

Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos

3. Inventarisatie en beoordeling van verwerkingsmogelijkheden voor kroos



97

17

Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos

3. Inventarisatie en beoordeling van verwerkingsmogelijkheden voor kroos

97 17

Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht
Telefoon 030 232 11 99
Fax 030 232 17 66

Publicaties en het publicatie-
overzicht van de STOWA kunt u
uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.
ISBN 90.74476.82.1

INHOUD

	Blz.
TEN GELEIDE	III
SAMENVATTING	V
1 INLEIDING	1
1.1 Vraagstelling	1
1.2 Aanpak bij beantwoording van vraagstelling	1
2 EIGENSCHAPPEN VAN KROOS	3
2.1 Algemene kenmerken van kroos	3
2.2 Microverontreinigingen in kroos	5
2.3 Verontreiniging van eendekroos in relatie tot milieukwaliteit	8
3 METHODEN VOOR VERWERKING VAN KROOS	11
3.1 Verspreiden op het land	11
3.2 Composteren	11
3.3 Vergisten	13
3.4 Voeren aan vee	13
3.5 Verbranden	14
3.6 Storten	14
4 BEOORDELING VAN VERWERKINGSMETHODEN	15
4.1 Logistiek	15
4.2 Eigenschappen van het materiaal	17
4.3 Milieubelasting bij verwerking	27
4.4 Verwerkingskosten	30
4.5 Eindwaardering per verwerkingsmethode	32
5 DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	35
5.1 Opvallende aspecten bij kroosverwerking	35
5.2 Eindwaardering	37
5.3 Slotconclusie en aanbevelingen	37
LITERATUUR	39

BIJLAGEN

1. Enquête onder waterbeheerders
2. Onderzoek door het Hoogheemraadschap van Rijnland naar verontreinigingen in kroos
3. Geraadpleegde bedrijven en instanties
4. Berekening van gehalten metalen in gecomposteerd kroos

TEN GELEIDE

Kroosdekken veroorzaken in een aanzienlijk deel van het Nederlandse oppervlaktewater een verslechtering van de waterkwaliteit, enerzijds omdat deze vegetatie lichttoevoer en zuurstofdiffusie naar het water sterk remt en anderzijds omdat de afbraak van afgestorven kroos continu zuurstof verbruikt.

Maatregelen tegen kroosdekken en het ontstaan ervan zijn derhalve gewenst, doch tot dusver ontbrak voldoende inzicht in de mechanismen achter de kroosdekvorming om met voldoende zekerheid maatregelen voor te kunnen stellen.

Om inzicht te krijgen in het totale proces van groei en verspreiding van kroos en in mogelijke aangrijpingspunten voor beheersmaatregelen, is in een eerder gepubliceerd STOWA-rapport (nr. 92-09) de literatuur bijeengebracht over eigenschappen, groeifactoren en migratie van kroos. In een tweede STOWA-rapport (nr. 92-10) is aandacht geschonken aan de omvang van de Nederlandse kroosproblematiek, de groei en verspreiding van kroos in poldersloten op basis van veldonderzoek en mathematische modellering en aan potentiële beheersmaatregelen.

In het thans voorliggende rapport wordt een inventarisatie van verwerkingsmogelijkheden van kroos gepresenteerd en is een beoordeling van deze mogelijkheden gegeven met behulp van criteria uit vier categorieën, namelijk logistiek, eigenschappen van het materiaal, emissies bij verwerking en verwerkingskosten.

Het onderzoek werd in 1995 door het bestuur van de STOWA opgedragen aan BKH Adviesbureau. Het projectteam bestond uit drs. P.L.G.M. Heszen (projectleider), drs. C.A.M. van Helmond, drs. P.C. Okkerman, ir. J.L. Terwey en W. van der Velden (stagiair). Het project is namens de STOWA begeleid door een commissie bestaande uit drs. B. Specken (Provincie Utrecht) als voorzitter en drs. J.H. Boeyen (Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden), mw. drs. G. Bolier (Technische Universiteit Delft), mw. drs. L.J. Frinking (Hoogheemraadschap van Rijnland), P. Heuts en ing. G.L. van Hiele (Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden), mw. dr. I.R.M. Hovenkamp-Obbema (Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier) en dr. S.P. Klapwijk (STOWA) als leden.

Utrecht, mei 1997

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

SAMENVATTING

Inleiding

In vele kleine wateren in Nederland leiden kroosdekken tot slechte waterkwaliteit, verarming van het ecosysteem, en in extreme gevallen tot stankoverlast en vissterfte.

In 1995 is een onderzoek gestart naar de haalbaarheid van maatregelen ter bestrijding van kroosdekken. Een van deze maatregelen is het verwijderen van kroos. In verband met deze verwijdering is het van belang om te weten wat de meest geschikte methode is om het kroos te verwerken. De mogelijkheden worden in dit rapport beschreven en beoordeeld. Waar relevant wordt onderscheid gemaakt tussen eendekroos (*lemnaceae*) en kroosvaren (*azollaceae*).

Samenstelling van kroos

De samenstelling van het kroos, zowel voor wat betreft de organische verbindingen als eventuele verontreinigingen, is van groot belang bij de verwerking. Kroos bevat veel gemakkelijk afbreekbare organische verbindingen en weinig vezels. Op basis van het drooggewicht ligt het gehalte aan eiwit bij eendekroos tussen 7 en 45%, aan suikers tussen 14 en 44%, aan vet tussen 2 en 9% en aan vezels tussen 6 en 16%. Ook bij kroosvaren treedt een dergelijke variatie op. Het watergehalte van eendekroos en kroosvaren is hoog, respectievelijk 87-97% en 85-97%. De gloeirest ligt voor beide tussen de 8 en 28% van het drooggewicht.

Over de verontreiniging van kroos met zware metalen kan alleen een indicatieve uitspraak worden gedaan op basis van metingen aan eendekroos op elf locaties in de provincies Zuid-Holland en Utrecht. Een algemeen referentiekader voor toetsing van deze verontreinigingen bestaat niet. Aangezien een groot deel van het eendekroos in de waterbodem terecht komt, is getoetst aan de normen voor waterbodem. Deze toetsing geeft een indicatie dat bij kroos zware metalen niet leiden tot normoverschrijding en dat organische microverontreinigingen zorgen voor lichte verontreiniging.

In verhouding tot de concentratie in water is de concentratie van zware metalen in kroos zeer hoog. Er is duidelijk sprake van accumulatie. Het is echter niet mogelijk om de concentratie zware metalen in kroos met voldoende betrouwbaarheid af te leiden uit de concentratie in het water.

Beoordeling van verwerkingsmethoden, conclusies en aanbevelingen

In tabel S1 zijn de verschillende verwerkingsmethoden met hun waarderingen weergegeven. De beoordeling heeft plaatsgevonden met behulp van criteria uit vier categorieën, namelijk logistiek, eigenschappen van het materiaal, emissies bij verwerking en verwerkingskosten.

In het algemeen valt bij de beoordeling op dat het transport van vers kroos niet erg efficiënt is en daardoor kostbaar (het drogestofgehalte is zeer laag, d.w.z. er wordt voor 95% water vervoerd). Voor een - regionale - rit van enkele tientallen kilometers kan de prijs per ton vers kroos oplopen tot f 100,-.

Composteringsinstallaties en stortplaatsen zijn in Nederland in redelijke aantallen aanwezig, zodat men over het algemeen voor de verwerking binnen de regio kan blijven. Het aantal verbrandingsinstallaties is geringer en installaties voor vergisting en verwerking tot veevoeder zijn er nog minder. In deze gevallen ligt dus de gemiddelde transportafstand hoger.

Het is duidelijk geworden dat voor een aantal verwerkingsmethoden het drogestofgehalte van kroos veel te laag is. Dit geldt voor composteren, droog vergisten, droog voeren aan vee, verbranden en storten.

Bij composteren en voeren aan vee kunnen te hoge concentraties zware metalen in sommige gevallen problemen opleveren. De emissies van stoffen naar het milieu bij de verschillende verwerkingsmethoden vallen over het algemeen wel mee, omdat deze op een adequate manier kunnen worden behandeld.

Voor de grootschalige verwerkingsmethoden, dat wil zeggen grootschalig composteren, vergisten, verbranden en storten, liggen de verwerkingskosten zeer hoog, namelijk in het bereik van f 75,- tot f 250,-.

Kroos dient bij voorkeur lokaal verwerkt te worden, dat wil zeggen in een straal van enkele kilometers rond de plek waar het is verwijderd. Verspreiden op het land, nat voeren aan vee of kleinschalig composteren zijn daarbij de opties.

Het verdient aanbeveling om deze verwerkingsmethoden op kleine schaal uit te testen in de praktijk en te onderzoeken in hoeverre deze kunnen worden ingebouwd in de agrarische bedrijfsvoering.

Tabel S1 Waardering van de verwerkingsmethoden

Verwerkingsmethode	Waardering
Verspreiden op het land	zeer goed
Composteren op kleine schaal (hopen in openlucht)	goed
Vergisten met nat procédé	goed
Nat voeren aan vee (direct na de "oogst")	goed
Composteren in grootschalige installatie	matig
Vergisten met droog procédé	matig
Droog voeren aan vee (drogestofgehalte 88%)	matig
Storten	matig
Verbranden	slecht

1 INLEIDING

1.1 Vraagstelling

In veel kleine wateren zorgen deklagen van kroos voor negatieve effecten op de waterkwaliteit en natuurwaarden. Onder kroos worden in dit geval verstaan de soorten die horen tot de eendekroos-familie (*lemnaceae*) en de kroosvaren-familie (*azollaceae*).

De kroosdekken leiden tot lage zuurstof-concentraties in het water omdat ze aanvoer van zuurstof vanuit de atmosfeer belemmeren. Daarnaast wordt bij afbraak van afgestorven kroos zuurstof aan het water onttrokken. Kroos verhindert de lichtinval in het water, waardoor ondergedoken waterplanten niet meer tot ontwikkeling kunnen komen en de zuurstofhuishouding negatief wordt beïnvloed. Ook vermindert hierdoor de diversiteit van de aquatische levensgemeenschap. In extreme gevallen veroorzaken kroosdekken vissterfte en stank.

In 1992 verschenen in de serie "Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos" twee STOWA rapporten [STOWA, 1992a en 1992b], waarin maatregelen tegen kroosdekken zijn geformuleerd en beoordeeld. Als vervolg daarop is in 1994, in opdracht van de STOWA en de Provincie Utrecht, een onderzoek gestart naar de praktische haalbaarheid van deze maatregelen. Een van de maatregelen is het verwijderen van kroosdekken. Er wordt in dat onderzoek echter geen aandacht besteed aan de verwerking van het verwijderde kroos. Daarvoor is een aparte studie opgezet, waarvan in dit rapport verslag wordt gedaan. De concrete doelstelling van deze studie is:

Het inventariseren van de mogelijkheden voor verwerking van kroos en het beoordelen daarvan met behulp van criteria voor logistiek, eigenschappen van kroos, milieubelasting bij verwerking, en verwerkingskosten.

1.2 Aanpak bij beantwoording van vraagstelling

1.2.1 Verzamelen van informatie

In eerste instantie is informatie verzameld via een literatuurstudie, een enquête onder waterbeheerders en persoonlijke communicatie met betrokken bedrijven en instanties (zoals potentiële vervoerders en verwerkers). Daarnaast is door BKH Adviesbureau een beperkt praktijkonderzoek uitgevoerd naar de gehalten aan metalen in kroos uit depots.

Bij het literatuur-onderzoek werd in belangrijke mate gebruik gemaakt van de reeds eerder verschenen literatuurstudie over kroos [STOWA, 1992a]. De informatie in deze literatuurstudie is echter voor een groot deel afkomstig uit het buitenland. In verband met de verwerkingsmogelijkheden van kroos in Nederland zijn juist de gegevens over kroos in eigen land van belang. Waar mogelijk en noodzakelijk vindt in dit rapport toespitsing plaats op de Nederlandse situatie.

De enquête onder de waterbeheerders staat in bijlage 1. In deze enquête werden zowel vragen gesteld in het kader van de verwerkingsmogelijkheden van kroos, als in het kader van het aparte praktijkonderzoek naar maatregelen tegen

kroosdekken [STOWA en Provincie Utrecht, 1997].

De enquête is in september 1995 toegestuurd aan alle 91 (kwaliteits- en kwantiteits) waterschappen in Nederland. De respons was 100%. Van één respondent, namelijk het Hoogheemraadschap van Rijnland, werden bij de enquête bruikbare analyseresultaten van kroos ontvangen. Deze staan in bijlage 2.

Een overzicht van betrokken bedrijven en instanties waarmee schriftelijk of telefonisch contact is geweest, staat in bijlage 3. Aan deze betrokkenen zijn vragen gesteld over de praktijk-ervaring met verwerking van kroos, technische haalbaarheid en kosten voor vervoer en verwerking.

1.2.2 Rapportage

Bij deze studie is relatief veel aandacht besteed aan het inventariseren van de eigenschappen van kroos, zoals algemene samenstelling en verontreiniging (hoofdstuk 2). Hierover is relatief weinig bekend, terwijl het van groot belang is bij de beoordeling van de verwerkingsmogelijkheden.

In hoofdstuk 3 staat een korte beschrijving van de verschillende verwerkingsmethoden:

- verspreiden op het land;
- composteren (en vervolgens toepassen als bodemverbeteraar);
- vergisten (levert biogas en compost);
- voeren aan vee;
- verbranden;
- storten.

In hoofdstuk 4 worden de criteria besproken waarmee de beoordeling van de verschillende methoden plaatsvindt. Tevens wordt in dit hoofdstuk de daadwerkelijke beoordeling gegeven. Daarbij is sprake van vier categorieën van criteria:

- logistiek;
- eigenschappen van kroos;
- milieubelasting bij verwerking;
- verwerkingskosten.

Er wordt vooral ingegaan op de criteria uit de categorie "eigenschappen van kroos", waarbij uitgebreid gebruik wordt gemaakt van de inventarisatie in hoofdstuk 2. Voor de criteria van de categorieën "logistiek" en "verwerkingskosten" wordt in algemene zin ingegaan op de financiële kant van transport, opslag en verwerking. Daarbij wordt ook nog aandacht besteed aan enige technische aspecten van de logistiek. De milieubelasting wordt meer in het algemeen en vaak kwalitatief behandeld. Het voert namelijk te ver om in het kader van deze studie een goede kwantitatieve beschrijving van de emissies te geven.

Hoofdstuk 5 omvat conclusies, discussie en aanbevelingen.

2 EIGENSCHAPPEN VAN KROOS

Bij de verschillende verwerkingsmethoden zijn de eigenschappen van het kroos van groot belang. Het gaat daarbij om de algemene samenstelling van het kroos voor wat betreft organische verbindingen, elementen en drogestofgehalte. Tevens is inzicht nodig in de eventuele verontreiniging met zware metalen of organische microverontreinigingen.

