

mei 2012

rapport 1474.N.11

Risico's van diffuse verspreiding van groenafvalstromen

Dr. ir. G.H. Ros (NMI)

Dr. ir. A.J. Termorshuizen (BLGG Research)

Ing. T.A. van Dijk (NMI)

nutriënten management instituut nmi bv
postbus 250
6700 ag wageningen
binnenhaven 5
6709 pd wageningen
tel. (088) 876 12 80
e-mail nmi@nmi-agro.nl
internet www.nmi-agro.nl

© 2012 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

Inhoud

	Pagina
Samenvatting	3
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Opdracht	5
1.3 Visie NMI op het gebruik van afval- of reststoffen in de landbouw	6
1.4 Leeswijzer	6
2 Vigerende regelgeving	7
2.1 Landelijk afvalbeheerplan	7
2.2 Meststoffenwet	7
2.3 Brief staatssecretaris van 25 augustus 2011	8
3 Pathogenen, onkruidzaden en ziekteverendheid	9
3.1 Algemeen	9
3.2 Sanitatie-aspecten van het niet composteren van berm- en slootmaaisel en groenafval	9
3.2.1 Onkruiden	9
3.2.2 Plantenpathogenen	10
3.2.3 Humaanpathogenen	12
3.3 Effecten op de ziekteverende eigenschappen van de bodem	12
3.4 Synthese	13
4 Zware metalen, arseen en organische microverontreinigingen	15
4.1 Bermmaaisel	15
4.1.1 Gehaltes aan zware metalen en organische verontreinigingen	15
4.1.2 Toepassing en regelgeving	17
4.2 Slootmaaisel	18
4.3 Groenafval	19
4.4 Korte samenvatting	20
5 Organische stof en nutriënten	21
5.1 Organischestoftoediening; eigenschappen en relevantie	21
5.2 Organischestofgehalte en effectiviteit in maaisel en groenafval	23
5.3 Gehalte en beschikbaarheid van nutriënten	25
5.4 Korte samenvatting	27
6 Zwerfafval	29
7 Evaluatie van de risico's	31
7.1 Inleiding	31
7.2 De kleine kringloop	31
7.3 De grote kringloop	33
7.4 Risicoafbakening	35
7.5 Synthese	37
8 Literatuur	39

Samenvatting

Recente beleidsontwikkelingen geven aan dat maaisel en groene materialen uit natuurgebieden en parken hergebruikt mogen worden zolang er geen milieurisico optreedt. Deze stoffen vallen dan niet meer onder het regime dat geldt voor afvalstoffen. Hergebruik is dan zonder enige bewerking mogelijk. De Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR) is van mening dat de voorgestelde vrijstelling voor natte, gemengde materialen afkomstig uit natuur, bos, landschap en groenvoorzieningen grote risico's met zich meebrengt. Deze risico's zijn vooral van belang waar het gaat om de grote kringloop. Bij de grote kringloop wordt het materiaal verzameld, vaak tijdelijk opgeslagen in een depot en vervolgens in grote hoeveelheden geleverd naar akkerbouwbedrijven of gebruikt op maïspancelen. Akkerbouw- en maïspancelen hebben namelijk vaak behoefte aan de aanvoer van organische stof.

Het NMI heeft op basis van bestaande literatuur de risico's geschat die samenvallen met het vrijkomen en onderwerpen van deze reststromen in de agrarische sector. Hierbij is specifiek gekeken naar de verspreiding van onkruiden, pathogenen, zware metalen, organische verontreinigingen en ongewenste milieueffecten die samenhangen met de afbraak van organische stof in de bodem.

Voor **alle agrarische sectoren** waar organische meststoffen gebruikt worden, is het een uitdaging om de nutriëntenbeschikbaarheid en het organischestofbeheer te optimaliseren. De hoeveelheid bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval die toegepast kan worden, zal daardoor afhankelijk zijn van locatie, teelt en grondsoort. Omdat de optimale gift met bermmaaisel, slootmaaisel of groenafval afhangt van de chemische samenstelling van deze reststromen én de eigenschappen van de bodem en het daarop groeiende gewas, is het onmogelijk om generieke en kwantitatieve uitspraken te doen over de risico's die samenhangen met het onderwerpen in agrarische percelen.

In de **akker- en tuinbouw** kan en zal bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval zeker een rol gaan spelen als bron van organische stof, in verwerkte dan wel onverwerkte vorm. Het gebruik van deze groene reststromen is echter één van de sturingsfactoren in het bemestingsplan. In vergelijking met de overige organischestofbronnen zal de bijdrage van bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval relatief klein zijn (de kleine kringloop). Bij goed onderwerpen (verdeling en tijdstip) zijn de meeste risico's laag tot verwaarloosbaar. Gebruik van deze reststromen in de grote kringloop verhoogt de risico's, maar ook hier is de hoogte van de gift en de manier van onderwerpen cruciaal. Een verhoogde onkruiddruk is in beide kringlopen mogelijk, in het bijzonder voor de verspreiding van wortelonkruiden en Jacobskruiskruid. Vanwege sanitaire aspecten heeft gecomposteerd materiaal daarbij de voorkeur boven onverwerkt gewasmateriaal. Bijzonder aandachtspunt is de biologische sector waar deze reststromen mogelijk meer aandacht zullen krijgen en er minder mogelijkheden aanwezig zijn voor bestrijding.

In de **boomkwekerijsector** wordt grote waarde gehecht aan het organischestofgehalte in de bodem. Voor deze sector is het gebruik van niet gecomposteerd en niet verwerkt groenafval echter af te raden in verband met de mogelijke aanwezigheid van Honingzwam en *Phytophthora ramorum*.

De verspreiding van Jacobskruiskruid heeft voornamelijk indirecte risico's, omdat deze organische reststromen niet direct toegepast zullen worden op **grasland**. Het risico is daarmee vooral gebaseerd op een hogere verspreidingsgraad op akkerbouwpercelen en akkerranden. Bij graslandvernieuwing of bij bedrijven met gras in het bouwplan kan de aanwezigheid van onkruidzaden een probleem opleveren.

De resultaten van deze studie worden samengevat in de Tabel A.

Tabel A. Risicobeoordeling van verspreiding rest- en afvalstromen in de landbouw.

