,49											
energiemaïs	0,10	0,01	0,10	0,87	0,26	3,69	36,96		nvt <sup>1</sup>	nvt <sup>1</sup>	nvt <sup>1</sup>	nvt <sup>1</sup>						
gras vers	0,22	0,02	2,43	4,31	0,66	0,92	48,16											
gras kuil	0,23	0,02	2,26	3,88	1,29	7,65	39,98		nvt <sup>1</sup>	nvt <sup>1</sup>	nvt <sup>1</sup>	nvt <sup>1</sup>						
bieten(afval) suikerbieten	0,16	0,00	0,60	0,39	0,86	4,40	24,79		nvt <sup>1</sup>	nvt <sup>1</sup>	nvt <sup>1</sup>	nvt <sup>1</sup>						
voederbieten vers	0,26	0,01	1,02	0,60	1,44	7,00	40,31											
voederbieten gereinigd en bewaard	0,36	0,01	1,41	0,82	1,99	9,70	55,82											
koolzaad (schroot)	0,03	0,03	0,67	1,67	2,34	7,68	82,52						- <sup>5</sup>	- <sup>5</sup>	- <sup>5</sup>			
koolzaad (onbehandeld zaad)	0,02	0,02	0,41	1,04	1,45	4,77	51,24											
uien																		
bloembollen																		
<b>Lijst 2: co-producten met aanvaardbaar risico</b>																		
plantaardig afval uit zetmeelbereiding	1 <sup>8,9</sup>	0,1 <sup>8,9</sup>	10 <sup>8,9</sup>														Matig <sup>8</sup> /klein <sup>9</sup>	
plantaardig afval uit suikerbereiding	1 <sup>6</sup>	0,1 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>										- <sup>7</sup>	- <sup>7</sup>	- <sup>7</sup>		Klein <sup>6</sup>	
aardappelstoomschillen	1 <sup>8,9</sup>	0,1 <sup>8,9</sup>	10 <sup>8,9</sup>														Matig <sup>8</sup> /klein <sup>9</sup>	
plantaardig vet	0,04 <sup>19</sup>	0,01 <sup>19</sup>	0,3 <sup>19</sup>	2 <sup>19</sup>		1 <sup>19</sup>	3,8 <sup>19</sup>											
slootmaaisel	0,11 <sup>4</sup>	-	-	0,5 <sup>4</sup>	0,3 <sup>4</sup>	5,1 <sup>4</sup>		1,2										
<b>Lijst 3: co-producten met hoog risico niveau</b>																		
dierlijk vet en vetafvallen (70 graden 1 uur)							44 <sup>12</sup>	290 <sup>12</sup>										
slachtafval (veren, flotatieslib)							39-80 <sup>11</sup>	281-380 <sup>11</sup>										
maag en darminhoud (ongeboren mest)	2 <sup>13</sup>		20 <sup>13</sup>	20 <sup>13</sup>	33 <sup>13</sup>	5-99 <sup>13</sup> ,	49-53 <sup>14</sup>	71-321 <sup>13</sup> ,										163-190 <sup>14</sup>
restaurant en keuken afval (swill) <sup>3,15</sup>							7	67										
GFT	0,7 <sup>2</sup> ,	0,1 <sup>2</sup>	8 <sup>2</sup>	9 <sup>2</sup>	20 <sup>2</sup>	33 <sup>2</sup>												
	0,3-0,6 <sup>16</sup>	0,1-0,8 <sup>16</sup>		5,5-10 <sup>16</sup>	7-25 <sup>16</sup>	14-21 <sup>16</sup>		88-105 <sup>16</sup>										
	0,11 <sup>17</sup>	0,06 <sup>17</sup>	0,7-3 <sup>17</sup>	3-21 <sup>17</sup>	0,06-12 <sup>17</sup>	7,8-30 <sup>17</sup>		25-30 <sup>17</sup>										
	0,35-0,8 <sup>18</sup>	0,01-0,03 <sup>18</sup>	1,8-4,6 <sup>18</sup>	3,2-8,5 <sup>18</sup>	2,25-8,5 <sup>18</sup>	5,2-12,2 <sup>18</sup>		85-94 <sup>18</sup>										
GFT mechanisch gescheiden	2,1 <sup>2</sup>	-	740 <sup>2</sup>	-	75 <sup>2</sup>	290 <sup>2</sup>												

- <sup>1</sup> o.a. Neeft (2004).
- <sup>2</sup> Groente-Fruit en Tuinafval, informatieblad VROM (2001)
- <sup>3</sup> uitbraak van Afrikaanse varkenspest in 1986 wordt toegeschreven aan in varkensvoer verwerkte swill (bron: voer tot nadenken. 2003)
- <sup>4</sup> Doorn, J. van; Keijsers, E.R.P.; Elbersen, H.W. (2001)
- <sup>5</sup> Op basis van Risicoanalyse Koolzaad, productschap Veevoeder. Geschatte kans op verontreiniging: klein tot matig (matig door contact met verbrandingsgassen in processing plant). Genoemde getallen zijn streefwaardes.
- <sup>6</sup> Op basis van Risicoanalyse Bietmelasse/Bietvinasse/Bietenpulp, productschap Veevoeder. Geschatte kans op verontreiniging zware metalen: zeer klein. Kans op verontreiniging PAK, dioxinen: klein. Genoemde getallen zijn streefwaardes de Diervoederwet.
- <sup>7</sup> Op basis van Risicoanalyse Bietmelasse/Bietvinasse/Bietenpulp, productschap Veevoeder. Kans op verontreiniging: klein/matig. LET OP: afhankelijk van gebruikte kalkbron (affaire Belgie), daarom is kans matig!
- <sup>8</sup> Op basis van Risicoanalyse aardappelindustrie, productschap Veevoeder. Kans op verontreiniging: matig. Genoemde getallen zijn streefwaardes uit de Diervoeder wet.
- <sup>9</sup> Op basis van Risicoanalyse Tarweindustrie, productschap Veevoeder. Kans op verontreiniging: zeer klein. Genoemde getallen zijn streefwaardes de Diervoederwet.
- <sup>10</sup> Kans op Ni-verontreiniging uit hardingsproces is klein.
- <sup>11</sup> flotatieslib, bron: Baserga, 2000.
- <sup>12</sup> bezinksel vetafscheider, bron: Baserga, 2000.
- <sup>13</sup> pensinhoud runderen, bron: Baserga, 2000.
- <sup>14</sup> maaginhoud varkens, bron: Baserga, 2000.
- <sup>15</sup> bron: Baserga, 2000.
- <sup>16</sup> bio-afval, bron: Baserga, 2000.
- <sup>17</sup> fruitresten, bron: Baserga, 2000.
- <sup>18</sup> groenteresten, bron: Baserga, 2000.
- <sup>19</sup> oliezaden bezinksel, bron: Baserga, 2000.