2.1 Algemene kenmerken van kroos

Zoals reeds in de inleiding werd vermeld, is kroos een verzamelnaam voor twee families van kleine drijvende waterplanten, namelijk eendekroos (*lemnaceae*) en kroosvaren (*azollaceae*). De kroosdekken die optreden in voorjaar en zomer worden meestal gedomineerd door soorten van de eendekroos-familie. Dit zijn vooral bultkroos (*lemna gibba*) en klein kroos (*lemna minor*), en in mindere mate veelwortelig kroos (*spirodela polyrhiza*). In het najaar overheerst in de kroosdekken vaak een vertegenwoordiger van de kroosvaren-familie, namelijk de grote kroosvaren (*azolla filiculoides*) [STOWA, 1992a].

In dit rapport worden met de verzamelnaam "kroos" steeds de vier dominante soorten bedoeld. Waar nodig wordt onderscheid tussen eendekroos en kroosvaren gemaakt.

2.1.1 Kenmerken van eendekroos

Bultkroos, klein kroos en veelwortelig kroos bestaan uit kleine verdikte schijfjes met centraal aan de onderkant kleine worteltjes. De schijfjes, die in feite een combinatie zijn van stengel en blad, worden ook wel "fronds" genoemd. In doorsnede variëren de fronds tussen 2 en 10 mm. Net als veel waterplanten heeft eendekroos een hoog watergehalte, variërend van 87% tot 97%. Dit percentage is afhankelijk van de soort en de groeiomstandigheden [STOWA, 1992a, waarin diverse literatuurbronnen worden genoemd].

Het gehalte organische verbindingen en de gloeirest van eendekroos staat weergegeven in tabel 2.1. Het betreft hier ranges die zijn afgeleid uit internationale literatuur [STOWA, 1992a, tabel 5, waarin diverse literatuurbronnen worden genoemd] en die daarom niet per se representatief zijn voor de situatie in Nederland.

In vergelijking met terrestrische planten zijn de gehalten aan eiwit, koolhydraten en vetten relatief hoog. Het vezelgehalte is in verhouding vrij laag [Culley en Epps, 1973].

Om een indicatie te geven van de gehalten van stikstof, fosfor en kalium in kroos worden in tabel 2.2 resultaten gepresenteerd van een analyse van eendekroos uit enkele sloten in de Krimpenerwaard [Corporaal en van Houwelingen, 1996].

Tabel 2.1 Gehalte organische verbindingen en gloeirest van eendekroos¹⁾

Component	Gehalte (g/kg drogestof) of percentage
Eiwit	68 - 450
Koolhydraten	141 - 436
Vet	18 - 92
Vezels	57 - 162
Gloeirest	8,0 - 27,6%

¹⁾ [STOWA, 1992a]

Tabel 2.2 Gehalten fosfor, stikstof en kalium in eendekroos uit enkele sloten in de Krimpenerwaard¹⁾

Element	Gehalte in eendekroos (g/kg drogestof)		
	Monster 1	Monster 2	Monster 3
Fosfor	7,6	5,9	5,9
Stikstof	31,5	23,0	19,6
Kalium	36,8	28,9	28,2

¹⁾ [Corporaal en van Houwelingen, 1996]

2.1.2 Kenmerken van Grote kroosvaren

Grote kroosvaren (*azolla filiculoides*) bestaat uit een korte vertakte stengel met worteltjes. Op de stengels zitten kleine, elkaar overlappende blaadjes. De plantjes zijn meestal enkele centimeters lang. In tabel 2.3 worden voor de Grote kroosvaren de gehalten gegeven aan organische verbindingen en gloeirest [STOWA, 1992a, p. 25, waarbij diverse literatuurbronnen worden genoemd]. In vergelijking met terrestrische planten zijn de gehalten eiwit, koolhydraten en vet vrij hoog, en ligt het gehalte vezels nogal laag [National Academy of Sciences, 1976]. Het watergehalte van kroosvaren ligt op 95 à 97% [STOWA en Provincie Utrecht, 1997].

Tabel 2.3 Gehalte organische verbindingen en gloeirest van Grote kroosvaren¹⁾

Component	Gehalte (g/kg drogestof) of percentage
Eiwit	130 - 234
Koolhydraten	64 - 610
Vet	44 - 63
Vezels	95 - 245
Gloeirest	9,7 - 23,8%

¹⁾ [STOWA, 1992a]

2.2 Microverontreinigingen in kroos

2.2.1 Kroos uit watergangen

Kroos is goed in staat om allerlei elementen te accumuleren [Landolt en Kandeler, 1987]. In een verontreinigde omgeving leidt dit tot ophoping van zware metalen en organische microverontreinigingen. Het gehalte van een aantal zware metalen en organische microverontreinigingen in eendekroos staat weergegeven in tabel 2.4. Daarbij zijn ook bereiken aangegeven en voor een aantal metalen de mediaanwaarde. Deze medianen wordt in paragraaf 4.2.3 gebruikt voor het toetsen aan kwaliteitsnormen voor compost.

De analyseresultaten in tabel 2.4 zijn afkomstig van metingen in elf gebieden in Zuid-Holland en één in Utrecht. Het gaat om eendekroos uit watersystemen met een lichte tot matige verontreiniging van water en waterbodem (klasse 2 en 3). Een uitzondering wordt hierbij gemaakt voor gebied 1 (Lopikerwaard) en gebied 11 (Hoogheemraadschap van Rijnland). Voor de eerste is de waterkwaliteit niet bekend en voor de tweede zijn zowel water- als waterbodemkwaliteit onbekend. De verschillende gebieden zijn vermeld in tabel 2.5.

Metalen

De gemeten bereiken zijn vaak erg groot. Dit komt meestal door een enkele - hoge - uitschieter. Een algemeen toetsingskader voor de verontreiniging met metalen is niet beschikbaar. Aangezien een groot deel van het kroos in de waterbodem terecht komt, ligt het nog het meest voor de hand om te toetsen aan de normen voor waterbodem [Tweede Kamer der Staten Generaal, 1994]. Wanneer hieraan, overigens zonder correctie voor lutum en organisch stof, wordt getoetst blijken alle bovengenoemde mediaanwaarden onder de streefwaarde te liggen (in waterbodemtermen: klasse 0, geen verontreiniging). Eventuele uitschieters kunnen bij arseen, kwik en zink af en toe zorgen voor een geringe verontreiniging.

Organische microverontreinigingen

Over de gehalten aan organische microverontreinigingen in kroos zijn weinig gegevens beschikbaar. Wanneer deze summier gegevens worden getoetst aan de normen voor waterbodemkwaliteit blijkt dat de waarde voor Som 10 PAK ligt tussen de grenswaarde (1.000 µg/kg d.s.) en de toetsingswaarde (10.000 µg/kg d.s.). In waterbodemtermen is dit klasse twee, dat wil zeggen lichte verontreiniging. De waarde voor som 7 PCB ligt ver onder de toetsingswaarde van 200 µg/kg d.s. In dit geval is hoogstens sprake van lichte verontreiniging. Bij Endosulfan is niet duidelijk welke vorm het betreft, dit kan α- of β-Endosulfan zijn, daarom wordt toetsing aan de waterbodemnorm achterwege gelaten. De verschillende HCH-verbindingen zitten onder of rond de toetsingswaarde van 20 µg/kg d.s., zodat gesproken kan worden van lichte tot matige verontreiniging. Samenvattend kan worden gesteld dat bij toetsing aan de waterbodemnormen het kroos overwegend licht verontreinigd is met organische microverontreinigingen (in waterbodemtermen: klasse 2).

Tabel 2.4 Gemiddeld drogestofgehalte, gloeirest en concentratie zware metalen en organische microverontreinigingen in eendekroos in een aantal gebieden in Zuid-Holland en Utrecht¹⁾

Stof/ parameter	Gemiddelde concentratie per gebied ¹⁾											Bereik	Medi- aan ²⁾
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
<u>Algemene parameters</u>													
Drogestof (%)	3,9	5,2	4,7	4,2			7,1	4,5			3,3	3,3-7,1	
Gloeirest (%)											10,6		
<u>Metalen (mg/kg drogestof)</u>													
Aluminium						390					99	99-390	
Arseen	5	5,7	17,5	3,1	3,2	2	4	9	0,5	2	2,1	0,5-17,5	3,2
Barium				73									
Beryllium				<1									
Cadmium	<0,8	0,2	0,6	0,2	0,43	<0,1	0,19	0,2	<0,1	<0,1	0,6	<0,1-<0,8	0,2
Chroom	<3	2,1	4,6	3,3	1,7	7	6	4	3,2	4	1,4	1,4-7	3,3
Kobalt				1,6									
Koper	4	6,9	12	4,8	5,2	2	16,7	6,4	6	3	12	2-16,7	6,0
Kwik	0,09	<0,1	0,2	0,08	0,1	<0,1	0,17	<0,1	0,5	<0,1	<0,1	0,09-0,5	<0,1
Lood	8	0,7	5,6	<1	4,8	11	8,8	3	6,6	7	23	0,7-23	6,6
Mangaan			7.050	3.530	5.070							3.530-7.050	
Molybdeen		2,5		<2		1					1,5	1-2,5	
Nikkel	7	7,3	9	3	10,5	2	6	6,6	6,2	1	5,9	1-10,5	6,2
Seleen				<1									
Tellurium				<3									
Titanium				<20									
Tin				<10									
Vanadium		8,7		2,8		4				5		2,8-8,7	
Zink	59	38	64	42	77,6	20	562	113	44	32	143	20-562	59
Zilver											0,6		
<u>Organische microverontreinigingen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ drogestof)³⁾</u>													
Som 10 PAK	1.760										5.518	1.760-5.518	
Som 7 PCB											9,5		
Endosulfan	<20				5						<1,6	<1,6-<20	
α -HCH	<3				0,9						<1	0,9-<3	
β -HCH	<30				5,2						1,2	1,2-<30	
γ -HCH	<30				1,4						11,2	1,4-<30	

1) Zie tabel 2.5 voor gebieden, aantal monsters per gebied en referenties

2) Het betreft hier de mediaan van de gemiddelden en niet van de individuele waarden. De mediaanwaarden van een aantal metalen worden gebruikt bij toetsing aan kwaliteitsnormen voor compost in paragraaf 5.2.

3) Zie voor overige organische microverontreinigingen ook bijlage 2

Tabel 2.5 Gebieden, bodemgebruik, aantal monsterpunten per gebied, en referenties bij tabel 2.4

Gebied-nummer	Omschrijving	Landgebruik	Aantal monsterpunten	Referentie
1	Lopikerwaard	weidegebied	1	[BKH Adviesbureau, 1995]
2	De Waarden	weidegebied	7	[Projectgroep integratie milieumetingen, 1990]
3	De Eilanden	akkerbouw	7	[Projectgroep integratie milieumetingen, 1989]
4	Bollenstreek	tuinbouw	5	[Projectgroep integratie milieumetingen, 1988]
5	Centrale Droogmakerij	akkerbouw	10	[Projectgroep integratie milieumetingen, 1987b]
6	Bodegraven Noord	weidegebied	2	[Projectgroep integratie milieumetingen, 1987a]
7	Westland	tuinbouw	7	[Projectgroep integratie milieumetingen, 1991]
8	Drechtstedengebied	gemengd	7	[Projectgroep integratie milieumetingen, 1992]
9	Tussengebied	gemengd	5	[Projectgroep integratie milieumetingen, 1993]
10	Midden Delfland	weidegebied	3	[Projectgroep integratie milieumetingen, 1987a]
11	Rijnland	akkerbouw/ boomteelt	5	[Hoogheemraadschap van Rijnland, zie bijlage 2]

2.2.2 Kroos uit depots

Tijdens het onderzoek naar verwerkingsmogelijkheden van kroos bleek dat weinig bekend was over de verontreiniging van gecomposteerd kroos met metalen, terwijl dit bij de afzet van de compost een belangrijk kwaliteitscriterium is vanuit het Besluit kwaliteit en gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM) [Ministerie van LNV, 1992].

Om een indruk te krijgen van de aard en omvang van deze verontreiniging zou gecomposteerd kroos geanalyseerd moeten worden. Het bleek evenwel dat in de praktijk ongemengd, volledig gecomposteerd kroos nagenoeg niet te vinden is. Bij het volledig gecomposteerde eindproduct is vrijwel altijd sprake van menging met ander plantaardig materiaal. Daarom is er voor gekozen om monsters te analyseren van kroos uit depots. In een aantal van deze depots wordt kroos in ongemengde vorm tijdelijk opgeslagen in afwachting van verdere verwerking en is sprake van enige spontane compostering van het materiaal.

Er zijn vijf mengmonsters genomen uit depots voor kroos in de Provincie Noord- en Zuid-Holland, waarvan het duidelijk was dat het ging om ongemengd, enigszins gecomposteerd eendekroos. In tabel 2.6 wordt een overzicht gegeven

van monsterdata, monsterlocaties, het beheersgebied waar de monsterlocatie is gelegen en de tijd die het kroos in het depot heeft gelegen. Per locatie zijn vijf individuele monsters van circa 0,5 kilo genomen, die nog dezelfde dag naar het laboratorium zijn getransporteerd. Het ging in alle gevallen om eendekroos. In het laboratorium werden porties van de individuele monsters samengevoegd tot een mengmonster. Dit mengmonster werd door het laboratorium BCO geanalyseerd op het zogenaamde BOOM-pakket: drogestof, gloeirest, arseen, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, nikkel, zink en fosfor.

De resultaten van de analyse staan in tabel 2.7. Directe toetsing van deze waarden aan de normen uit BOOM is niet zinvol, omdat het kroos nog lang niet volledig is gecomponeerd. Met de "aangepaste Duitse methode" (zie bijlage 4) kan echter het verwachte gehalte voor gecomponeerd kroos worden bepaald. Voor deze methode worden mediaanwaarden gebruikt, om het effect van uitschieters te reduceren. De resultaten van deze berekening en de toetsing aan de normen van BOOM staan in paragraaf 4.3.2.

Tabel 2.6 Monsterdata, monsterlocaties en tijd dat het eendekroos in het depot heeft gelegen

Meng-monster-nummer	Monsterdatum (1995)	Beheersgebied	Monsterlocatie	Tijd in depot (weken)
1	8 november	Hoogheemraadschap Delfland, District Pijnacker	Bovenvaart	3
2	9 november	Hoogheemraadschap Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	Streefkerk	6
3	9 november	Hoogheemraadschap Amstel en Vecht	Uithoorn	3
4	9 november	Waterschap De Gouwelanden	Bodegraven	1
5	10 november	Waterschap De Waterlanden	Oosthuizen	6

2.3 Verontreiniging van eendekroos in relatie tot milieukwaliteit

Wanneer kroos verwijderd moet worden, zou het gemakkelijk zijn als de kwaliteit van het water en de waterbodem een betrouwbare aanwijzing is voor de verontreiniging van het kroos. Dan kunnen wellicht - uitgebreide - analyses van het kroos achterwege blijven.

Voor zware metalen zijn voldoende gegevens beschikbaar om de verhouding tussen concentratie in het milieu en in kroos nader te bekijken. Voor organische microverontreinigingen is de hoeveelheid informatie onvoldoende.