	Bermmaaisel	Slootmaaisel	Groenafval
Risico voor verspreiding/ effecten op			
Metalen en arseen	Laag, behalve voor najaars-maaisel op benedenwindse bermen; hoger risico bij niet homogeen onderwerken	Laag, behalve rond puntlozingen en vervuilde gebieden; hoger risico bij niet homogeen onderwerken	Laag, behalve in locaties met sterk verontreinigde bodems
Organische contaminanten	Laag, behalve rond puntlozingen	Laag	Laag
Onkruiden en plantpathogenen	Groot, m.n. Jacobskruiskruid; opslag in balen/ inkuilen verlaagt risico onkruiden	Groot, m.n. wortelonkruiden en bruinrot; opslag in balen/ inkuilen verlaagt risico	Mogelijk verspreiding Phytophthora, Bacterie-vuur, lepziekte, Honingzwam
Humaan-pathogenen	Laag	Laag	Laag
Zwerfvuil	Gemiddeld	Gemiddeld	Onbekend
Verlaging ziekteverendheid	Gemiddeld – hoog	Gemiddeld - hoog	Gemiddeld - hoog
Immobilisatie	Laag; veelal kortdurend	Laag; veelal kortdurend	Afhankelijk van type organische stof en tijdstip onderwerken
Uitspoeling nutriënten	Laag, maar afhankelijk van tijdstip onderwerken en gift; bij najaarstoediening op bouwland matig	Laag, maar afhankelijk van tijdstip onderwerken en gift; bij najaarstoediening op bouwland relatief hoog	Laag
Gasvormige emissies	Laag; hoger risico bij niet homogeen onderwerken	Hoog, vooral onder natte omstandigheden	Laag
Algemene risicobeoordeling			
Algemeen	Heterogeniteit, mogelijk 'vervuiling' met gronddeeltjes; risico's zijn sterk giftafhankelijk	Heterogeniteit, mogelijk 'vervuiling' met gronddeeltjes; risico's zijn sterk giftafhankelijk	Heterogeniteit
Meerwaarde	Nutriënten en opbouw O.S. (alleen als meerjarig wordt toegediend en bij hoge gift)	Nutriënten en mogelijk opbouw O.S. (alleen als meerjarig wordt toegediend en bij hoge gift)	Variabel, hangt af van samenstelling
Voorwaarde	Maaisel van 'verontreinigde' locaties of maaitijdstip niet gebruiken; zwerfvuil vooraf verwijderen	Maaisel van 'verontreinigde' locaties niet gebruiken; zwerfvuil vooraf verwijderen	Visueel zwerfvuil vooraf verwijderen

In zijn algemeenheid kan worden geconcludeerd dat het gebruik van niet verwerkte groenafvalstromen, zoals bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval uit plantsoenen zekere risico's met zich meebrengt, met name in de grote kringloop. Het is daarom aan te bevelen om deze groenafvalstromen eerst te composteren, omdat daarmee onkruidzaden en pathogenen worden afgedood en bovendien omdat dan een homogeen en goed te verdelen product beschikbaar komt met een voorspelbare werking.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Op 25 augustus 2011 heeft de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu (I&M) een brief naar de Tweede Kamer gezonden in het kader van het Landelijk afvalbeheerplan (I&M, 2011). In de brief is aangegeven dat de staatssecretaris de regelgeving voor met name het toepassen van organische reststromen wil verlichten. In de bijlage bij de brief staat in § 6.5 dat Nederland ernaar streeft dat *“bijvoorbeeld ook maaisel en andere groene materialen uit natuurgebieden en parken onder de vrijstelling van de Kaderrichtlijn vallen”*. Met Kaderrichtlijn wordt hier bedoeld op de Europese Kaderrichtlijn afvalstoffen. Als voorwaarde wordt aangegeven *“dat er geen milieurisico optreedt bij nuttige toepassing van die organische reststromen”*.

De Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR) is van mening dat een vrijstelling zoals genoemd in de brief van de staatssecretaris grote risico's met zich meebrengt (BVOR, 2011). Voor natte, gemengde materialen afkomstig uit natuur, bos, landschap en groenvoorzieningen geldt dat nuttig hergebruik kosten met zich meebrengt. Wanneer deze stoffen geen afvalstoffen meer zijn, bestaat het risico dat deze stoffen worden gedumpt op landbouwgrond en daar worden ondergewerkt. Dat leidt, aldus de BVOR, tot *“ongewenste effecten en risico's, zoals*

- *verspreiding van op het materiaal aanwezige ziekten en parasieten in landbouwgronden en in de natuur (EHEC, Salmonella, etc.);*
- *verspreiding in de bodem van in de reststromen aanwezige (niet-organische) verontreinigingen, bijvoorbeeld zwerfafval. In organische reststromen zit 2-5% verontreinigingen, overeenkomend met enkele 10.000-en tonnen per jaar;*
- *broeikasgasemissies. Bij dumping van organische reststromen treden rottingsprocessen op, waarbij het sterke broeikasgas methaan vrijkomt. Bij vergisting of compostering treedt daarentegen vastlegging van CO₂ op. Dit verschil kan oplopen tot meer dan één ton CO₂ per ton organische reststromen.”*

1.2 Opdracht

De BVOR wil op korte termijn de hierboven genoemde risico's nader kwantificeren en onderbouwen. Daartoe is aan Nutriënten Management Instituut NMI de opdracht verstrekt om een overzicht op te stellen, op basis van bestaande literatuur, van de volgende risico's:

- verspreiding van in het materiaal aanwezige onkruidkiemen, -zaden en -planten (bijvoorbeeld Jacobskruiskruid);
- verspreiding van in het materiaal aanwezige plantenpathogenen (bijvoorbeeld aaltjes, schimmels, bacteriën (inclusief bruinrot), virussen) en humaanpathogenen (bijvoorbeeld EHEC, Salmonella);
- verontreiniging van de bodem met in groenafval aanwezig zwerfvuil;
- ongewenste effecten van afbraak van vers groenafval in de bodem, zoals vastlegging van nutriënten, consumptie van zuurstof en stimulering van bodemgebonden pathogenen; en
- het optreden van ongecontroleerde afbraakprocessen, en daardoor optredende broeikasgasemissies.

1.3 *Visie NMI op het gebruik van afval- of reststoffen in de landbouw*

In het kader van de kringloopgedachte en vanwege de eindigheid van sommige grondstofvoorraden (bijvoorbeeld fosfaat) is het van groot belang om afval- en reststromen waar mogelijk te hergebruiken. Een essentiële randvoorwaarde is dat hergebruik op een verantwoorde manier dient plaats te vinden. Waar het gaat om hergebruik van afvalstromen in de landbouw moet enerzijds de landbouwkundige waarde bekend en positief zijn. Te denken valt daarbij aan criteria als nutriënten, levering van organische stof en toename van ziektevermindering. Anderzijds moeten risico's voor mens, dier, plant of milieu worden vermeden. Bij hergebruik van plantaardige afvalstromen valt te denken aan aanvoer van plantenpathogenen, onkruiden, zwerfvuil, zware metalen en organische microverontreinigingen (zoals residuen van gewasbeschermingsmiddelen); ook kan een teveel aan nutriënten een probleem vormen (uitspoeling van nutriënten, emissie van broeikasgassen en ziektestimulering).

Een onderdeel van het werk van NMI is het fungeren als een expertisecentrum ("van Reststof naar Meststof") voor een verantwoorde toepassing van afval- en reststoffen c.q. producten die daaruit voortkomen zoals meststoffen, bodemverbetersaars of covergistingsmaterialen. Centraal staat daarbij inpassing in een duurzame landbouwpraktijk.