In tabel 2.8 wordt voor een aantal gebieden de verhouding weergegeven tussen de gemiddelde concentratie van zware metalen in kroos en in het water. Voor kroos is het gehalte per kg drogestof omgerekend naar de concentratie in water. Dit is gebeurd op basis van een gemiddeld watergehalte van eendekroos van 95%, een waarde die is afgeleid uit praktijkonderzoek in Nederland [STOWA en Provincie Utrecht, 1997].

Tabel 2.7 Drogestofgehalte, gloeirest en gehalte aan metalen van eendekroos uit depots

Stof	Gehalte per locatie					Mediaan
	1. Boven- vaart	2. Streef- kerk	3. Uit- hoorn	4. Bode- graven	5. Oost- huizen	
<u>Algemene parameters</u>						
Drogestof (%)	6	6	6	8	10	6
Gloeirest (%)	25	22	25	25	49	25
<u>Metalen (mg/kg drogestof)</u>						
Arseen	4	5	13	6	3	5
Cadmium	<0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	<0,3
Chroom	4	< 3	4	4	5	4
Koper	11	4	9	11	10	11
Kwik	0,07	0,07	0,06	0,10	0,18	0,07
Lood	12	7	10	23	16	12
Nikkel	4	6	3	7	6	6
Zink	130	47	120	180	170	130

De verhouding tussen de gemiddelde concentratie in kroos en in de waterbodem wordt weergegeven in tabel 2.9. Gebied 11 wordt hierbij niet meegenomen, omdat de gegevens over water en waterbodemkwaliteit niet beschikbaar zijn.

Voor de zware metalen die genoemd worden in de tabellen geldt dat de gemiddelde verhouding kroos/water ligt tussen 57 en 174, afgezien van zink. In dit geval is de verhouding kroos/water 322. Bij alle metalen is er sprake van enkele uitschieters naar boven. De gemiddelde verhouding kroos/waterbodem varieert tussen 0,1 en 1,3. Ook hier komen bij alle metalen soms uitschieters naar boven voor.

Bij de verhoudingen tussen kroos en water(bodem) dient te worden opgemerkt dat het kroos dat op een bepaalde plek wordt bemonsterd, daar recent terecht gekomen kan zijn vanuit een andere watergang. In zo'n geval kan de gevonden verhouding in concentraties een vertekend beeld geven. Er wordt evenwel aangenomen dat deze situatie niet vaak optreedt en dat eventueel recent aangevoerd kroos toch in globaal dezelfde milieu-omstandigheden heeft verkeerd (namelijk hetzelfde poldersysteem). Een uitzondering vormen watergangen bij gemalen, waar kroos uit een relatief groot gebied kan ophopen.

Op grond van de resultaten kan worden geconcludeerd dat in kroos een duidelijke ophoping van zware metalen plaatsvindt in verhouding tot de concentratie in het water.

Gezien de grote spreiding in de verhoudingen kan echter op basis van gehalten zware metalen in water of waterbodem het gehalte in eendekroos niet met voldoende betrouwbaarheid worden voorspeld.

Tabel 2.8 *Verhouding tussen gemiddelde concentraties van zware metalen in eendekroos ($\mu\text{g/l}$ op basis van een watergehalte van 95%) en in water ($\mu\text{g/l}$)*

Stof	Gebied ¹⁾										Gemiddeld
	1 ²⁾	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Arseen		95	228	69	32	53	48	207	11	21	85
Cadmium		53	398	212	424	5	201	212	53	5	174
Chroom		16	32	583	16	186	69	413	58	42	157
Koper		21	111	95	138	27	239	117	106	21	97
Kwik		90	355	53	53	16	180	90	530	0	152
Lood		11	133	5	90	292	148	318	175	74	138
Nikkel		32	143	58	48	53	27	90	37	21	57
Zink		143	996	249	260	95	366	599	117	74	322

¹⁾ Zie tabel 2.5 voor gebieden en referenties

²⁾ Geen gegevens over waterkwaliteit beschikbaar

Tabel 2.9 *Verhouding tussen gemiddelde concentraties van zware metalen in eendekroos (mg/kg d.s.) en in waterbodem (mg/kg d.s.)*

Stof	Gebied ¹⁾										Gemiddeld
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Arseen	0,3	0,5	1,9	0,6	0,3	0,1	0,5	0,7	0,0	0,2	0,5
Cadmium	0,3	0,2	2,7	0,4	0,8	0,1	0,3	0,5	0,1	0,1	0,6
Chroom	0,1	0,0	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Koper	0,1	0,2	0,9	0,4	0,5	0,1	0,9	0,3	0,3	0,1	0,4
Kwik	0,2	0,6	3,3	0,1	0,3	0,3	1,5	0,5	5,0	0,0	1,3
Lood	0,0	0,0	0,5	0,0	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
Nikkel	0,2	0,2	0,6	0,4	0,2	0,0	0,5	0,3	0,6	0,0	0,3
Zink	0,1	0,3	1,3	0,5	0,5	0,1	2,0	1,1	0,4	0,3	0,7

¹⁾ Zie tabel 2.5 voor gebieden en referenties

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de methoden die mogelijk worden geacht om kroos te verwerken en eventueel reeds worden toegepast. Deze methoden worden in hoofdstuk 4 beoordeeld met behulp van een aantal criteria.

Waar mogelijk wordt op basis van de enquête onder waterbeheerders (bijlage 1) of contacten met bedrijven en instanties (bijlage 3) aangegeven in hoeverre de verwerkingsmethode in de praktijk reeds wordt toegepast.

Uit de enquête bleek dat bij 81% van de waterschappen kroos wordt verwijderd, met name bij gemalen (75% van de waterschappen) en in hoofdwatgangen (59%). Slechts 19% van de waterbeheerders geeft aan het kroos apart verder te verwerken. Bij 60% wordt dit gemengd met ander (sloot- of berm)-materiaal verder verwerkt.

De verwijdering van het kroos vindt meestal plaats met een krooshekreiniger of een grijper. Door het loonbedrijf Firma Blokland (Stolwijk) is een apparaat ontwikkeld dat specifiek is gericht op het verwijderen van kroos uit poldersloten (zie foto 3.1).

3.1 Verspreiden op het land

Kroos kan (direct) na verwijdering uit het water over gras- of akkerland worden verspreid (zie foto 3.2). Op deze wijze is het mogelijk het materiaal af te zetten in de directe omgeving, hetgeen logistiek zeer aantrekkelijk is. Het kroos zal een bemestende en wellicht ook grondverbeterende invloed hebben op het land [Corporaal en van Houwelingen, 1996].

Uit de enquête komt naar voren dat bij 19% van de waterbeheerders het verwijderde kroos wordt verspreid op het land (naast eventuele andere verwerkingsmethoden).

3.2 Composteren

Bij compostering wordt het goed afbreekbare deel van organisch materiaal door aërobe micro-organismen omgezet. Dit leidt tot een behoorlijke reductie in het volume omdat de warmteproductie tijdens het proces zorgt voor de verdamping van een groot deel van het water in het kroos. Daarnaast treedt volumereductie op doordat een deel van de organische stoffen wordt omgezet in gasvormige verbindingen. Het eindproduct van de compostering, de compost, wordt toegepast als bodemverbeteraar.

Compostering kan plaatsvinden op kleine schaal, bijvoorbeeld in hopen van enkele kubieke meters, die regelmatig worden omgezet. In dat geval duurt de compostering minimaal enige maanden. Voor compostering bestaan ook grote installaties, waar vele honderden tonnen tegelijk kunnen worden verwerkt. Bij zulke installaties kan een bepaald organisch materiaal afzonderlijk worden gecomposteerd. Het kan ook gemengd worden met ander organisch afval om het composteringsproces beter te laten verlopen.



Foto 3.1 Apparaat om kroos te verwijderen van Loonbedrijf Firma Blokland uit Stolwijk [Corporaal en van Houwelingen, 1996]



Foto 3.2 Verspreiden van Kroos op het land [Corporaal en van Houwelingen, 1996]

In een installatie duurt het composteringsproces zo'n vier tot acht weken [van Lierop e.a., 1991]. Op plaatsen waar dit relevant is, zal in de tekst verschil worden gemaakt tussen composteren op kleine schaal en op grote schaal.

Uit de enquête blijkt dat bij 47% van de waterbeheerders die kroos verwijderen dit, al dan niet gemengd met ander organisch materiaal, wordt gecomposteerd. Uit de enquête is niet af te leiden of dit composteren op grote of kleine schaal plaatsvindt.

3.3 Vergisten

Bij vergisting wordt in een tank, onder zuurstofloze omstandigheden, door micro-organismen het goed afbreekbare deel van organisch materiaal omgezet in gasvormige verbindingen. Het grootste deel van deze gasvormige verbindingen, te samen "biogas" genoemd, bestaat uit methaan en kooldioxide. Het methaan vormt een energiebron, bijvoorbeeld voor warmte- of elektriciteitsopwekking. De vaste reststof van vergisting ondergaat eerst ontwatering en daarna een aërobe "na"compostering. Bij deze nacompostering worden organische verbindingen afgebroken, die onder anaërobe omstandigheden niet gemakkelijk omgezet konden worden. Het proces van vergisten neemt zo'n twee à drie weken in beslag, de nacompostering vier tot acht weken.

Er zijn twee verschillende methoden bekend voor vergisten: het natte en het droge systeem. Bij het natte systeem vindt vergisting plaats in twee gescheiden reactortanks, een verzurings- en een methaantank, die continu worden gevoed met vers materiaal. Bij het droge systeem gaat het om één reactor en kan de voeding zowel continu als batchgewijs gebeuren. De vergistingstechniek is minder ver ontwikkeld dan de composteringstechniek, althans wat betreft de toepassing in grote installaties [van Lierop e.a., 1991].

Waar relevant zal in de tekst onderscheid worden gemaakt tussen het nat en droog vergisten.

Uit de enquête onder waterbeheerders en de contacten met bedrijven en instanties is duidelijk geworden dat er nog geen praktische ervaring bestaat met het vergisten van kroos.

3.4 Voeren aan vee

Plantenmateriaal kan op twee manieren als veevoeder worden toegepast. De eerste mogelijkheid is als nat veevoeder. Dat willen zeggen, direct na het verzamelen. De tweede manier is om het materiaal droog te conserveren en op een later tijdstip te voederen aan het vee.

Er wordt aangenomen dat het drogen van het kroos plaatsvindt bij de veevoederfabriek. In de tekst zal op de relevante plaatsen verschil worden gemaakt tussen het toepassen als nat of droog veevoer.

Noch uit de enquête, noch uit de contacten met bedrijven en instanties blijkt dat in Nederland kroos als veevoeder wordt toegepast.

3.5 Verbranden

Organisch materiaal kan in een afvalverbrandingsinstallatie verwerkt worden, waarbij de vrijkomende energie eventueel kan worden toegepast voor elektriciteitsopwekking.

Op grond van de enquête en contacten met bedrijven en instanties wordt geconcludeerd dat verbranding van kroos in Nederland niet voorkomt.

3.6 Storten

Plantaardig materiaal kan als afval op een stort worden gedeponerd, hetzij samen met ander afval, hetzij in een apart compartiment (voor organisch afval).

De resultaten van de enquête geven aan dat bij een groot deel van de waterbeheerders die kroos verwijderen, dit materiaal wordt gestort (56%).

4 BEOORDELING VAN VERWERKINGSMETHODEN

In dit hoofdstuk worden de verschillende verwerkingsmogelijkheden beoordeeld aan de hand van een aantal criteria. Deze beoordeling heeft voornamelijk betrekking op eendekroos, omdat over kroosvaren meestal niet voldoende gegevens beschikbaar zijn.

De criteria zijn in de volgende categorieën ingedeeld:

1. Logistiek.
2. Eigenschappen van het materiaal.
3. Milieubelasting bij verwerking.
4. Verwerkingskosten.

Bij de beoordeling van de verwerkingsmethoden wordt steeds vermeld in hoeverre de criteria van toepassing zijn.

Om eenheid te krijgen in de beoordelingen worden alle waarderingen (scores) weergegeven in semi-kwantitatieve vorm, namelijk zeer goed, goed, matig, slecht of zeer slecht. Het overzicht van alle scores en de totaalbeoordeling staat in tabel 4.6 en 4.7.

4.1 Logistiek

4.1.1 Criteria

De volgende criteria worden gehanteerd:

1. Kosten van transport en opslag.
2. Technische haalbaarheid van transport en opslag.

4.1.2 Kosten van transport en opslag

Omdat gewicht en volume de belangrijkste factor vormen in de kosten van vervoer en opslag, mag het drogestofgehalte van het materiaal niet te laag zijn. Bij voorkeur is dit minimaal 40%, anders wordt er naar verhouding te veel water en te weinig kroos vervoerd [diverse vervoerders (bijlage 3), pers. comm.]. Daarnaast geldt voor een aantal verwerkingsmethoden een minimum drogestofgehalte van 40% (zie paragraaf 4.2). Verdichten door persen en drogen zal de transportkosten kunnen verlagen, maar introduceert anderzijds extra kosten door het inzetten van de hiervoor benodigde installaties. Met het verhogen van het drogestofgehalte van kroos bestaat nauwelijks ervaring. Naar verwachting zal het veel moeite kosten om een gehalte van 40% drogestof of meer te krijgen [diverse verwerkers (bijlage 3), pers. comm.]

De kosten voor transport worden door de benaderde vervoerders (bijlage 3) op verschillende manieren berekend: per ton, per uur of zelfs per rit (binnen een bepaalde regio). De best bruikbare eenheid in dit kader is de prijs per ton voor een rit binnen een regio (maximale rij-afstand van enkele tientallen kilometers).

Dit criterium is van toepassing op alle verwerkingsmethoden.

De prijs per ton - regionaal - getransporteerd kroos blijkt nogal sterk te variëren, namelijk van minimaal f10,- tot maximaal f100,-. Naarmate het watergehalte van kroos lager is, worden uiteraard de kosten per ton drogestof (waar het eigenlijk om gaat) ook lager.

De score voor dit criterium is matig voor de verwerkingsmethoden die transport vereisen van slechts enkele kilometers (lokale afzet). Dit zijn: verspreiden op het land, kleinschalig composteren en nat voeren aan vee. Bij deze verwerkingsmethoden is geen omvangrijke opslagcapaciteit nodig.

Voor de overige verwerkingsmethoden is de score zeer slecht omdat het kroos vaak over grote afstand moet worden vervoerd en er waarschijnlijk flinke opslagcapaciteit nodig is.

4.1.3 Technische haalbaarheid van transport en opslag

In dit verband is het van belang of het kroos tijdens transport en opslag niet zodanig verandert dat het niet meer geschikt is voor bepaalde verwerkingsmethoden. Het criterium is van toepassing op alle verwerkingsmethoden.

In containers is vers kroos goed te transporteren, zonder dat dit negatief effect heeft voor de verwerkingsmethode [diverse vervoerders (bijlage 3, pers. comm.)]. Op dit onderdeel scoren alle verwerkingsmethoden zeer goed.