In de voorliggende studie wordt nagegaan

- wat is het effect van niet-composterende van groenafvalstromen als bermmaaisel, etc. op plantenpathogenen en onkruidzaden?
- welke gehalten aan zware metalen en arseen en eventueel aan organische microverontreinigingen bevatten deze groenafvalstromen?
- hoeveel zwerfafval wordt gevonden in bermmaaisel en soortgelijke materialen?
- in hoeverre treden ongewenste effecten op in de bodem en dientengevolge ook in de vorm van broeikasgassen naar de atmosfeer?

1.4 *Leeswijzer*

Na deze inleiding zal in **Hoofdstuk 2** worden ingegaan op de wet- en regelgeving met betrekking tot het onderwerpen van bermmaaisel, slootmaaisel, en afvalstromen uit openbaar groen. In **Hoofdstuk 3** wordt vervolgens ingegaan op de aanwezigheid van pathogenen, onkruidzaden en ziekteverwekkers in deze groene rest- en afvalstromen en worden de mogelijke risico's die samenhangen met het onderwerpen van deze stromen beoordeeld. **Hoofdstuk 4** beschrijft de in de literatuur aanwezige gegevens met betrekking tot het gehalte aan zware metalen, arseen en organische microverontreinigingen in bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval. In **Hoofdstuk 5** wordt een beschouwing gegeven over de afbraak van vers organisch materiaal in landbouwgronden en de daarmee samenhangende milieueffecten. Tevens wordt een overzicht gegeven van de beschikbare gegevens over het nutriëntengehalte van de drie onderzochte rest- en afvalstromen. **Hoofdstuk 6** beschrijft de aanwezigheid van zwerfvuil in de drie rest- en afvalstromen en geeft een inschatting van de mogelijke risico's die samenhangen met het onderwerpen daarvan in landbouwgronden. In **Hoofdstuk 7** worden de resultaten van de hoofdstukken 4-6 geëvalueerd in het kader van hun effecten op bodemprocessen en mogelijke emissies naar de atmosfeer. Tevens worden de resultaten samengevat in één overzichtelijke tabel, waaruit duidelijk wordt welke risico's kleven aan het onderwerpen van vers bermmaaisel, oevermaaisel of groenafval. Tevens wordt kort ingegaan op mogelijke risico's in de verschillende agrarische sectoren. In **Hoofdstuk 8** worden enkele kritische aannames en uitgangspunten weergegeven en geëvalueerd.

2 Vigerende regelgeving

2.1 Landelijk afvalbeheerplan

Het Landelijk afvalbeheerplan 2 (VROM, 2009a), geldend voor de periode 2009 – 2021, kent een groot aantal sectorplannen. Eén daarvan is sectorplan 8: “Gescheiden ingezameld groenafval” (VROM, 2009b). Dit sectorplan kent voor groenafval de volgende afbakening:

“Gescheiden ingezameld groenafval komt vrij bij de aanleg en onderhoud van openbaar groen, bos- en natuurterreinen. Het betreft tevens afval dat hiermee te vergelijken is, zoals grof tuinafval, berm- en slootmaaisel, afval van hoveniersbedrijven, agrarisch afval en afval dat vrijkomt bij aanleg en onderhoud van terreinen van instellingen en bedrijven. Ook gescheiden ingezameld grof tuinafval van huishoudens valt onder dit sectorplan.”

Als minimum standaard voor de verwerking van groenafval geldt: composteren, vergisten of verbranden. Daarnaast is ook directe toepassing als bodemverbeteraar toegestaan, mits deze methode van verwerking uit milieuoogpunt minimaal gelijkwaardig is aan composteren en niet strijdig is met regelgeving. Zo kan gebiedseigen groenafval ter plaatse worden ingezet als bodemverbeteraar. Onder voorwaarden kunnen ook bermmaaisel, heideplagsel en oogstrestanten op of in de directe nabijheid van waar ze zijn ontstaan terug op of in de bodem worden gebracht. Dit wordt de kleine kringloop genoemd. Deze regeling (Vrijstellingsregeling plantenresten) is een afwijking van artikel 10.2 van de Wet milieubeheer en geldt alleen wanneer deze stoffen schoon en onverdacht zijn (VROM, 2005). Volgens de toelichting gelden als schoon en onverdacht “materialen die niet leiden tot een significante verspreiding van of belasting met mineralen, zware metalen, arseen, organische microverontreinigingen of andere contaminanten.” Schoon betekent ook dat het materiaal geen zwerfafval bevat.

Naast de kleine kringloop bestaat ook de grote kringloop. In dat geval worden bermmaaisel, heideplagsel en oogstrestanten uit een groter gebied verzameld. Het materiaal wordt gedurende een bepaalde periode opgeslagen en vervolgens aan agrarische bedrijven aangeboden als organisch bodemverbeterend middel. Daarmee is het een meststof geworden, omdat met het product organische stof en ook stikstof en fosfaat worden aangevoerd. Het moet dan ook aan de regels van de Meststoffenwet (LNV, 1986) voldoen.

2.2 Meststoffenwet

De Meststoffenwet kent een aantal categorieën meststoffen:

- EG-meststoffen en overige anorganische meststoffen (beide categorieën worden in de praktijk aangeduid als kunstmest);
- dierlijke meststoffen;
- zuiveringsslib;
- compost; en
- overige organische meststoffen.

Aan al deze categorieën meststoffen worden algemene, landbouwkundige en milieukundige eisen gesteld. Voor meststoffen die geheel of gedeeltelijk zijn geproduceerd uit afvalstoffen of reststoffen zijn specifieke regels geformuleerd. Voor deze stoffen is een toelatingsprocedure vastgesteld en na toelating worden deze meststoffen vermeld op Bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet (LNV, 2005). Op dit moment komen producten als groenafval, bermmaaisel, heideplagsel of oogstrestanten niet op deze lijst voor. Deze

producten mogen daarom niet worden verhandeld als meststof, tenzij deze producten worden gecomposteerd. Op dat moment vallen zij onder de regels voor compost zoals die in de Meststoffenwet c.q. het bijbehorende besluit of de bijbehorende regeling zijn verwoord.