Uit de enquête (bijlage 1) blijkt dat 79% van de waterbeheerders die kroos verwijderen dit tijdelijk opslaan. De bewaartijd varieert van enkele dagen tot enkele jaren. Bij opslag die langer duurt dan enkele dagen of weken kan, afhankelijk van de temperatuur, afbraak zo omvangrijk worden dat hierdoor de volgende verwerkingsmethoden niet meer mogelijk zijn:

- composteren (materiaal is na anaërobe afbraak niet meer goed composteerbaar vanwege geringe porositeit); de score is matig;
- voeren aan vee; het materiaal wordt al zeer snel ongeschikt als veevoeder, o.a. vanwege bacteriën en schimmels; door bijzondere maatregelen, zoals inkuilen of drogen is opslag wel haalbaar; de score is slecht.

De opslag gedurende langere tijd, d.w.z. weken tot maanden, levert voor de andere verwerkingsmethoden geen problemen op. Een nadeel is wel dat tijdens de langdurige opslag emissies naar het milieu plaats vinden in de vorm van verontreinigd percolatiewater en biogas. Deze emissies zijn echter niet zo groot en vrij eenvoudig te voorkomen (zie paragraaf 4.3). De score is daarom voor de overige verwerkingsmethoden goed.

4.2 Eigenschappen van het materiaal

4.2.1 Criteria

Bij deze categorie van criteria wordt gekeken naar eigenschappen van het kroos die van belang zijn voor de verschillende verwerkingsmethoden.

De toegepaste criteria zijn:

1. Drogestofgehalte.
2. Gehalte aan microverontreinigingen.
3. Nutriëntengehalte.
4. Gehalte aan macroverontreinigingen.
5. Biologische afbreekbaarheid.
6. Voedingswaarde.
7. Verbrandingswaarde.

4.2.2 Drogestofgehalte

Het criterium drogestofgehalte is van belang voor alle verwerkingsmethoden.

Verspreiden op het land

Het materiaal moet mechanisch te verspreiden zijn op het land met een mestverspreider, hetgeen onder meer afhangt van de consistentie van het materiaal ("slap" of "stevig"). Deze wordt onder meer bepaald door het drogestofgehalte [van Houwelingen van Regionaal Onderzoekscentrum Zegveld, pers. comm.].

Het lage gehalte aan drogestof van vers kroos vormt geen beletsel voor de verspreiding met een mestverspreider. Uit een praktijkproef op grasland bleek het kroos bij een lage gift (tot circa 1500 kg d.s./ha) vrij snel weg te zakken tussen het gras. Bij hoge gift (tot circa 2300 kg d.s./ha.) was de bedekking in eerste instantie hoog. Onder andere onder invloed van regenval zakt ook dit kroos vrij snel tussen het gras [Corporaal en van Houwelingen, 1996].

De score is zeer goed.

Composteren

Het te composteren materiaal dient een drogestofgehalte te bezitten van ongeveer 40%, omdat anders de porositeit van het materiaal te laag is. Onder porositeit wordt de onderling verbonden ruimte in het materiaal verstaan, waardoor lucht kan worden getransporteerd.

Bij een drogestofgehalte lager dan 40% is de porositeit van het materiaal veelal dermate laag dat de toevoer van zuurstof ontoereikend wordt, waardoor het afbraakproces kan omslaan van aëroob naar anaëroob. Daarnaast zorgt hoge porositeit voor een goede afvoer van waterdamp en warmte uit het composteringsmateriaal.

Vers kroos, met een drogestofgehalte variërend van 3 tot 13%, is te nat om direct te kunnen composteren. Daarvoor moet het drogestofgehalte via persen

of drogen worden verhoogd naar minimaal 40%.

Overigens kan de beluchting van het composterende materiaal, bij een relatief hoog vochtgehalte en de soms slechte structuur van het te composteren materiaal, bevorderd worden door structuurmateriaal in de vorm van houtsnippers of grove resten van reeds gecomposteerd materiaal toe te voegen [van Lierop e.a., 1991].

De score voor dit criterium is slecht.

Vergisten

Voor de natte vergisting moet het materiaal een laag drogestofgehalte hebben, bij voorkeur 5 á 10% [Schultz van firma Paques (bijlage 3)], pers. comm.]. Aangezien dit het geval is bij kroos, is de score zeer goed. Overigens kan een te hoog drogestofgehalte gemakkelijk worden gecorrigeerd door het toevoegen van proceswater.

Voor droge vergisting moet het drogestofgehalte hoger zijn dan 40% [Samenwerkingsverband Midden-Brabant (bijlage 3) pers. comm.]. Om dit te bereiken moet kroos intensief ontwaterd worden. De score is derhalve slecht.

Voeren aan vee

Voor het droog voeren aan vee, na conservering van het materiaal, is een drogestofgehalte van 88% ideaal. Om dit te realiseren bij kroos moet het intensief worden gedroogd. Daarom is de score hier zeer slecht.

Bij direct nat voeren is het drogestofgehalte niet van groot belang [diverse verwerkende bedrijven (bijlage 3), pers. comm.]. De score is zeer goed.

In principe zou het kroos ook nog kunnen worden ingekuuld voordat het wordt gevoerd aan het vee. Daarvoor moet wel eerst het drogestofgehalte flink worden verhoogd. Bij het inkuilen van gras wordt een drogestofgehalte van 35% als richtlijn genomen. Bij een lager droge stofgehalte zal de - voor conservatie noodzakelijke - verzuring niet snel genoeg inzetten, waardoor rotting op gaat treden. Dit kan worden ondervangen door zuur toe te voegen of suikers die snel in zuren kunnen worden omgezet. In dat geval is inkuilen van gras met een drogestofgehalte van zo'n 25% ook mogelijk.

Verbranden

In het algemeen geldt dat het materiaal niet te veel vocht mag bevatten. Strikte grenzen voor acceptatie worden niet gehanteerd, omdat de mogelijkheid tot verbranden samenhangt met de mate van menging met andere materialen. Uiteindelijk moet wel een - al dan niet gemengde - grondstof beschikbaar zijn met een drogestofgehalte van minimaal 50% [VEABRIN, 1990; diverse verwerkers (bijlage 3), pers. comm.].

In dit kader wordt de grens gesteld op minimaal 40% drogestof, een eis die ook wordt gesteld vanuit logistiek en andere verwerkingsmethoden (composteren, droog vergisten en storten). Dit houdt dus in dat het kroos voor het verbranden nog in enige mate moet worden gemengd met beter brandbaar materiaal, zodat

een drogestofgehalte van circa 50% wordt bereikt. Er wordt aangenomen dat dit in de praktijk geen probleem oplevert.

Om een drogestofgehalte van 40% te bereiken moet het kroos intensief ontwaterd worden. De score is slecht.

Storten

Er wordt aangenomen dat het drogestofgehalte hoger moet zijn dan 40%. Dit is afgeleid van het gegeven dat bij het storten van slibben een minimum drogestofgehalte van 35% wordt aangehouden [Ministerie van VROM, 1993]. Het materiaal is dan "steekvast", en goed te bewerken met machines. Verder is onder deze omstandigheden de kans op verzakking of afschuiving in het stort gering. Om een drogestofgehalte van 40% te realiseren moet het kroos intensief worden ontwaterd. Derhalve is de score slecht.

4.2.3 Gehalte aan microverontreinigingen

Het gaat hier met name om metalen, omdat bij enkele verwerkingsmethoden daarvoor normen zijn opgesteld. Organische microverontreinigingen blijven buiten beschouwing, omdat daar met betrekking tot de verwerkingsmethoden geen normen voor zijn.

Het criterium is van toepassing bij de volgende verwerkingsmethoden:

- verspreiden op het land;
- composteren;
- vergisten;
- voeren aan vee.

Verspreiden op het land

Wanneer het kroos te veel microverontreinigingen bevat kan dit risico's opleveren voor vee of gewas. Het is evenwel niet bekend hoeveel van een eventuele microverontreinigingen in kroos terecht komen in gewas of vee. Toetsing van dit criterium levert daarom de score onbekend op (een vraagteken op in tabel 4.6).

Composteren/vergisten

Gecomposteerd kroos moet voldoen aan de eisen zoals gesteld in het Besluit kwaliteit en gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM) [Ministerie van LNV, 1992]. Dit geldt ook voor het kroos dat na vergisting wordt gecomposteerd.

Het BOOM stelt regels omtrent de kwaliteit van zuiveringsslib, compost en zwarte grond bij het verhandelen en het gebruik hiervan. Het besluit heeft tot doel de belasting van de bodem door met name zware metalen en arseen gefaseerd in de tijd te verminderen. Hierbij wordt gestreefd naar een evenwichtssituatie in het jaar 2000, waarbij de toevoer van deze bestanddelen naar de bodem de afvoer ervan met het geoogste produkt niet overschrijdt.

Er wordt in het BOOM onderscheid gemaakt in twee soorten compost, waarvoor verschillende normen gelden (tabel 4.1):

- compost;
- zeer schone compost.

Omdat uit de praktijk geen gegevens bekend zijn over gehalten aan metalen in gecomposteerd kroos, worden deze berekend met behulp van de, door BKH aangepaste, Duitse methode (zie bijlage 4). Hierbij worden de gehalten in het uitgangsmateriaal met behulp van een "indikkingsfactor", omgerekend naar gehalten in compost, uitgaande van een standaard compost met 70% gloeirest [Kehres, 1995]. De indikkingsfactor wordt bepaald door de gloeirest van de standaardcompost te delen door de (mediaanwaarde) gloeirest van het uitgangsmateriaal.

Tabel 4.1 Maximaal toegestane gehalten van microverontreinigingen in compost en zeer schone compost [Ministerie van LNV, 1992]

Stof	Maximaal toegestane gehalten, op basis van tenminste 20% drogestof (mg/kg drogestof)	
	Compost	Zeer schone compost
Arseen	15	5
Cadmium	1	0,7
Chroom	50	50
Koper	60	25
Kwik	0,3	0,2
Lood	100	65
Nikkel	20	10
Zink	200	75

In de praktijk zijn er slechts summiere gegevens bekend over de gloeirest van vers kroos in Nederland (slechts één waarde in tabel 2.4). Hieruit kan geen betrouwbare mediaanwaarde worden afgeleid. Daarom wordt in dit geval gekozen voor de gemiddelde gloeirest, afgeleid uit het bereik van gloeiresten zoals aangetroffen in de internationale literatuur (tabel 2.1). Dit gemiddelde is een gloeirest van 17,8%. De indikkingsfactor is in dat geval 3,93 (70% gedeeld door 17,8%). Met deze factor worden de gehalten in het uitgangsmateriaal vermenigvuldigd om de gehalten in compost te bepalen.

De resultaten van de berekeningen en toetsing voor vers kroos zijn vermeld in tabel 4.2.

Uit het onderzoek naar de verontreiniging van kroos in depots (paragraaf 2.2.2) is wel een meetreeks beschikbaar van gloeiresten. De mediaanwaarde hiervan is 25%. Aangezien het hier gaat om enigszins gecomposteerd kroos, waarvan het gehalte organisch stof is gedaald en dus de gloeirest is toegenomen, stemt deze mediaanwaarde goed overeen met de - gemiddelde - waarde die eerder is genomen voor vers kroos. De indikkingsfactor is in dit geval 2,8 (70% gedeeld door 25%). In tabel 4.3 staan de resultaten van de berekening en toetsing voor kroos uit depots.

Op basis van de toetsing van de berekende gehalten in gecomposteerd vers kroos (tabel 4.2) wordt geconstateerd dat de norm voor compost wordt overschreden voor nikkel en zink, terwijl voor kwik geen eenduidig oordeel valt te geven. Hierbij moet worden opgemerkt dat het gaat om kroos uit licht tot matig verontreinigde wateren.

Tabel 4.2 Normtoetsing van gecomposteerd eendekroos, met gehalten berekend op basis van analyseresultaten van vers kroos

Aspect	Gehalten en norm per stof (mg/kg drogestof)							
	Arseen	Cadmium	Chroom	Koper	Kwik	Lood	Nikkel	Zink
Mediaan gehalte in uitgangsmateriaal ¹⁾	3,2	0,2	3,3	6,0	<0,1	6,6	6,2	59
Gehalte na composteren ²⁾	12,6	0,79	13,0	23,6	<0,4	25,9	24,4	231,9
Norm voor compost ³⁾	15	1	50	60	0,3	100	20	200
Normoverschrijding	nee	nee	nee	nee	? ⁴⁾	nee	ja	ja

1) Mediaan concentraties in kroos, afkomstig uit tabel 2.4

2) Berekend volgens de methode in bijlage 4, met een indikkingsfactor van 3,93.

3) Normen uit het Besluit kwaliteit en gebruik Overige Organische Meststoffen (tabel 4.1)

4) Geen eenduidige uitspraak mogelijk.

Uit de toetsing van de berekende gehalten in gecomposteerd kroos uit depots (tabel 4.3) blijkt dat overschrijding van de norm optreedt voor zink.

Uit de resultaten van de verschillende berekeningen en toetsingen komt naar voren dat de - mediaan - gehalten van zink en nikkel in eendekroos soms te hoog liggen om te voldoen aan de norm voor compost. In geval van uitschieters (zie tabel 2.4) kan ook normoverschrijding optreden voor andere metalen.

Op het criterium microverontreinigingen scoort de verwerkingsmethode composteren matig.

Tabel 4.3 Normtoetsing van gecomposteerd kroos, met gehalten berekend op basis van analyseresultaten van kroos uit depots

Aspect	Gehalten en norm per stof (mg/kg drogestof)							
	Arseen	Cadmium	Chroom	Koper	Kwik	Lood	Nikkel	Zink
Mediaan gehalte in uitgangsmateriaal ¹⁾	5	<0,3	4,0	11	0,07	12	6,0	130
Gehalte na composteren ²⁾	14	<0,84	11,2	30,8	0,20	33,6	16,8	364
Norm voor compost ³⁾	15	1	50	60	0,3	100	20	200
Normoverschrijding	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	ja

1) Mediaan concentraties in kroos, afkomstig uit tabel 2.7

2) Berekend volgens de methode in bijlage 4, met een indikkingsfactor van 2,8.

3) Normen uit het Besluit kwaliteit en gebruik Overige Organische Meststoffen (tabel 4.1)

Voor de compostering die volgt na vergisting kan een beoordeling, zoals hierboven is uitgevoerd, niet plaatsvinden, omdat de kwaliteit van het vergistingsproduct niet bekend is. De score is daarom in dit geval onbekend (vraagteken in tabel 4.6).

Voeren aan vee

Wordt kroos, al dan niet gedroogd of anderszins voorbereid, zonder verdere menging gebruikt als veevoer, dan betreft het een enkelvoudig diervoeder en zijn de in tabel 4.4 vermelde normen van toepassing voor het eindproduct [Anoniem, 1994; Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 1992]. Daarnaast bestaan er richtwaarden voor veevoer, die zijn gehanteerd bij het vaststellen van de signaalwaarden van de Landbouw Advies Commissie, de zogenaamde LAC-waarden [Ministerie van LNV, 1991]. Wanneer voor een bepaalde stof geen veevoedernorm bestaat, wordt de richtwaarde voor de LAC-sigitaalwaarde als criterium gebruikt.

In tabel 4.5 worden de mediaanwaarden voor gehalten in eendekroos uit tabel 2.4 vergeleken met de normen en richtwaarden voor veevoer uit tabel 4.3. Aangezien bij de normen wordt uitgegaan van 88% drogestof, zijn de mediaanwaarden herleid naar dit drogestofgehalte.

Alleen voor het gehalte chroom in kroos vindt voor de mediaanwaarde overschrijding plaats van de norm, c.q. de richtwaarde die is gebruikt bij de vaststelling van de LAC - signaalwaarden. Daarnaast kunnen uitschieters in gehalten van arseen en kwik (zie tabel 2.4) in een enkel geval ook voor overschrijding van de normen zorgen.

De score voor voeren aan vee is voor het criterium microverontreinigingen in het algemeen matig.

Tabel 4.4 *Maximaal toegestane gehalten aan microverontreinigingen in enkelvoudig diervoeder*

Stof	Norm voor enkelvoudig diervoeder ¹⁾ (mg/kg veevoer met 88% drogestof)	Richtwaarde gehanteerd voor vaststellen van LAC-sigitaalwaarde ²⁾ (omgerekend naar mg/kg veevoer met 88% drogestof)
Cadmium	1	0,88
Chroom	-	1,76
Koper	-	17,6
Kwik	0,1	0,09
Lood	40	35,2
Zink	-	220
Arseen	4	1,76
Fluor	150	-

¹⁾ [Anoniem, 1994]

²⁾ [Ministerie van LNV, 1991]

Tabel 4.5 Toetsing van gehalten metalen in eendekroos aan de normen voor veevoeder

Aspect	Gehalten en norm per stof (mg/kg veevoer met 88% drogestof)						
	Arseen	Cadmium	Chroom	Koper	Kwik	Lood	Zink
Mediaan gehalte ¹⁾	2,8	0,18	2,9	5,28	<0,09	5,8	51,9
Norm voor veevoer ²⁾	4	1	1,76	17,6	0,1	40	220
Normoverschrijding	nee	nee	ja	nee	nee	nee	nee

¹⁾ Mediaangehalte afkomstig uit tabel 2.4, herleid naar 88% drogestof (hierop is normering gebaseerd)

²⁾ Norm voor enkelvoudig diervoeder of, indien deze norm niet bestaat, de richtwaarde voor veevoer gebruikt bij vaststelling LAC-sigitaalwaarden (tabel 4.4)

4.2.4 Nutriëntengehalte

De (planten)nutriënten die hier worden bedoeld zijn stikstof en fosfaat. Het criterium is van toepassing op de verwerkingsmethode verspreiden op het land.

Verspreiden op het land

In het kader van het mestbeleid wordt er naar gestreefd de fosfaat- en stikstofgift zodanig te beperken dat in het jaar 2000 een evenwichtssituatie wordt bereikt, waarbij de afvoer van nutriënten gelijk is aan de aanvoer [Tweede Kamer der Staten Generaal, 1993]. Naarmate het kroos meer stikstof en fosfaat bevat, kan er minder van verspreid worden op het land, tenzij sloot en land als één systeem worden gezien (dan blijven de nutriënten binnen het systeem en is er geen sprake van een extra gift).

Met betrekking tot fosfaat voor bouw-, maïs en grasland worden gebruiksnormen voor dierlijke mest en overige organische meststoffen genoemd van respectievelijk 125, 125 en 175 kg superfosfaat (P_2O_5 ; 55, 55 en 76 kg P) per hectare. Voor stikstof wordt op basis van de grondwaterdoelstelling aangegeven dat voor grasland op zandgrond een gift 150-350 kg stikstof per hectare in de rede ligt. Voor grasland op klei- en veenbodem is het nog moeilijk om een indicatie te geven. Voor bouwland ligt een gift van 150 kg stikstof per hectare in de rede en voor maïsland een gift van 50 kg stikstof per hectare [Tweede Kamer der Staten Generaal, 1993].

Kroosverspreiding van 580 tot 2330 kg d.s./ha., zoals toegepast in een praktijkproef, leidt respectievelijk tot een gift van 18,2 à 46,4 kg stikstof/ha, 4,6 à 14,9 kg fosfor/ha en 19,3 à 61,3 kg kalium/ha [Corporaal en van Houwelingen, 1996]. Dergelijke giften aan stikstof en fosfor leiden op zich niet tot overschrijding van de norm, maar kunnen wel een significant aandeel leveren in de belasting. Voor bedrijven met intensieve landbouw of veeteelt, die door mestgift al in de buurt komen van kritische grenzen voor nutriënten, kan extra bemesting in de vorm van kroos ongewenst zijn. In zo'n geval zou kroos de functie van vervangende meststof moeten krijgen.

Uit een onderzoek in Hong Kong is gebleken dat het gebruik van gedroogd eendekroos als organische mest een drievoudige vermeerdering van de opbrengst oplevert bij de teelt van Chinese kool [So, 1987].

De score is goed.

4.2.5 Macroverontreinigingen

Tot de macroverontreinigingen worden onder meer zwerfvuil gerekend, zoals plastic en hout, maar ook andere waterplanten. Bij dat laatste dient men vooral te denken aan draadalgen (flab) en waterplanten die veel in combinatie met kroos voorkomen, zoals *gedoornde hoornblad*, alsmede *waterpest*- en *fonteinkruid*-soorten [Corporaal en van Houwelingen, 1996; diverse verwerkers (bijlage 3)].

Het criterium wordt gehanteerd bij de volgende verwerkingsmethoden:

- verspreiden op het land;
- composteren;
- vergisten;
- voeren aan vee.

Verspreiden op het land

Het materiaal mag geen zwerfvuil bevatten en nauwelijks andere waterplanten. De andere waterplanten kunnen problemen veroorzaken bij de mechanische verwerking. Zo kunnen langgerekte planten rond het mechanisme van een mestverspreider gaan zitten, en zo voor verstopping zorgen. Ook kunnen de andere waterplanten leiden tot te veel bedekking van het grasland, omdat ze niet tussen de zode wegzakken [Corporaal en van Houwelingen, 1996; van Houwelingen van Regionaal Onderzoekscentrum Zegveld, pers. comm.].

Aangezien het kroos meestal weinig zwerfvuil bevat en vaak verwijderd kan worden zonder medeneming van andere waterplanten [eigen waarnemingen in het veld] is de score voor dit criterium goed.

Composteren/vergisten

Er mag in principe geen zwerfvuil voorkomen in het materiaal, een zeer geringe hoeveelheid vormt geen onoverkomelijk bezwaar [diverse verwerkende bedrijven (bijlage 3), pers. comm.].

De geringe hoeveelheid zwerfvuil die in het kroos voorkomt leidt voor composteren en vergisten tot de score zeer goed

Voeren aan vee

Een continue hoge kwaliteit vormt in dit kader een belangrijke voorwaarde. Dit betekent dat het materiaal absoluut geen zwerfvuil en geen andere waterplanten mag bevatten [diverse verwerkende bedrijven (bijlage 3), pers. comm.].

Omdat in de praktijk altijd wel sprake is van enige macroverontreiniging, wordt kroos in dit opzicht minder geschikt geacht als veevoer. De score voor dit criterium is daarom slecht.

4.2.6 Biologische afbreekbaarheid

Onder de biologische afbreekbaarheid wordt verstaan de mate waarin het materiaal kan worden omgezet door micro-organismen. De afbreekbaarheid van - organisch - materiaal is groter naarmate er meer gemakkelijk om te zetten verbindingen in voorkomen zoals suikers, eiwitten en vetten. Een hoog gehalte aan vezels zorgt er voor dat het materiaal minder goed (minder snel) afbreekbaar is [Brock, 1988].

Het criterium is van toepassing bij de onderstaande verwerkingsmethoden:

- verspreiden op het land;
- composteren;
- vergisten;
- storten.

Verspreiden op het land

Wanneer het materiaal gemakkelijk wordt afgebroken, heeft het waarschijnlijk minder negatief effect op aanwezig gewas, zoals gras.

Gezien de samenstelling van het kroos (zie tabel 2.1 en 2.3) kan worden uitgegaan van een uitstekende afbreekbaarheid. De score is daarom zeer goed.

Composteren

Naarmate het materiaal slechter afbreekbaar is, heeft composteren minder zin. Vanwege de goede afbreekbaarheid van kroos is de score zeer goed.

Vergisten

Een goede anaërobe afbreekbaarheid is gunstig bij het vergisten. Op basis van de samenstelling van het kroos wordt verwacht dat de afbreekbaarheid goed is. Dit wordt bevestigd door verschillende onderzoeken [o.a. Jain e.a., 1990]. Er bestaan echter ook onderzoeksresultaten die er op wijzen dat eendekroos slecht afbreekt onder anaërobe omstandigheden. Wellicht ontstaan bij de anaërobe afbraak hiervan polyfenolen, die de methanogenese remmen [Brouard e.a., 1982].

De score is goed.

Storten

Voor storten dient het materiaal een zo laag mogelijke biologische afbreekbaarheid te hebben. Op een stort leidt afbraak van organisch afval namelijk tot het ongewenste stortgas. Wanneer er te veel afbreekbaar materiaal aanwezig is, kan dit verzuring van het stort tot gevolg hebben, waardoor metalen gemakkelijker uitloggen [Ministerie van VROM, 1993].

Gezien de goede afbreekbaarheid van het kroos is de score hier zeer slecht.

4.2.7

Voedingswaarde

Dit criterium is van belang voor de verwerkingsmethoden verspreiden op het land en voeren aan vee.

Verspreiden op het land

In het geval van verspreiden op grasland mag het de kwaliteit van het gras en het graasgedrag van het vee niet negatief worden beïnvloed [van Houwelingen van Regionaal Onderzoekscentrum Zegveld, pers. comm.].

Uit een onderzoek waarbij kroos werd verspreid over grasland, met een maximale gift van 2300 kg drogestof per hectare, werd geen negatief effect waargenomen op de grasopbrengst en het graasgedrag van koeien. Verder bleek de concentratie van bepaalde stoffen in het gras enigszins toe te nemen. Dit gold voor ruw eiwit, kalium, fosfor, calcium en in een aantal gevallen voor nitraat. Hierbij was geen sprake van ontoelaatbare waarden [Corporaal en van Houwelingen, 1996].

De score is zeer goed.

Voeren aan vee

De voedingswaarde van organisch materiaal is hoger naarmate dit meer suikers, eiwitten en vetten bevat. Verder moet het materiaal zodanig kunnen worden aangeboden dat het door het vee als voedsel wordt geaccepteerd [diverse verwerkers (bijlage 3) pers. comm.].

Uit de tabellen 2.1 en 2.3 blijkt dat kroos hoge gehalten bevat aan organische stoffen zoals eiwitten, vetten en koolhydraten en lage gehalten aan vezels, waardoor het goed afbreekbaar is en een hoge voedingswaarde heeft [Culley en Epps, 1973]. Alle essentiële aminozuren zijn ruimschoots aanwezig, met uitzondering van tryptofaan en methionine. Deze komen slechts in geringe mate voor [Landolt en Kandeler, 1987].

Eendekroos wordt van oudsher al gebruikt als voer voor kippen, varkens en runderen, vooral in landen in Azië en Afrika [Lumpkin en Plucknett, 1980]. Kippen gevoed met eendekroos legden meer eieren van dezelfde of hogere kwaliteit dan kippen gevoed volgens het normale dieet [Skillicorn e.a., 1993]. Verder heeft onderzoek aangetoond dat eendekroos te gebruiken is als vervanger voor soyabonen en vis in veevoer. Een percentage van 40% vers kroos in voer zou acceptabel zijn. Holstein runderen nemen zonder problemen voer tot zich, bestaande uit 75% kroos. Dit had geen invloed op de smaak van de melk. Kalveren, gevoed met 67% kroos en 33% ongedroogd graan namen per dag met 0,95 kg in massa toe terwijl kalveren gevoed met geconcentreerd voedsel en ongedroogd graan maar met 0,50 kg toenamen. Dergelijke effecten werden ook gevonden bij varkens en schapen [Rusoff e.a., 1978]. Uit een ander onderzoek kwam naar voren dat eendekroos goed afbreekt in de rundermaag en dat het in combinatie met geconcentreerd voer zou kunnen worden toegepast [Huque e.a., 1996]

De score is zeer goed.

4.2.8 Verbrandingswaarde

Met verbrandingswaarde wordt bedoeld de hoeveelheid energie die vrijkomt bij verbranding van het materiaal. Naarmate dit meer oxideerbare (brandbare) stoffen bevat en minder water is de verbrandingswaarde hoger. Dit criterium is alleen van toepassing op de verwerkingsmethode verbranden.

Verbranden

Gezien het hoge gehalte aan organische verbindingen, oftewel de lage gloeirest, is de verbrandingswaarde van kroos hoog. Het hoge watergehalte doet hier weer flink afbreuk aan. De score voor dit criterium is daarom slecht.

4.3 Milieubelasting bij verwerking

In dit kader gaat het om de volgende criteria:

- emissies naar water (microverontreinigingen, nutriënten);
- emissies naar bodem (microverontreinigingen, nutriënten);
- emissies naar lucht (microverontreinigingen, stof, geur en geluid);
- restafval.

Deze criteria zijn van toepassing op alle verwerkingsmethoden. De - directe - belasting van het milieu wordt hoofdzakelijk kwalitatief beoordeeld. Het voert in het kader van deze studie namelijk te ver om om de emissies bij de verschillende verwerkingsmethoden goed te kwantificeren.

Bij de beoordeling wordt wel rekening gehouden met standaardmethoden voor het terugdringen van emissie (b.v water- of luchtzuivering).

4.3.1 Emissies naar water

Verspreiden op het land

Biologische afbraak van kroos zal leiden tot het vrijkomen van stikstof- en fosforverbindingen en eventuele microverontreinigingen. Deze kunnen voor een kleine deel uit- of afspoelen naar grondwater en oppervlaktewater. Daarom is de score hier goed.

Composteren

Bij het persen van kroos om het qua drogestofgehalte geschikt te maken voor compostering komt behoorlijk wat (organisch) verontreinigd water vrij. Dit kan worden afgevoerd naar een afvalwaterzuiveringsinstallatie (awzi) [van Lierop e.a., 1991].

Bij het composteringsproces zelf komt niet veel vervuild afvalwater vrij. Dit kan worden afgevoerd naar een awzi of in een gesloten systeem opnieuw worden gebruikt voor de handhaving van het juiste vochtgehalte [van Lierop e.a., 1991]. De score voor grootschalig composteren is daarom goed.

Bij kleinschalig composteren komt waarschijnlijk nauwelijks afvalwater direct in het oppervlaktewater terecht, het zal meestal in de bodem verdwijnen. De score is goed.