2.3 *Brief staatssecretaris van 25 augustus 2011*

In Europees verband is met de nieuwe Kaderrichtlijn afvalstoffen de nuttige toepassing van een aantal afvalstromen uit de land- en bosbouw vergemakkelijkt. Producten zoals stro en ander natuurlijk niet-gevaarlijk materiaal die rechtstreeks afkomstig zijn uit de land- en bosbouw zijn daarmee vrijgesteld van de afvalstoffenregelgeving. Nederland tracht de term “afkomstig uit de land- of bosbouw” ruimer te interpreteren dan thans het geval is. Daarbij gaat het met name om maaisel en andere groene materialen uit natuurgebieden en parken. Dit zijn de materialen die genoemd worden in de Vrijstellingsregeling plantenresten en die aan de daar genoemde voorwaarden voldoen. Juist het kenmerk ‘schoon en onverdacht’ kan leiden tot het kritisch beoordelen van het door de Staatssecretaris van I&M geopperde idee in zijn brief van 25 augustus 2011 om de toepassingsmogelijkheden van groenafval te verruimen. Daarmee vallen deze stromen niet onder de afvalstoffenregeling en vervalt ook de controle op deze afvalstromen. Dit leidt tot een vergroting van het risico van ongewenste verspreiding van plantenpathogenen, onkruidzaden en anorganische of organische contaminanten en zwerfvuil. Bovendien kan toepassing van niet gecomposteerd materiaal leiden tot ongewenste microbiologische processen in de bodem, zeker wanneer de verspreiding van het materiaal niet homogeen is (in vergelijking met compost is het lastig om vers organisch materiaal homogeen in te werken op een perceel).

3 Pathogenen, onkruidzaden en ziekteverendheid

3.1 Algemeen

Diffuse verspreiding van reststoffen impliceert het niet composteren van deze stromen. Bij de beantwoording van de vraag wat de hygiënische gevolgen kunnen zijn van het niet composteren van deze stromen is het goed te bedenken waarom organische afvalproducten eigenlijk worden gecomposteerd (Termorshuizen et al., 2004):

1. Vanwege de sanitatie van compost, dat wil zeggen de verwijdering van ziekteverwekkende organismen gedurende de compostering.
Elke plantensoort bezit een keur aan plantenpathogenen (onder andere schimmels, insecten, aaltjes, virussen en bacteriën). Deze pathogenen komen zeer algemeen voor, zowel in gewassen als in natuurlijke vegetaties. Daarnaast staat sinds een aantal jaren het voorkomen van humaan-pathogene organismen, met name bacteriën, in allerlei biotopen steeds meer in de belangstelling. Compostering is een effectieve manier om de overgrote meerderheid van deze pathogenen af te doden. Voor die pathogenen die ook na compostering nog een probleem kunnen vormen kunnen richtlijnen opgezet worden (Termorshuizen et al., 2005). Worden zogenaamde quarantaine-pathogenen aangetroffen, dan kan bijvoorbeeld verbranding van organische reststoffen verplicht zijn. In berm- en slootmaaisel en groenafval zijn geen pathogenen aanwezig die na compostering voor problemen kunnen zorgen (Termorshuizen et al., 2005; Crohn et al., 2000). Verder is ook de afdoding van onkruidzaden tijdens het composteringsproces een essentiële voorwaarde voor de aanwending van compost. Hierdoor wordt het uit hygiënisch oogpunt veilig om gecomposteerde organische stof toe te passen op percelen waar deze niet vandaan komt.
2. Vanwege de stabilisatie van compost.
Gedurende compostering wordt grofweg 60% van de biomassa verademd. Dit betreft de makkelijk afbreekbare organische stof. Wordt deze makkelijk afbreekbare organische stof direct aan de bodem toegediend, dan zijn er gedurende enige tijd suikers en suikerachtige verbindingen in overvloed aanwezig in de bodem. Onder zulke suikerrijke omstandigheden kunnen bodempathogenen, die in principe slechte concurrenten zijn voor organische stof, profiteren en sterk in biomassa toenemen. Als er vervolgens een gewas gezaaid of geplant wordt, is de kans dat er problemen optreden aanzienlijk. Anders gezegd is niet-gecomposteerde organische stof, aangewend in hoeveelheden die equivalent zijn aan aangewende hoeveelheden organische stof in de vorm van compost, ziektestimulerend, terwijl compost in het algemeen ziekteverende eigenschappen heeft.

Beide punten worden hieronder in detail uitgewerkt.

3.2 Sanitatie-aspecten van het niet composteren van berm- en slootmaaisel en groenafval

Van belang zijn onkruiden en pathogenen die (a) voorkomen in bermmaaisel, slootmaaisel of groenafval én tegelijk (b) een probleem kunnen vormen daar waar het afval wordt aangewend.

3.2.1 Onkruiden

Composteren doodt veruit de meeste onkruidzaden (onder andere Grundy et al., 1998). In niet-gecomposteerd berm- en slootmaaisel en groenafval worden alle onkruidzaden verspreid die in dat afval

aanwezig zijn. De onkruidendruk zal dan ook toenemen. In het hierna volgende wordt een aantal onkruiden genoemd die de landbouw aanzienlijke schade kunnen berokkenen.

a. Berm- en slootmaaisel

Met name wortelonkruiden die dieper wortelen zijn een potentieel probleem voor de landbouw, zoals Akkerdistel (*Cirsium arvense*), Melkdistel (*Sonchus*-soorten) en diverse soorten Paardenstaart (*Equisetum*-soorten, bijvoorbeeld Heermoes, *E. arvense*). Doordat ze dieper wortelen zijn ze relatief ongevoelig voor grondbewerking. Via bermmaaisel kunnen zaden verspreid worden; via slootmaaisel is er goede kans dat er stukken wortelstokken verspreid worden. Een tweejarig veldexperiment in maïs bevestigt dit beeld (Lotz & Spijker, 2001) Knolcyperus (*Cyperus esculentus*) is een quarantaine-onkruid. Een perceel met knolcyperus krijgt te maken met een teeltverbod gedurende verscheidene jaren. Verspreiding heeft vooral plaats met verplaatsing van grond en met poot- en plantmateriaal. Kans op verspreiding via berm- en slootmaaisel is gering en met groenafval uiterst gering.

Jacobskruiskruid komt veel voor in wegbermen en schraal weiland en is de laatste tientallen jaren sterk toegenomen. In hooi is het vooral giftig voor paarden. Zaden van Jacobskruiskruid (*Jacobaea vulgaris*, synoniem *Senecio jacobaea*) kunnen eenvoudig worden verspreid via ongecomposteerd bermmaaisel; compostering doodt zaden van Jacobskruiskruid (EFRA, 2005).

b. Groenafval

In principe kan het hier gaan om vele soorten onkruiden. Bezien vanuit het beheer van de gemeentelijke plantsoenen is het waarschijnlijk dat vooral Reuzenberenklauw (*Heracleum mantegazzianum*) en Japanse duizendknoop (onder andere *Fallopia japonica*) problemen kunnen gaan vormen. Hiervan vormt Reuzenberenklauw in toenemende mate een probleem buiten de steden, waar deze soort haar opmars begon. Van Japanse duizendknoop is nog niet bekend of deze in de landbouw voor problemen zou kunnen gaan zorgen. Op gronden waarop jaarlijks grondbewerking plaatsheeft, vallen geen problemen te verwachten; bij meerjarige teelten of in akkerranden zouden dus wel problemen kunnen optreden.