Vergisten

De mechanische ontwatering van het gegiste materiaal levert een behoorlijke hoeveelheid verontreinigd afvalwater op. Deze kan echter worden afgevoerd naar een afvalwaterzuiveringsinstallatie, zodat uiteindelijk maar een geringe emissie naar het water plaatsvindt [diverse verwerkers (bijlage 3), pers. comm.]. De score is goed.

Voeren aan vee

Door de intensieve ontwatering voor de toepassing als droog veevoer, komt veel afvalwater vrij. Dit kan in een afvalwaterzuiveringsinstallatie worden verwerkt. De score is goed. Bij toepassing als nat veevoer is ontwatering niet nodig. De score is hier zeer goed.

Verbranden

De ontwatering die nodig is om het kroos in het afvalverbrandingsproces op te nemen leidt tot een behoorlijke hoeveelheid afvalwater. Dit kan worden afgevoerd naar een awzi. De score is goed.

Storten

Bij de ontwatering die nodig is voor storten komt nogal wat afvalwater vrij. In het stort zal uit het kroos als gevolg van afbraak nog meer water vrijkomen [Ministerie van VROM, 1993]. Beide afvalwaterstromen kunnen worden verwerkt in een awzi. De score is goed.

4.3.2 Emissies naar bodem

Verspreiden op het land

Er zal emissie van nutriënten en eventuele microverontreinigingen plaatsvinden naar de bodem. De score is matig.

Composteren

Bij composteren op grote schaal is nauwelijks sprake van emissies naar de bodem, derhalve is de score zeer goed.

Er wordt aangenomen dat bij composteren op kleine schaal het afvalwater vaak ter plaatse in de bodem terecht komt. Daarom is in dit geval de score slecht.

Vergisten

Tijdens het vergisten is geen sprake van emissie naar de bodem. De score is zeer goed.

Voeren aan vee

Bij het verwerkingsproces treden geen emissies naar de bodem op. De score is zeer goed.

Verbranden

Dit verwerkingsproces leidt niet tot emissies naar de bodem. De score is: zeer goed.

Storten

Uit een stort komt verontreinigd percolaat vrij dat in de bodem terecht kan komen. De kans hierop bij een moderne stortplaats is klein, omdat deze zijn voorzien van een onderafdichting en een drainagesysteem. Via dit drainagesysteem wordt het afvalwater afgevoerd naar een awzi [Ministerie van VROM, 1993].

De score is goed.

4.3.3 Emissies naar lucht

Verspreiden op het land

Vluchtige producten van biologische afbraak, zoals kooldioxide en ammoniak, komen in de lucht. De score is matig.

Composteren

De emissies naar lucht bestaan met name uit kooldioxide en ammoniak. Het ammoniak kan bij grootschalig - gesloten - composteren worden weggevangen met een ammoniakwasser [van Lierop e.a., 1991]. De score is in dit geval goed.

Bij kleinschalig composteren is de score slecht, omdat wordt aangenomen dat hierbij het proces plaatsvindt in de openlucht en emissies naar de lucht niet kunnen worden afgevangen.

Vergisten

Het biogas dat vrijkomt uit de vergisting wordt eerst behandeld en daarna verbrand. Dit leidt met name tot het vrijkomen van kooldioxide en stikstofverbindingen [van Lierop e.a., 1991]. Het biogas kan nuttig worden gebruikt in een verbrandingsproces. Bij dit laatste treden emissies op naar de lucht van met name kooldioxide en stikstofverbindingen [Ministerie van VROM, 1993]. De score is matig.

Voeren aan vee

Bij het verwerkingsproces treden geen emissies naar de lucht op. De score is zeer goed.

Verbranden

Bij verbranding treedt emissie naar lucht op van allerlei vluchtige verbrandingsproducten, die voor een deel weer kunnen worden afgevangen met gaswassers [VEABRIN, 1990]. De score is slecht.

Storten

In een stort ontstaat biogas (stortgas). Dit gas kan voor het grootste deel met een onttrekkingssysteem worden afgevoerd en vervolgens nuttig worden toegepast in een verbrandingsproces. De score is matig.

4.3.4

Restafval

Verspreiden op het land

Bij verspreiden op het land is nauwelijks sprake van restafval, afgezien van een zeer geringe hoeveelheid zwerfafval. De score is zeer goed.

Composteren

Bij dit verwerkingsproces komt alleen wat zwerfvuil vrij als restafval. De score is zeer goed.

Vergisten

Het restafval bestaat in dit geval uit wat zwerfvuil. De score is zeer goed.

Voeren aan vee

In dit geval is geen sprake van restafval (omdat alleen "schoon" kroos mag worden gebruikt). De score is zeer goed.

Verbranden

Na het verbrandingsproces blijft er een restproduct achter, namelijk slakken, as en residu van rookgasreiniging, dat vaak op een speciale manier verder verwerkt moet worden, vanwege de hoge concentratie aan zware metalen. [VEABRIN, 1990]. De score is slecht.

Storten

Bij dit verwerkingsproces ontstaat geen restafval. De score is zeer goed.

4.4

Verwerkingskosten

Hieronder wordt het bedrag per ton versgewicht verstaan dat de verwerker wil hebben als vergoeding voor het verder verwerken en afzetten van het materiaal. Niet inbegrepen zijn de kosten voor transport en opslag (zie paragraaf 4.1, logistiek). Dit criterium is van toepassing op alle verwerkingsmethoden.

Verspreiden op het land

Het betreft hier alleen kosten voor het verspreiden van het kroos met een mestverspreider. De kosten hiervoor bedragen globaal f 80,-/uur. In één uur kan circa 15 ton worden verspreid, er vanuitgaand dat binnen een afstand van 1 kilometer van het perceel het kroos uit een opslagplaats kan worden geladen. Hierdoor komen de kosten uit op ongeveer f 5,- per ton [M. Rooken van de werkgroep Agrarische Maatregelen van het Project Gebiedsgericht Waterbeheer Peilgebied Bergambacht, pers. comm.].

Overigens kwam uit de praktijkproef naar voren dat de betrokken agrariërs het kroos zien als een probleem van de waterbeheerder en niet als een eigen probleem. Daarom wil men in principe alleen kroos op het land verspreiden als daar een financiële vergoeding tegenover staat [Corporaal en van Houwelingen, 1996].

De score is zeer goed.

Composteren

Voor het verwerken van materiaal zoals kroos en schoningsmateriaal uit sloten in composteerinstallaties wordt f 75,- à f 150,- per ton gevraagd. In relatief kleine hoeveelheden kan het kroos met droger materiaal worden gemengd. Wanneer menging niet mogelijk is, dient het kroos eerst gedeeltelijk ontwaterd te worden, hetgeen extra kosten met zich meebrengt.

De score is slecht.

Bij het composteren op kleine schaal zijn de kosten aanzienlijk lager. De score is in dit geval goed.

Vergisten

Voor het vergisten van kroos worden de kosten geschat op f 85,- tot f 125,-/ton. Wanneer menging met droger materiaal niet mogelijk is, komen bij het droog vergisten daar nog de kosten bij voor het gedeeltelijk ontwateren van kroos.

De score is slecht, zowel voor nat als droog vergisten.

Voeren aan vee

Met de verwerking van kroos tot veevoer bestaat geen ervaring, daarom is er ook de nodige onzekerheid over de kosten die voor verwerking worden gerekend. Als indicatief bedrag wordt voor het bewerken tot droog voer uitgegaan van f 24,-/ton versgewicht, dat wordt genoemd voor een combinatie van bermgras en slootveek [Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 1992]. De score is goed.

De kosten bij het direct voeren aan vee zullen zeer laag zijn, daarom is de score hier zeer goed.

Verbranden

De kosten voor verbranding liggen globaal tussen f 150,- en f 250,-. Wanneer via menging niet het juiste drogestofgehalte kan worden gerealiseerd, moet het kroos eerst gedeeltelijk ontwaterd worden. De score is zeer slecht.

Storten

De stortkosten variëren tussen f 75,- en f 150,-. Ook hier geldt dat het kroos eerst voor een deel moet worden ontwaterd, wanneer menging met ander afval niet tot het gewenste drogestofgehalte leidt. De score is slecht.

4.5 Eindwaardering per verwerkingsmethode

In tabel 4.6 en 4.7 staat per verwerkingsmethode de totaalbeoordeling. Daarbij wordt grootschalig en kleinschalig composteren apart gehouden, evenals nat vergisten, droog vergisten, het droog voeren aan vee en het nat (direct) voeren aan het vee. Voor de scores zijn in de tabel getallen ingevuld tussen van 1 tot en met 5, waarbij 1 staat voor zeer slecht en 5 voor zeer goed.

De scores zijn vermenigvuldigd met de wegingsfactoren. Bij deze wegingsfactoren is als leidraad aangehouden dat de kosten van transport en verwerking zwaar wegen. Zij krijgen als weefactor 3. Ook de criteria drogestofgehalte en gehalte aan microverontreinigingen krijgen als weefactor 3, omdat deze criteria sterk bepalend zijn voor de mogelijkheid tot verwerking.

Aangezien het aspect milieu is opgedeeld in relatief veel criteria (vier), wordt hieraan per criterium een licht gewicht toegekend, namelijk 1. De overige criteria krijgen alle de weefactor 2.

Omdat bij de verwerkingsmethoden het aantal criteria niet iedere keer hetzelfde is, kan niet worden volstaan met een sommatie van de "tussenscores" (producten van scores met weefactoren). Daarom is voor elke verwerkingsmethode het - gewogen - gemiddelde uitgerekend. Aan elk gewogen gemiddelde wordt vervolgens weer een semi-kwantitatieve waardering gegeven, van zeer slecht tot zeer goed.

Tabel 4.6 Totaalbeoordeling voor de de verwerkingsmethoden verspreiden op het land, composteren op grote schaal, composteren op kleine schaal, nat vergisten en droog vergisten

Criterium	Weeg-factor	Verspreiden op land		Composteren op grote schaal		Composteren op kleine schaal		Nat vergisten		Droog vergisten		
		Score ¹⁾	Tussen-score ²⁾	Score ¹⁾	Tussen-score ²⁾	Score ¹⁾	Tussen-score ²⁾	Score ¹⁾	Tussen-score ²⁾	Score ¹⁾	Tussen-score ²⁾	
1. Logistiek												
1.1	Kosten	3	3	9	1	3	3	9	1	3	1	3
1.2	Technische haalbaarheid transport	2	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
1.3	Technische haalbaarheid opslag	2	4	8	2	4	2	4	4	8	4	8
2. Eigenschappen van het materiaal												
2.1	Drogestofgehalte	3	5	15	3	9	3	9	5	15	2	6
2.2	Gehalte aan microverontreinigingen	3	?	-	2	6	2	6	?	-	?	-
2.3	Nutriëntengehalte	2	4	8	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4	Gehalte aan macro-verontreinigingen	2	4	8	5	10	5	10	5	10	5	10
2.5	Biologische afbreekbaarheid.	2	5	10	5	10	5	10	4	8	4	8
2.6	Voedingswaarde.	2	5	10	-	-	-	-	-	-	-	-
2.7	Verbrandingswaarde.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Milieubelasting bij verwerking (kwalitatief)												
3.1	Emissies naar water	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3.2	Emissie naar bodem	1	3	3	5	5	2	2	5	5	5	5
3.3	Emissies naar lucht	1	3	3	4	4	2	2	3	3	3	3
3.5	Restafval	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4.	Verwerkingskosten	3	5	15	2	6	4	12	2	6	2	6
TOTAALSCORE				108	76	83	77	68				
GEWOGEN GEMIDDELDE				4,32	3,17	3,46	3,67	3,24				
EINDWAARDERING³⁾				zeer goed	matig	goed	goed	matig				

¹⁾ Score: 1 = zeer slecht, 2 = slecht, 3 = matig, 4 = goed, 5 = zeer goed, ? = onbekend, - = niet van toepassing

²⁾ Tussenscore = product van weegfactor en score

³⁾ Eindwaardering: 1-1,8 = zeer slecht, 1,8-2,6 = slecht, 2,6-3,4 = matig, 3,4-4,2 = goed, 4,2-5,0 = zeer goed

Tabel 4.7 Totaalbeoordeling voor de de verwerkingsmethoden droog voeren aan vee, nat voeren aan vee, verbranden en storten

Criterium	Weeg-factor	Droog voeren aan vee		Nat voeren aan vee		Verbranden		Storten		
		Score ¹⁾	Tussen-score ²⁾	Score ¹⁾	Tussen-score ²⁾	Score ¹⁾	Tussen-score ²⁾	Score ¹⁾	Tussen-score ²⁾	
1. Logistiek										
1.1	Kosten	3	1	3	3	9	1	3	1	3
1.2	Technische haalbaarheid transport	2	5	10	5	10	5	10	5	10
1.3	Technische haalbaarheid opslag	2	2	4	2	4	4	8	4	8
2. Eigenschappen van het materiaal										
2.1	Drogestofgehalte	3	1	3	5	15	2	6	2	6
2.2	Gehalte aan microverontreinigingen	3	3	9	3	9	-	-	-	-
2.3	Nutriëntengehalte	2	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4	Gehalte aan macroverontreinigingen	2	2	4	2	4	-	-	-	-
2.5	Biologische afbreekbaarheid.	2	-	-	-	-	-	-	1	2
2.6	Voedingswaarde.	2	5	10	5	10	-	-	-	-
2.7	Verbrandingswaarde.	2	-	-	-	-	2	4	-	-
3. Milieubelasting bij verwerking (kwalitatief)										
3.1	Emissies naar water	1	4	4	5	5	4	4	4	4
3.2	Emissie naar bodem	1	5	5	5	5	5	5	4	4
3.3	Emissies naar lucht	1	5	5	5	5	2	2	3	3
3.5	Restafval	1	5	5	5	5	2	2	4	4
4.	Verwerkingskosten	3	4	12	5	15	1	3	2	6
TOTAALSCORE				74		96		47		50
GEWOGEN GEMIDDELDE				3,08		4,00		2,47		2,63
EINDWAARDERING ³⁾				matig		goed		slecht		matig

1) 1 = zeer slecht, 2 = slecht, 3 = matig, 4 = goed, 5 = zeer goed, ? = onbekend, - = niet van toepassing

2) Tussenscore = product van weegfactor en score

3) Eindwaardering: 1-1,8 = zeer slecht, 1,8-2,6 = slecht, 2,6-3,4 = matig, 3,4-4,2 = goed, 4,2-5,0 = zeer goed

5 DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Opvallende aspecten bij kroosverwerking

Drogestofgehalte

De kosten voor transport van kroos blijken erg hoog. Voor regionaal transport kunnen de kosten oplopen tot f 100,- per ton. Deze relatief hoge kosten hangen vooral samen met het lage drogestofgehalte van kroos. Bij transport van vers kroos vervoert men vooral water, namelijk zo'n 95%.