3.2.2 Plantenpathogenen

Plantenpathogenen zijn uiterst algemeen: het voorkomen hiervan op veruit de meeste plantensoorten in zowel de landbouw als de natuur is normaal. Niet-bodemgebonden pathogenen leven en verspreiden zich bijna allemaal bovengronds en worden tijdens compostering afgedood. Het niet composteren zou dus gezien kunnen worden als een risicobron, maar omdat deze pathogenen zich gewoonlijk door sporulatie massaal bovengronds verspreiden is het toegevoegde risico van verspreiding van niet-gecomposteerd en met zulke pathogenen besmet afval te verwaarlozen. Waar het om gaat zijn vooral die pathogenen waarvan de ruimtelijke verspreiding van nature beperkt is en die normaliter door compostering afgedood worden.

Ralstonia solanacearum, de veroorzaker van bruinrot in aardappelen. Percelen die besmet zijn raken onderhevig aan door de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) opgelegde maatregelen, waaronder een teeltverbod en een beregeningsverbod (www.vwa.nl/onderwerpen/plantenziekten-en-plagen/dossier/bruinrot/maatregelen-bij-besmetting-bruinrot). Overleeft in de waardplant (in Nederland aardappel en het onkruid Bitterzoet (*Solanum dulcamara*)), de wortelomgeving van de waardplant en in oppervlaktewater. Kan gedurende enkele maanden overleven in besmette gewasresten. Verspreiding van bacteriën is er als met slootmaaisel besmette wortels van Bitterzoet worden meegenomen en op het land worden verspreid.

Plasmodiophora brassicae (een schimmelachtige die knolvoet veroorzaakt) komt vrij algemeen voor in moestuinen. Geïnfecteerd plantenmateriaal wordt waarschijnlijk in beperkte mate aangeleverd aan groenafval. Als dit groenafval niet gecomposteerd wordt verspreid, dan zal knolvoet zich hiermee ook verspreiden. Dit op zich is ongewenst gezien de lange overlevingsduur van de rustsporen van knolvoet. Een reëel risico is er alleen als dergelijk besmet materiaal aangewend wordt op percelen waar kool geteeld wordt. Het risico is te vermijden als het groenafval vakkundig wordt gecomposteerd. In dat geval is afdoding wel gegarandeerd. Rustsporen van knolvoet zijn echter zeer persistent, dat wil zeggen een amateuristische wijze van composteren (bijvoorbeeld in een compostvat) zal tot onvoldoende afdoding leiden. Samenvattend wordt het risico van het gebruik van niet gecomposteerd groenafval op knolvoet als beperkt ingeschat, gezien dat besmet materiaal maar beperkt wordt aangeleverd en de toepassing op koolpercelen ook beperkt zal zijn.

Bacterievuur, veroorzaakt door *Erwinia amylovora*, komt algemeen in Nederland voor in vele soorten wilde en geteelde roosachtige struiken. In zogenaamde 'bufferzones' zijn er verplichte maatregelen. De meest klassieke maatregelen bestaan uit het ruim snoeien van aangetaste takken en deze ter plekke verbranden. Ook ter plekke versnipperen en afvoeren in een afgesloten ruimte is mogelijk, evenals composteren (www.vwa.nl/onderwerpen/plantenziekten-en-plagen/dossier/bacterievuur/bestrijding). De bacterie heeft een goede kans op verspreiden als besmet snoeiafval ter plekke achtergelaten wordt. Risico's komen er niet zozeer van professionele groenarbeiders; problemen zijn wel mogelijk met particulieren die snoeimateriaal als groenafval aanbieden. De kans op diffuse verspreiding van bacterievuur via deze weg is aanmerkelijk.

Phytophthora ramorum alsmede hieraan verwante soorten, veroorzaakt op allerlei houtige gewassen ziekte. Risico van verspreiding is er momenteel vooral vanuit Rododendron, maar in de nabije toekomst zouden nog wel meer gewassen verspreidingsbron kunnen blijken te zijn. Zo is in het Verenigd Koninkrijk gemeld dat ook verspreiding vanuit Lariks kan optreden (Brasier & Webber, 2010). Aangetaste planten moeten ter plekke worden vernietigd of gesloten worden afgevoerd naar verbranding of compostering. Snippers van geïnfecteerde Rododendron vormen gedurende langere tijd een groot risico van verspreiding van de ziekte. Er is gerede kans dat particulieren aangetast materiaal aanbieden aan het GFT-afval of aan gemeentewerven (groenafval). Zonder compostering kunnen deze afvalstromen voor grote problemen gaan zorgen, in het bijzonder in de boomteeltsector.

Honingzwam (Armillaria mellea), veroorzaker van wortelrot bij houtige planten. Deze zwam is zeer algemeen in de vorm van persistente, zwarte, veterachtige structuren die compostering niet overleven. Het is waarschijnlijk dat dit materiaal veelvuldig wordt aangeleverd bij het groenafval. Als dit soort materiaal wordt toegepast in de boom- en fruitteelt zijn is de kans op problemen zeer groot.

lepziekte (*Ophiostoma ulmi* en verwante soorten) is de veroorzaker van verwelking bij iepen. Algemeen in Nederland. Om verspreiding tegen te gaan moet hout worden verbrand of gecomposteerd, maar deze handelingen zijn inmiddels niet meer verplicht. Een aantal gemeenten legt dit overigens nog wel op via plaatselijke verordeningen. Boomverzorgers zijn er wel van op de hoogte dat deze handelingen de verdere verspreiding van lepziekte tegengaan. De verwachting is dat bij het niet meer composteren van groenafval de infectiedruk van lepziekte in Nederland toe zal nemen.

3.2.3 Humaanpathogenen

Humaanpathogenen die via de voedselketen problematisch kunnen worden betroffen met name (maar niet uitsluitend) *E. coli* EHEC¹ en *Salmonella*. Deze pathogenen hebben gewoonlijk een dierlijke oorsprong en zijn dus vooral in dierlijke mest te vinden. Problemen in de teelt van gewassen zijn echter ook gerapporteerd. Vaak gaat het dan om beregning met besmet oppervlaktewater van gewassen die rauw geconsumeerd worden of om plaatsing van dierlijke mest dicht bij reeds staande gewassen. Overdracht naar de planten kan dan plaatsvinden doordat *E. coli* (inclusief EHEC) gedurende enige tijd in de bodem kan overleven. De meest recente grote Europese uitbraak van *E. coli* EHEC betrof echter besmet zaad van Fenegriek (EFSA, 2011). Zolang dierlijke mest in Nederland algemeen wordt aangewend en/of er wordt beregend, is de bijdrage aan het risico van deze humaanpathogenen via de verspreiding van slootmaaisel te verwaarlozen. Wel is het zo dat genoemde humaanpathogenen, gezien hun dodingstemperatuur, probleemloos worden afgedood tijdens compostering (Epstein, 1997; Termorshuizen et al., 2003).