Verwerking van het kroos in de directe omgeving heeft dus sterk de voorkeur. Volumereductie door ontwatering van het kroos kan ook een oplossing zijn. Dit dient dan wel ter plaatse van de verwijdering te gebeuren, of in de directe omgeving, anders blijft er nog sprake van aanzienlijke transportkosten. Dit houdt in dat een mobiele ontwateringsmachine moet worden ingezet en er een oplossing moet worden gevonden voor het afvalwater. Mobiele ontwateringsapparatuur wordt door verschillende firma's geleverd. Het afvalwater kan bijvoorbeeld in een gierton worden opgeslagen om vervolgens als meststof te gebruiken. Het verontreinigde water kan ook, al dan niet met tussenkomst van een gierton, worden geloosd op het riool.

Naar verwachting kost het de nodige inspanning om het kroos voldoende ontwaterd te krijgen tot het drogestofgehalte van 40% dat als minimum vereiste wordt aangehouden voor transport. Vooralsnog is niet bekend welk deel van het water is geadsorbeerd aan het kroos en welk deel in het plantje zelf zit (zowel inter- als intracellulair). Het aangehechte water is relatief eenvoudig te verwijderen, bijvoorbeeld met een zeefbandpers of centrifuge. Voor het verwijderen van het intercellulaire water dient het kroos eerst gekneusd te worden en voor het vrijmaken van het intracellulaire water moeten de celwanden worden stukgemaakt. Deze twee behandelingen zijn naar verwachting niet eenvoudig te realiseren. Ontwatering via het (geforceerd) drogen van kroos is een mogelijkheid die waarschijnlijk ook een grote inspanning vereist.

Niet alleen voor het transport en opslag maar ook voor een aantal verwerkingsmethoden, namelijk composteren, droog vergisten, verbranden en storten, dient het drogestofgehalte van het kroos minimaal 40% te zijn. Ook voor deze verwerking moet het drogestofgehalte van kroos aanzienlijk verhoogd worden.

Een alternatieve wijze van volumereductie is het composteren van kroos alvorens het verder te verwerken. Hierbij kan emissie van verontreiniging naar het milieu een knelpunt vormen. Na lokale compostering is het kroos niet meer geschikt als veevoer, maar nog wel voor de andere verwerkingsmethoden.

Gehalte aan microverontreinigingen

Voor enkele toepassingen van het kroos, namelijk composteren en voeren aan vee, bestaan wettelijke kwaliteitseisen. Bij toetsing aan de mediaanwaarde van de geanalyseerde monsters wordt voor sommige zware metalen niet altijd aan deze eisen voldaan. Wanneer getoetst zou worden aan de 90 percentiel waarde van de monsters, dan zou nog vaker sprake zijn van normoverschijding. Dit

laatste is echter niet gedaan om enkele (toevallige?) uitschieters op het kleine aantal monsters niet te zwaar mee te laten tellen.

Het kroos accumuleert de zware metalen uit de - verontreinigde - omgeving. Wanneer ten gevolge van beheersmaatregelen, de concentraties zware metalen in het water lager worden, zal het steeds minder voorkomen dat het kroos niet voldoet aan de kwaliteitseisen.

Zoals blijkt uit de berekeningen in paragraaf 2.3 is het niet mogelijk om op een betrouwbare wijze een relatie te leggen tussen de kwaliteit van het water en de kwaliteit van het kroos. Wil men weten in hoeverre het kroos microverontreinigingen bevat, dan dient het materiaal te worden geanalyseerd.

Emissies naar het milieu

Bij de meeste verwerkingsmethoden kunnen de emissies van stoffen naar het milieu worden voorkomen door adequate behandeling van de uitgestoten stoffen. Alleen bij composteren op kleine schaal, in de openlucht en zonder bodembescherming, is sprake van een relatief grote, ongecontroleerde, emissie van stoffen naar bodem en lucht. Verbranden valt in negatieve zin op vanwege de emissies van stoffen naar de lucht en het ontstaan van restafval, zoals slakken en as, die vaak op speciale wijze verder verwerkt moeten worden, omdat ze hoge concentraties zware metalen bevatten.

Verwerkingskosten

De verwerkingskosten bij de verschillende methoden lopen sterk uiteen. Met name de standaard, grootschalige, methoden voor afvalverwerking, d.w.z. composteren, vergisten, verbranden en storten, zijn erg duur. De kosten voor de omzetting van kroos naar droog veevoer zijn slechts indicatief (f 24,-/ton versgewicht). De praktijkervaring ontbreekt hier, en de daadwerkelijke kosten kunnen aanzienlijk hoger zijn. De voorwaarde dat het kroos voor het droog voeren een drogestofgehalte moet hebben van 88%, vergt een zeer grote inspanning voor wat betreft ontwatering. Hierdoor zouden de kosten behoorlijk hoger kunnen zijn dan f 24,-/ton.

Beschikbaarheid van verwerkingsinstallaties

Composteringsinstallaties en stortplaatsen zijn in Nederland in redelijke aantallen aanwezig, zodat de transportkosten enigszins beperkt kunnen blijven. Bij stortplaatsen is een schaalvergroting gaande, waardoor de gemiddelde transportafstand toeneemt. Verder speelt bij stortplaatsen nog het probleem dat men over het algemeen het storten van organisch materiaal niet meer toestaat, omdat het milieuvriendelijker is om dit op andere wijze te verwerken (composteren). Deze restrictie zal in de toekomst steeds strenger worden.

Voor vergisten en het verwerken tot veevoer is slechts een gering aantal installaties beschikbaar. Voor bepaalde delen van het land leidt dit tot zeer hoge transportkosten. Op korte termijn zullen er niet veel van dergelijke installaties bijkomen.

5.2

Eindwaardering

Uit de eindwaarderingen in tabel 4.6 en 4.7 blijkt dat het verspreiden op het land een zeer goede methode is voor de verwerking van kroos. De kosten voor het - lokale - transport en verwerking zijn relatief laag en de eigenschappen van het kroos vormen geen bezwaar. Gezien de lage kosten kan worden overwogen om bij het verspreiden van kroos over het land de landgebruikers een financiële tegemoetkoming te geven, zoals wordt gesuggereerd in het rapport over het praktijkonderzoek naar deze verwerkingsmethode [Corporaal en van Houwelingen, 1996].

Het composteren op kleine schaal wordt als goed beoordeeld, voornamelijk vanwege de lage kosten. In de praktijk zou het mogelijk moeten zijn om emissie van stoffen naar de bodem te voorkomen, door maatregelen te nemen zoals bodemafdichting en afvoer van afvalwater. Dit maakt het kleinschalig composteren overigens wel weer wat duurder.

Ook het nat vergisten heeft de beoordeling "goed" gekregen. Dit komt vooral doordat hiervoor het drogestofgehalte niet hoeft te worden aangepast en er bij het proces weinig emissies van stoffen naar het milieu optreden.

De beoordeling "goed" voor het nat voeren aan vee hangt met name samen met de lage kosten en het feit dat het lage drogestofgehalte geen probleem vormt.

Composteren op grote schaal, droog vergisten, droog voeren aan vee en storten hebben als beoordeling "matig". Hierbij spelen de relatief hoge kosten voor transport/opslag en verwerking een belangrijke rol, alsmede het veel te lage drogestofgehalte van kroos. Voor het voeren aan vee komt daar nog bij dat de opslag (snel bederf) en de macroverontreinigingen een probleem kunnen zijn. Bij het storten is de vorming van biogas uit het kroos een bezwaar.

Het verbranden van kroos is als "slecht" beoordeeld. Naast de hoge kosten en het probleem met het lage drogestofgehalte spelen hierbij ook nog de relatief grote emissie van stoffen naar het milieu een rol.

Men dient zich te realiseren dat voor de eindwaardering eenheden van verschillende orde, bijvoorbeeld kosten en emissies, bij elkaar zijn opgeteld. Om deze verschillende eenheden optelbaar te maken zijn ze gestandaardiseerd naar een schaal van 1 tot 5. Zo'n standaardisatie kan tot vertekening van het resultaat leiden. Daarnaast is het toekennen van scores en wegingsfactoren onvermijdelijk met enige subjectiviteit gepaard gegaan.

5.3

Slotconclusie en aanbevelingen

Kroos dient bij voorkeur lokaal verwerkt te worden, dat wil zeggen in een straal van enkele kilometers rond de plek waar het is verwijderd. Verspreiden op het land, nat voeren aan vee of kleinschalig composteren zijn daarbij de opties.

Het verdient aanbeveling om deze verwerkingsmethoden op kleine schaal uit te testen in de praktijk en te onderzoeken in hoeverre deze kunnen worden ingebouwd in de agrarische bedrijfsvoering. In verband met dat laatste zou moeten worden bekeken in hoeverre de verwerking van het kroos door agrariërs financieel ondersteund zou moeten en kunnen worden door de waterbeheerders.

LITERATUUR

- Anoniem, 1994. Diervoederwetgeving, deel 1. Verordening Vvr ongewenste stoffen en producten 1988.
- BKH Adviesbureau, 1995. Onderzoek naar strategische maatregelen ter bestrijding van kroos in de Lopikerwaard. In opdracht van de Provincie Utrecht. Rapportnr. RO207003, 50 pp.
- Brock, Th.C.M., 1988. De invloed van waterplanten op hun omgeving. In: Waterplanten en waterkwaliteit, p. 27-41 (eds. Bloemendaal, F.H.J.L. en J.G.M. Roelofs), Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht, 189 pp.
- Brouard, F., A. Bouries en F. Sauze, 1982. Advances in anaerobic digestion of aquatic plants. In: Energy from Biomass, Second EC Conference, Berlin, September 1982, Applied Science, London, 1983, p. 334-338.
- Culley, D.D. en A.E. Epps, 1973. Use of duckweed for waste treatment and animal feed. *Journal of Water Pollution Contr. Fed.*, **45**, nr. 2, p. 337-347.
- Corporaal, J. en K.M. van Houwelingen, 1996. Kroosverspreiding over graslandpercelen, resultaat van onderzoek in opdracht van de werkgroep Agrarische Maatregelen van het project Gebiedsgericht Waterbeheer Peilgebied Bergambacht. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Proefboerderij Zegveld, 16 pp.
- Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 1992. Inventarisatie van de verwerkingsmogelijkheden van bermgras. Rapportnr. W-DWW-92-710, 42 pp.
- Huque, K.S., S.A. Chowdhury en S.S. Kibria, 1996. Study on the potentiality of duckweeds as a feed for cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, **9**, nr. 2, p., 133-137.
- Jain, S.K., G.S. Gujural en P. Vasudevan, 1990. Production of biogas from aquatic biomass; a comparison with terrestrial biomass. *Research and Industry (New Delhi)*, **35**, p. 104-107.
- Kehres, B., 1995. Monitoring strategies and safeguarding of quality standards for compost. In: International Symposium: "Biological waste management - A wasted chance?", Essen, 4-6 april 1995, p. 1-8.
- Landolt, E. en R. Kandeler, 1987. Biosystematic investigations in the family of duckweeds, The family of Lemnaceae - a monographic study, volume 2, Zürich, Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, Zürich, 95 Heft, 638 pp.

Lierop, W. van, M. de Groot en H. Sliepen, 1991. Handboek composteren en vergisten van GFT-afval, Publicatiereeks Afvalstoffen. In opdracht van het ministerie van VROM, directie Afvalstoffen. Rapportnr. 1991/2, 166 pp.

Lumpkin, T.A. en D.L. Plucknett, 1980. Azolla: Botany, physiology, and use as a green manure, *Economic Botany*, **34**, nr. 2, p 111-153.

Ministerie van LNV, 1992. Besluit kwaliteit en gebruik overige organische meststoffen, Teksteditie, 's-Gravenhage, 23 december 1992.

Ministerie van LNV, 1991. LAC - signaalwaarden, Landbouwadviescommissie milieukritische stoffen, werkgroep verontreinigde grond, 49 pp.

National Academy of Sciences, 1976. Making aquatic weeds useful, Some perspectives for developing countries, Washington D.C., U.S.A, 205 pp.

Projectgroep integratie milieumetingen, 1987a. Bodegraven-Noord, Midden Delfland, 1984, Provincie Zuid-Holland, 72 pp.

Projectgroep integratie milieumetingen, 1987b. Centrale Droogmakerij, 1985, Provincie Zuid-Holland, 93 pp.

Projectgroep integratie milieumetingen, 1988. Bollenstreek, 1986, Provincie Zuid-Holland, 110 pp.

Projectgroep integratie milieumetingen, 1989. De Eilanden, 1987, Provincie Zuid-Holland, 103 pp.

Projectgroep integratie milieumetingen, 1990. De Waarden, 1988, Provincie Zuid-Holland, 99 pp.

Projectgroep integratie milieumetingen, 1991. Het Westland, 1989, Provincie Zuid-Holland, 83 pp.

Projectgroep integratie milieumetingen, 1992. Het Drechtstedengebied, 1990, Provincie Zuid-Holland, 92 pp.

Projectgroep integratie milieumetingen, 1993. Het Tussengebied, 1991, Provincie Zuid-Holland, 97 pp.

Rusoff, L.L., S.P. Zeringue en A.S. Achacoso, 1978. Feeding value of duckweed (an aquatic plant, family Lemnaceae) for ruminants, *Journal of Dairy Science*, **61**, p. 186.

So, M.L., 1987. Growth characteristics of duckweed and their potential use as organic fertilizers in Hong Kong. In: *Aquatic plants for water treatment and resource recovery* (eds. Reddy, K.R. en W.H. Smith). Magnolia Publishing Inc., Orlando, Fla., 1987, p. 755-762.

Skillicorn, P., W. Spira en W. Journey, 1993. Duckweed aquaculture, A new aquatic farming system for developing countries. World Bank, Washington, p. 65-66.

STOWA, 1992a. Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 1. Literatuur. Rapport nr. 92-09. Utrecht, 68 pp.

STOWA, 1992b. Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 2. Modelmatige benadering van de kroosontwikkeling en beoordeling van potentiële beheersmaatregelen. Rapport nr. 92-10. Utrecht, 51 pp.

STOWA en Provincie Utrecht, 1997. Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 4. Praktijkonderzoek naar maatregelen tegen kroosdekken. Rapport nr. 97-18. Utrecht, 95 pp.

Tweede Kamer der Staten Generaal, 1993. Mestactieprogramma, notitie mest- en ammoniakbeleid derde fase, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr. 34.

Tweede Kamer der Staten Generaal, 1994. Evaluatienota Water, vergaderjaar 1993-1994, 21250, nrs. 27-28.

VEABRIN, 1990. Handboek kwaliteitsbeheersing afvalverbranding. Rotterdam, 353 pp.