3.3 Effecten op de ziekteverende eigenschappen van de bodem

Compost heeft een matige tot sterke ziektevering tegen een reeks van bodemgebonden plantenpathogenen (Termorshuizen et al., 2006; Bonanomi et al., 2010). De oorzaak hiervan is niet in detail bekend, maar ligt waarschijnlijk voor een groot deel bij het selectieve voordeel dat compost biedt aan antagonisten van bodemgebonden plantenpathogenen. Dit komt doordat compost een enigszins gestabiliseerde vorm van organische stof is: het is dus niet zeer makkelijk afbreekbaar. Bodemgebonden plantenpathogenen zijn geen sterke concurrenten om dode organische stof: zij zijn immers gespecialiseerd in de aantasting van levende planten. Er is daarom een grotere kans op problematisch optreden van bodemgebonden plantenpathogenen als de voedingsstoffen voor micro-organismen in de bodem niet limiterend zijn, en dat treedt vooral op als er een grote hoeveelheid beschikbare voedingsstoffen wordt aangewend. Een extreem voorbeeld hiervan is suiker: wordt dit in overvloed aangewend, dan ondervinden bodemgebonden plantenpathogenen geen hinder van concurrenten en groeien zij door deze suiker. Iets soortgelijks geldt voor jonge compost, en nog veel meer geldt dit als forse hoeveelheden verse organische stof worden aangewend. Dit kan dan dus twee gevolgen hebben: ten eerste dat reeds in de bodem aanwezige pathogenen zich gaan vermenigvuldigen; en ten tweede dat in de verse organische stof aanwezige pathogenen zich verder vermenigvuldigen (Tuitert et al., 1998). Het betreft hier dan met name pathogenen die in staat zijn om actief te zijn in de grond, zoals *Rhizoctonia solani* en *Pythium*-soorten. Aaltjes zijn in deze geen risicogroep.

Toediening van vers en onverwerkt organisch materiaal kan zowel een positief als negatief effect hebben op de hoeveelheid pathogene schimmels in de bodem (Postma et al., 2010). Via uitgebreid literatuuronderzoek komen Postma et al. (2010) tot de conclusie dat het toedienen van vers organisch materiaal in circa 45% van de situaties leidde tot een verhoging van de ziekteverendheid van bodems. In circa 35% van de situaties werd echter geen effect vastgesteld en in 20% van de situaties werd er juist een toename in ziektegevoeligheid aangetoond. Ziektevering kwam voornamelijk voor bij zeer hoge giften, die in de praktijk niet haalbaar zijn. De werking is vaak pathogeen-specifiek en afhankelijk van het type (ofwel de kwaliteit) organische stof. Toediening van organische stof aan de bodem kan ook een bijdrage leveren aan de onderdrukking van plantparasitaire aaltjes, maar hier is tot nu toe maar betrekkelijk weinig onderzoek gedaan.

¹ Met *E. coli* EHEC worden toxineproducerende stammen van *E. coli* bedoeld. Veruit de meeste *E. coli* zijn niet humaanpathogeen.

3.4 Synthese

De gegevens uit voorgaande paragrafen worden in de volgende tabel samengevat met het oog op het mogelijk risico na onderwerken op landbouwpercelen. Risico's die ook bij toediening van gecomposteerde organische reststromen in vergelijkbare mate optreden zijn hierbij buiten beschouwing gelaten.

Tabel 3.1. Risicobeoordeling van onkruiden / pathogenen na het onderwerken van organische reststromen.

Reststroom	Risico			
	Groot	Aanmerkelijk	Gering	Verwaarloosbaar
Bermmaaisel	onkruiden, o.a. Jacobskruiskruid			
Slootmaaisel	diverse wortelonkruiden	bruinrot ¹	humaan- pathogenen	
Groenafval	<i>Phytophthora</i> <i>ramorum</i>	onkruiden Bacterievuur lepziekte Honingzwam	<i>Plasmodiophora</i> <i>brassicae</i>	

¹ Verwaarloosbaar risico als het maaien van sloten verboden is in verband met de aanwezigheid van bruinrot.

Met betrekking tot het 'schoon en onverdacht' zijn van genoemde organische reststromen kunnen op het gebied van plantenpathogenen en onkruiden wel enkele vraagtekens worden gezet, zo blijkt uit deze tabel. Bij de kleine kringloop zal de ontvangende boer naar verwachting wel op de hoogte zijn van de risico's. Hij kent immers het gebied en het geleverde materiaal. Er verandert ook niets ten opzichte van de bestaande situatie. Bij de grote kringloop is het voor de ontvanger van het materiaal niet duidelijk wat de risico's zijn.

4 Zware metalen, arseen en organische microverontreinigingen

4.1 Bermmaaisel

Bermmaaisel komt beschikbaar bij het onderhoud van bermen en taluds aan de gemeentelijke, provinciale en rijkswegen. Het wordt als volgt gedefinieerd: *“in hoofdzaak organisch materiaal van plantaardige herkomst dat vrijkomt bij het maaien van grazige kruidenvegetaties, groeiend op wegbermen, langs of in watergangen en op waterkeringen”* (VROM, 2005). De bermen worden voornamelijk gemaaid in de maanden mei-juni (voorjaar) en de maanden september-oktober (najaar). De bermbeheerders hebben de keuze voor klepelen (maaisel blijft achter) of afvoeren. De totale hoeveelheid bermgras die in Nederland beschikbaar komt, wordt geschat op circa 400 tot 600 kton per jaar (De Vries et al., 2008; BTG, 2005; Koppejan et al., 2001).

4.1.1 Gehaltes aan zware metalen en organische verontreinigingen

Uit diverse onderzoeken zijn gegevens bekend over het gehalte aan zware metalen, arseen en organische microverontreinigingen in bermmaaisel. Een overzicht van deze gegevens wordt weergegeven in Tabel 4.1. Uit deze gegevens wordt duidelijk dat er een aanzienlijke spreiding is in de kwaliteit van het maaisel. Er is bovendien geen duidelijke trend aanwezig dat het gehalte aan zware metalen en arseen verandert over de tijd. Gegevens uit het verleden kunnen daarom ook gebruikt worden om een inschatting te geven van het risico van vervuiling in landbouwgronden wanneer dit materiaal wordt ondergewerkt.

Tabel 4.1. Gemiddelde gehaltes aan zware metalen, arseen en PAK's (mg kg⁻¹ droge stof).

Bron	n	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As	PAK
1	-	0,3-0,5	7-12	7-16	<0,11	<6,2	<19	50-80	<9,5	-
2	18	0,05	6,6	-	0,01	5,7	8,2	45	0,3	-
3	63	0,35	9,6	10,1	0,05	4,6	14,3	77,3	3,1	-
4	2	0,16	3,15	7,9	0,03	2,1	6,9	36	0,18	-
5	202-339	0,36	3,35	9,5	0,16	2,62	6,8	67,4	0,7	-
6	44	0,4	6,9	13,4	0,1	4,3	12	88	0,9	1,2
6	22-166	0,5	4,4	10	0,2	4,4	6,0	71	0,5	1,0
6	7-83	0,2	2,0	16	0,05	2,8	8,6	64	0,2	0,4
7	-	0,1-0,3	4	7-12	-	1-3	1-19	24-56	<0,5	-
8	9	0,12	2,04	6,69	0,03	2,10	4,1	26	0,11	0,06
9	6-50	0,1	4,3	8,6	-	2,0	8,6	47	0,3	0,4
10	-	<1	11	10	<0,1	1,6	14	44	<1	-
11	60	<0,2	<1,4	<6,5	-	<1	<16	<16	-	-
Totaal	-	0,1-0,5	2-10	7-16	<0,2	1-6	1-19	26-88	1-3	<1,2

* De gebruikte bronnen zijn hier als volgt genummerd: 1) Van Schöll et al., 2010 (bevat minimale en maximale waarden); 2) Ehlert et al., 2010; 3) Spijker et al., 2004; 4) Van den Berg & Meuleman, 2003; 5) Bok et al., 2001; 6) Provincie Zuid-Holland, 1994; 7) Meuleman & Faaij, 1998; 8) De Groene Ruimte, 1996; 9) Klein Breteler et al., 1994; 10) Phyllis, 2012; en 11) Wyers et al., 1990.

De hoeveelheden PAK's in het bermmaaisel zijn laag; gemiddeld minder dan 1,2 mg kg⁻¹ droge stof. Veelal is de conclusie dat deze stoffen geen problemen vormen voor het eventuele gebruik van bermmaaisel als compost of bodemverbeteraar (De Groene Ruimte, 1999; Provincie Zuid-Holland, 1994). De norm voor

$\Sigma 10$ -PAK is 307 mg kg^{-1} organische stof, $11.500 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, $9.200 \text{ mg kg}^{-1} \text{ N}$ en $6.133 \text{ mg kg}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ (Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet). Daarbij komt dat PAK's microbiëel afbreekbaar zijn. In enkele onderzoeken van voor 2000 is tevens een hele serie organische verontreinigingen gemeten. Dit zijn onder andere de volgende chemische verbindingen / residuen van bestrijdingsmiddelen: HCA-verbindingen, HCB, heptachloor, cis-hyetchloorepoxide, trans-chloordaan, aldrin, dieldrin, endrin, DDT, alfa-endosulfan en endosulfansulfaat. Het gehalte van deze verontreinigingen was altijd lager dan $0,025 \text{ mg kg}^{-1}$ droge stof. Vergeleken met de maximale toegestane organische verontreinigingen (Bijlage Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet) zijn deze microverontreinigingen lager dan de norm. Bestrijdingsmiddelen worden alleen incidenteel aangetoond (Klein Breteler et al., 1994).

Het bermmaaisel in gemeentelijke, provinciale wegbermen en wegbermen beheerd door Rijkswaterstaat wordt voor wat betreft de gehalten aan zware metalen en organische micro's veelal als 'relatief schoon' beoordeeld. Er is echter een grote variatie aanwezig in de gemeten concentraties. Het is onduidelijk in welke mate dat samenhangt met maaiseizoen, beheermethode, weg- en bermtypen, en verkeersintensiteit (Bok et al., 2001; De Groene Ruimte, 1999; Provincie Zuid-Holland, 1994). Desondanks wordt in de uitgebreide studie 'typologie bermgraskwaliteit' uitgevoerd door Bok et al. (2001) geconcludeerd dat bermgras in principe geschikt is voor onderwerken in landbouwgronden. Uitzondering is het najaarsmaaisel op benedenwindse bermen, omdat de gehalten ter plekke hoger kunnen zijn dan de BOOM-normen voor zuiveringsslib. Probleemstoffen zijn voornamelijk Cd en Zn. (N.B. De BOOM-normen zijn nu opgenomen in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet).

In onderstaande Tabel 4.2 worden de toetsingsnormen weergegeven zoals die in 2012 geldig zijn voor toepassing van compost, zuiveringsslib en overige organische meststoffen in landbouwgronden (Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet). Ook is opgenomen de normstelling die in 2002 door het ministerie van LNV werd aangegeven in een brief aan de provincie Noord-Brabant met betrekking tot het onderwerken van niet gecomposteed bermmaaisel.

Tabel 4.2. Toetsingsnormen voor zware metalen en arseen.

Toetsingsnorm voor:	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As
compost, mg kg^{-1} DS *	1,0	50	90	0,3	20	100	290	15
zuiveringsslib, mg kg^{-1} DS *	1,25	75	75	0,75	30	100	300	15
overige organische meststoffen, mg kg^{-1} OS *	0,8	50	50	0,5	20	67	200	10
Prov. Noord-Brabant (LNV, 2002), mg kg^{-1} OS **	0,64	40	40	0,4	16	54	160	8

* gegevens uit Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet; DS = droge stof; OS = organische stof

** deze norm geldt voor bermmaaisel met 70% organische stof waarvoor de provincie destijds een ontheffing als meststof kon aanvragen. Deze ontheffingsmogelijkheid is momenteel niet meer van kracht.

De hoeveelheid organische stof in het verzamelde maaisel blijkt sterk te variëren, samenhangend met de gekozen meetmethode, het tijdstip van analyse en de weersomstandigheden. Ten eerste, studies die gebruik maken van handmatig genomen gewasmonsters hebben een veel hoger organischestofgehalte dan studies die gebruik maken van gangbaar materiaal om bermgras te verzamelen. In de praktijk worden bij het maaien namelijk ook gronddeeltjes meegenomen (ook als goed gewerkt wordt; Spijker et al., 2004). Ten tweede, in de periode tussen maaien en verzamelen enerzijds en analyse anderzijds wordt organische stof afgebroken, waardoor het organischestofgehalte daalt. Ten derde, weersomstandigheden gedurende het groeiseizoen bepalen in sterke mate hoeveel biomassa er in de berm tot ontwikkeling komt, en bij een gelijkblijvende hoeveelheid bodemdeeltjes wijzigt dan ook het gehalte aan organische stof. Gebaseerd op

de gegevens van Spijker et al. (2004) kan voor een praktijksituatie worden uitgegaan van een organischestofgehalte van 40-55%. Uitgaande van dit gehalte is de LNV norm (2002) vergelijkbaar met die voor zuiveringsslib.

Wanneer de gemeten waarden (Tabel 4.1) vergeleken worden met de norm voor compost en zuiveringsslib, dan voldoet het *gemiddelde bermmaaisel* aan de vastgestelde normen. Dit is het geval voor alle zware metalen en arseen. In individuele situaties kunnen echter flinke overschrijdingen aanwezig zijn (Spijker et al., 2004; Bok et al., 2001; De Groene Ruimte, 1999; Provincie Zuid-Holland, 1994).