Ministerie van VROM, 1993. Leidraad storten, deel 1 en 2. Den Haag,

Bijlagen

Bijlage 1

Enquête onder waterbeheerders

Enquête onder waterbeheerders

1 Omvang enquête en respons

Toegezonden aan:	alle waterschappen in Nederland, zowel de kwaliteitsbeheerders als de kwantiteitsbeheerders
Aantal verzonden formulieren:	91
Aantal ontvangen formulieren:	91

2 Resultaten

1. Wordt door u kroos (eendekroos/kroosvaren) verwijderd?

Bij 66 van de 91 benaderde schappen wordt kroos verwijderd. Van de 25 schappen die geen kroos verwijderen zijn er 10 (met name zuiveringschappen) die het verwijderen van kroos overlaten aan inliggende (kwantiteits)schappen. Wanneer voor dit laatste wordt gecorrigeerd door de 10 (zuiverings)schappen buiten beschouwing te laten, blijkt dat bij 81% van de schappen (66 van de 81) kroos wordt verwijderd.

Bij de antwoorden op de resterende vragen gaat het dus over 66 respondenten. Daarbij dient te worden opgemerkt dat bij elke vraag het ene mogelijke antwoord het andere niet uitsluit (kroos kan bijvoorbeeld zowel bij gemalen als in hoofdwatergangen worden verwijderd).

2. Waar wordt het kroos verwijderd?

a. bij gemalen	97%
b. in hoofdwatergangen	73%
c. in secundaire watergangen	20%
d. elders, namelijk (door respondent in te vullen): duikers, sifons, stuwen	11%

3. Hoe wordt het kroos verwijderd?

a. met krooshekreiniger	91%
b. met grijper/kraan	71%
c. anders, namelijk (door respondent in te vullen): handmatig	18%
maaikorf	12%
maaiboot	11%

4. *Wordt kroos tijdelijk opgeslagen?*
- | | |
|--|-----|
| ja | 79% |
| a. op de volgende wijze: | |
| bij gemaal (o.a. op harde vloer of in container) | 59% |
| in depot (verschillend van afmeting) | 24% |
| op de kant | 20% |
| b. gemiddeld opslagtijd: | |
| 0 - 2 weken | 14% |
| 2 - 4 weken | 18% |
| 4 - 8 weken | 12% |
| 8 - 12 weken | 8% |
| 12 - 26 weken | 21% |
| 26 - 52 weken | 3% |
| langer dan 52 weken | 5% |
5. *Kan van het tijdelijk opgeslagen kroos een monster worden genomen door BKH*
- | | |
|----|-----|
| ja | 83% |
|----|-----|
6. *Hoe wordt het kroos verder verwerkt?*
- | | |
|--|-----|
| a. apart | 24% |
| b. met ander organisch (sloot/berm-) materiaal | 74% |
7. *Welke verwerkingsmethoden worden gebruikt?*
- | | |
|---|-----|
| a. direct verspreiden op het land | 24% |
| b. composteren | 47% |
| c. storten | 56% |
| d. anders, namelijk (door respondent in te vullen): | |
| laten liggen op kant | 3% |
8. *Beschikt u over analysegegevens van kroos (met name zware metalen)?*
- | | |
|----|----|
| ja | 5% |
|----|----|
- (van drie schappen analysegegevens over compost ontvangen, waarvan echter niet helemaal zeker is of het zuiver kroos betreft of menging met ander plantaardig (sloot)materiaal; van één schap, namelijk het Hoogheemraadschap van Rijnland, zijn bruikbare gegevens ontvangen over vers kroos)

Bijlage 2

Onderzoek door
het Hoogheemraadschap van Rijnland
naar verontreinigingen in kroos

Onderzoek door het Hoogheemraadschap van Rijnland naar verontreinigingen in kroos

1 Inleiding

Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft in 1992 in de maanden maart, april en mei op vijf verschillende plaatsen in haar beheersgebied kroosmonsters genomen. Gezien de tijd van het jaar wordt aangenomen dat dit alleen eendekroos betreft.

2 Aanpak

De monsterdata en de monsterlocaties staan in tabel 1. De monsters KL 926 en KL 940 zijn op zware metalen, PAK, PCB en pesticiden geanalyseerd. De monsters KL 939, KL 952 en KL 967 zijn niet op zware metalen onderzocht maar wel op de overige parameters.

Tabel 1 *Monsterdata en monsterlocaties*

Monstercode	Monsterdatum	Monsterlocatie	Landgebruik
KL 926	24 maart	Ringvaart, NWK. en N. thv Zevenhoven	Akkerbouw
KL 939	9 april	Boskoop, Hogendoornlaan	Boomteelt
KL 940	9 april	Boskoop	Boomteelt
KL 952	14 april	Boskoop, Nieuweweg	Boomteelt
KL 967	22 mei	Ter Aar, Westkanaalweg 11	Akkerbouw

3 Resultaten

De resultaten van de analyses op drogestof, gloeirest en metalen staan vermeld in tabel 2. De analyseresultaten van PAK zijn aangegeven in tabel 3 en die van pesticiden en PCB in tabel 4.

Tabel 2 Drogestofgehalte, gloeirest en metalen in eendekroos

Stof/ parameter	Gehalte					Gemiddeld
	Per locatie					
	KL 926	KL 939	KL 940	KL 952	KL 967	
<u>Algemene parameters</u>						
Drogestof (%)	4,7	5,1	4,5	4,0	5,6	4,8
Gloeirest (% d.s.)	21	16	20	16	22	19
<u>Metalen (mg/kg drogestof)</u>						
Arseen	2,3		1,8			2,1
Cadmium	0,9		0,2			0,6
Chroom	1,4		1,3			1,4
Koper	12		12			12
Kwik	< 0,1		< 0,1			< 0,1
Lood	24		22			23
Nikkel	7,9		3,8			5,9
Zink	180		105			143
Zilver	0,9		0,2			0,6

Tabel 3 Gehalte PAK in eendekroos

Stof	Gehalte ($\mu\text{g}/\text{kg}$ d.s.)					Gemiddeld ¹⁾
	Per locatie					
	KL 926	KL 939	KL 940	KL 952	KL 967	
PAK - 16 EPA	4.250	2.250	6.200	3.100	19.100	6.980
PAK - 6 Borneff	2.350	1.000	3.250	1.650	12.500	4.150
PAK - 10 ENW	2.970	1.610	5.970	2.140	14.900	5.518
Acenafteen	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Acenaftyleen	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Anthraceen	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Benzo(a)anthraceen	230	50	280	130	2.200	578
Benzo(b)fluorantheen	370	100	370	220	2.950	802
Benzo(k)fluorantheen	170	< 50	180	100	1.250	350
Benzo(g,h,i)peryleen	240	90	230	150	2.100	562
Benzo(a)pyreen	210	< 50	200	150	2.200	562
Chryseen	380	160	520	270	2.500	766
Dibenz(a,h)anthraceen	< 50	< 50	< 50	< 50	320	104
Fluorantheen	1.050	660	1.850	860	1.450	1.174
Fenantreen	270	380	560	200	600	402
Fluoreen	< 50	< 50	< 50	< 50	80	56
Indeno(123CD)pyreen	320	< 50	430	180	2.500	696
Naftaleen	< 50	70	60	< 50	50	56
Pyreen	700	350	1.300	520	750	724

¹⁾ Bij waarden "kleiner dan" (<) is de hoogste waarde genomen, bij < 50 wordt dat b.v. 50; wanneer alle waarden een < - teken hebben dan is deze methode niet toegepast.

Tabel 4 Gehalte PCB en pesticiden in eendekroos

Stof	Gehalte ($\mu\text{g}/\text{kg}$ d.s.)					Gemiddeld ¹⁾
	Per locatie					
	KL 926	KL 939	KL 940	KL 952	KL 967	
PCB-totaal	-	10	10	10	8	9,5
PCB-28	-	6	6	4	< 1	4,3
PCB-52	-	< 1	< 1	< 1	1	1
PCB-101	-	< 1	< 1	< 1	1	1
PCB-118		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-138	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-153	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PCB-180	-	< 1	< 1	< 1	2	1,3
Aldrin	2	< 1	< 1	2	2	1,6
Dieldrin	< 1	< 1	8	< 1	< 1	2,4
DDD	< 1	< 1	< 1	< 1	15	3,8
DDE	3	< 1	< 1	< 1	10	3,2
DDT	15	< 1	< 1	< 1	< 1	3,8
α -Endosulfan	< 1	< 1	< 1	< 1	4	1,6
β -Endosulfan	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Endrin	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
α -Hexachloorcyclohexaan	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
β -Hexachloorcyclohexaan	< 1	< 1	< 1	< 1	2	1,2
γ -Hexachloorcyclohexaan	8	8	15	15	10	11,2
Heptachloor	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Heptachlorepoxyde	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Hexachloorbenzeen	1	1	4	2	3	2,2
Pentachloorbenzeen	< 1	1	2	< 1	2	1,4
Hexachloorbutadieen	4	2	2	< 1	3	2,4

¹⁾ Bij waarden "kleiner dan" (<) is de hoogste waarde genomen, bij < 1 wordt dat b.v. 1; wanneer alle waarden een < - teken hebben dan is deze methode niet toegepast.

Bijlage 3

Geraadpleegde bedrijven en instanties

Geraadpleegde bedrijven en instanties

Afgezien van logistiek heeft rangschikking van contacten plaatsgevonden op grond van verwerkingsmethode.

Logistiek

Bunnik
Weypoort 21a
Nieuwerbrug
Telefoon: 0348-688447

Jannus Vos
Steekterweg 67
Postbus 351
Alphen aan den Rijn
Telefoon: 0172-476941

Koopman
Oosterweg 48
Bergen (N-H)
Telefoon: 072-5812413

Kruiswijk Recycling BV
Torontostraat 4
3197 KN Botlek (Rotterdam)

Verspreiden op het land

Stichting Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR)
Runderweg 6
8219 PK Lelystad
Telefoon: 0320-293211
Fax: 0320-241584

Regionaal Onderzoeks Centrum (ROC) voor veehouderij in het Veenweidegebied
Oude Meije 18
3474 KM Zegveld
Telefoon: 0172-409543
Fax: 0172-409733

Composteren

Alphen Recycling BV
De Schans 57
2408 ZA Alphen aan den Rijn
Telefoon: 0172-424186
Fax: 0172-424399

BFI Afvalverwerkingstechnieken
Nieuwe Oranjekanaal 45
3151 XL Hoek van Holland
Telefoon: 0174-516501
Fax: 0174-517514

CAW
Koggenrandweg 1
1775 RG Middenmeer
Telefoon: 0227-656444
Fax: 0227-656241

Kruiswijk Recycling BV
(zie adres onder "Logistiek")

VAM Wijster
VAMweg 7
9418 TM Wijster
Telefoon: 0593-563939

NV VAM
Divisie Hergebruik
Marathon 2
1213 PH Hilversum
Telefoon: 035-6897389
Fax: 035-6857052

Vergisten

Paques Solid Waste Systems BV
T. de Boerstraat 11-13
Postbus 52
8560 AB Balk
Telefoon: 0514-608600
Fax: 0514-608666

Samenwerkingsverband Midden-Brabant (SMB)
Vloeveldweg 8
5048 TD Tilburg
Telefoon: 013-4551986
Fax: 013-4557142

Voeren aan vee

Brokking's Veevoederfabrieken B.V.
Postbus 3
3410 CA Lopik
Telefoon: 030-2485611

De Heus Veevoederfabriek B.V.
Langstraat 106
Postbus 233
3770 AE Barneveld
Telefoon: 0342-413844

Hendrix' voeders BV
Veerstraat 38
Postbus 1
5830 MA Boxmeer
Telefoon: 0485-589474

Koudijs-Wouda Voeders BV
Tramkade 24
5211 VB 's-Hertogenbosch
Telefoon: 073-6819911

O. Bouman BV
Hoge Maasdijk 1
Postbus 1
4280 CA Andel
Telefoon: 0183-446800
Fax: 0183-442003

Reudink Biologische Mengvoeders
Graaf Ottoweg 32
7241 DG Lochem
Telefoon: 0573-251835

Sondag Voeders BV
Postbus 3
5469 ZG Erp
Telefoon: 0413-213434
Fax: 0413-213390

Stichting Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR)
(zie adres onder "verspreiden op het land")

Regionaal Onderzoeks Centrum (ROC) voor veehouderij in het Veenweidegebied
(zie adres onder "verspreiden op het land")

Storten

PROAV (Provinciaal Afvalverwijderingsbedrijf Zuid-Holland NV)

Overschieeweg 322

3112 NC Schiedam

Telefoon: 010-4627091

Fax: 010-4373085

NV Afvalzorg Noord-Holland

Postbus 6343

2001 HH Haarlem

Telefoon: 023-5325151

Fax: 023-5328805

GEVUDO Afvalverwerking

Baanhoekweg 40

3313 LA Dordrecht

Telefoon: 078-6216800

Fax: 078-6216888

Bijlage 4

Berekening van gehalten aan metalen in gecomposteerd kroos

Berekening van gehalten aan metalen in gecomposteerd kroos

1 Duitse methode

Met behulp van de zogenaamde Duitse methode [Kehres, 1995] kan op grond van de verontreiniging aan metalen in het uitgangsmateriaal, c.q. kroos, het gehalte na compostering worden berekend. Het gehalte aan metalen is van belang voor de toetsing aan de kwaliteitsnormen van het Besluit kwaliteit en gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM) [Ministerie van LNV, 1992].

Bij de Duitse methode worden de gehalten aan zware metalen omgerekend naar standaardcompost met een gehalte organisch stof van 30% (van het drogestof), en dus een gloeirest van 70%. Uit de verhouding tussen de gloeirest van de standaard - compost en het uitgangsmateriaal, c.q. het kroos, wordt een indikkingsfactor berekend. Zo volgt uit een gloeirest van 10% in het uitgangsmateriaal een indikkingsfactor van 7 (70% gedeeld door 10%). Wanneer een bereik aan gloeiresten beschikbaar is, wordt een minimale en een maximale indikkingsfactor berekend.

De gehalten aan zware metalen in het uitgangsmateriaal worden door vermenigvuldiging met de indikkingsfactoren omgerekend naar de gehalten in het gecomposteerde materiaal. Hiervoor worden gemiddelde gehalten in het uitgangsmateriaal genomen die zijn berekend nadat uitschieters zijn verwijderd. Wanneer bijvoorbeeld sprake is van een gemiddeld gehalte zink in het uitgangsmateriaal van 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.s. en de indikkingsfactor is 7, dan levert dit in de compost een gehalte op van 140 μg zink/kg d.s. (7 maal 20).

In feite wordt er gecorrigeerd voor het feit dat een groot deel van het organisch materiaal verdwijnt, maar alle metalen achterblijven. Hierdoor stijgt vanzelf het gehalte aan metalen.

2 Aangepaste Duitse methode

Door BKH Adviesbureau is besloten om de Duitse methode aan te passen. Allereerst wordt het effect van uitschieters gereduceerd door uit te gaan van de mediaanwaarden. Dit is eenduidiger dan het "verwijderen van uitschieters". De tweede aanpassing bestaat er uit dat bij een bereik van gloeiresten niet wordt gerekend met een minimum- en een maximumindikkingsfactor, maar met één indikkingsfactor, gebaseerd op de mediaan van de as-gehalten. Het is namelijk consequent om zowel bij de gehalten in het uitgangsmateriaal als de gloeirest gebruik te maken van gelijksoortige waarden, in dit geval de medianen.