Het blijkt dat de vervuiling van bermmaaisel verzameld in grootschalige praktijkproeven met betrekking tot zware metalen en arseen goed overeenkomt met de gevonden waarden in kleinschaliger uitgevoerd onderzoek aan vers bermmaaisel. Op grotere schaal blijkt dat maaisel een vergelijkbare milieubelasting oplevert van de bodem als compost gemaakt van overige reststromen (bloembollenaafval, afval uit glastuinbouw en heideplagsel; Delahaye et al., 2003). Weliswaar zijn de gehalten in compost vaak hoger dan die van bermmaaisel (Spijker et al., 2004), maar de organische stof van dit maaisel is niet stabiel en zal daarom worden afgebroken.

4.1.2 Toepassing en regelgeving

Op dit moment wordt het meeste bermgras ofwel achtergelaten dan wel afgevoerd en gecomposteerd. In toenemende mate wordt er ook gedacht aan het gebruik van bermgras, en ook van biomassa uit natuurterreinen, voor energieopwekking via uiteenlopende processen, zoals (co-)vergisting, verbranding, pyrolyse, vergassing, torrefactie, etc., maar ook andere verwerkingsmethoden zoals bioraffinage. Hiertoe zijn de afgelopen jaren diverse studies uitgevoerd, waarin de mogelijkheden en haalbaarheid van de diverse verwerkingsmethoden zijn vergeleken (onder andere Koppejan et al., 2001; Van den Berg & Meuleman, 2003; Caron et al., 2003; Welink & Van der Koogh, 2004; BTG, 2005; Innovatienetwerk, 2005; Reumerman, 2008; Van Herk & Koning, 2009; LTO Noord, 2009; Hesse, 2009).

Het vervoeren en verhandelen van producten als meststof of organisch bodemverbeterend middel is op grond van de Meststoffenwet verboden, tenzij het product is opgenomen in de lijst van toegestane meststoffen of wanneer er ontheffing is verleend. Voor bermmaaisel is dat sinds 2005 het geval: het is opgenomen in de vrijstellingsregeling plantenresten en tarragrond (VROM, 2005). Dit geldt echter uitsluitend voor de kleine kringloop. De eisen die aan het maaisel worden gesteld zijn:

- Er is sprake van schoon en onverdacht bermmaaisel. Schoon betekent dat er geen vervuiling in mag zitten zoals zwerfafval en met onverdacht wordt bedoeld dat er geen aanwijzingen mogen zijn dat het toepassen van maaisel leidt tot de verspreiding van voor het milieu gevaarlijke stoffen (BVOR, 2005).
- De hoeveelheid die op of in de bodem wordt gebracht, uit oogpunt van goede landbouwpraktijk, staat in evenwicht tot het oppervlak van het ontvangende perceel, en
- Het bermmaaisel wordt gelijkmatig verspreid over het ontvangende perceel en draagt niet significant bij aan de verspreiding van nutriënten en zware metalen. Hiermee wordt voorkomen dat lokaal hoge concentraties nutriënten of zware metalen ontstaan.

In aanvulling hierop geldt er ook een afstandseis dat bermmaaisel alleen binnen een afstand van maximaal 100 meter naar een aanliggend perceel mag worden vervoerd. Als toepassing op een aanliggend perceel niet mogelijk is, dan is het toegestaan om het bermmaaisel te verwerken op een ander perceel van hetzelfde bedrijf, maar uitsluitend binnen een afstand van 1 kilometer van de plaats van vrijkomen van het maaisel (VROM, 2005).

De gevolgen van de mogelijke aanpassing van de wet zal mogelijkheden creëren voor makkelijkere verspreiding van stromen van (natuurlijk) maaisel in de landbouw. Hoe de exacte uitvoering van de kaderrichtlijn afval zal uitwerken, is nog onduidelijk (Aarts et al., 2011). Het is tevens onduidelijk of de richtlijnen die in het verleden zijn opgesteld nog moeten worden toegepast. Ter illustratie: in 2002 heeft het toenmalige Ministerie van LNV in een brief aan de provincie Noord-Brabant aangegeven aan welke eisen bermmaaisel moet voldoen om ongecomposteerd te mogen worden toegepast (LNV, 2002). De eisen die aan het maaisel worden gesteld zijn (Spijker et al., 2004):

- een minimaal organischestofgehalte van 70% (van de droge stof);
- een verplichte analyse van het materiaal per partij om het organischestofgehalte te analyseren;
- homogeniteit en gelijkmatigheid van samenstelling (qua organischestofgehalte);
- milieuhygiënische kwaliteit; de aanwezigheid van zware metalen en arseen wordt getoetst op basis van een aanvoer van onbewerkte organische stof van 3.750 kg ha⁻¹ per jaar;
- het toegelaten absolute maximum van onkruiden is 250 kiemkrachtige zaden Ridderzuring en Akkerdistel per ton organische stof; voor de overige onkruidzaden geldt een maximum van 25.000 kiemkrachtige zaden per ton droge stof; en
- er mogen geen plantopathogenen (bijvoorbeeld bruinrotbacteriën) aanwezig zijn in het maaisel.

4.2 Sloopmaaisel

In bermen, op oevers, in en langs watergangen groeien grassen, kruiden, riet en onderwaterplanten. Vrijwel altijd worden de oevers en watergangen jaarlijks gemaaid, zodat de watergangen hun primaire functie (verkeer, waterafvoer) behouden. De vegetatie kan ook worden gemaaid en verwijderd om ecologische redenen (vershraling). Sloopmaaisel kan daarom worden gedefinieerd als plantaardig organisch materiaal dat vrijkomt bij het maaien en opschonen van sloten, oevers en waterkanten. De hoeveelheid maaisel die vrij kan komen varieert van 2 tot 6 ton droge stof per hectare per jaar (Spijker et al., 2004). Op jaarbasis kan de hoeveelheid oplopen tot 1.159.000 ton sloopmaaisel (BVOR, 2005). In vergelijking met bermmaaisel zijn er minder gegevens bekend over de gehalten aan zware metalen in sloopmaaisel. Een overzicht van de bekende gegevens wordt weergegeven in Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Gemiddelde gehalten aan zware metalen, arseen en PAK's (mg kg⁻¹ droge stof) in sloopmaaisel.

Bron *	n	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As	PAK
1	4	0,5	6,0	9,3	0,05	28,5	3,7	131	2,1	-
2	1	1	20	14	0,05	20	11	85	44	-
3	18	0,3	8,5	8,0	0,04	3,9	5,0	74	5,6	-
4	75	0,4	4,4	6,5	0,07	6,8	2,8	62,1	0,32	-
5 **	19-96	17	21	4	5	53	32	21	37	-
6 **	103-116	-	-	79	-	72	-	59	-	-
7	1	1	12,4	8,8	0,05	8,4	22,2	35	0,25	-
Totaal	-	<1	<20	<15	<0,1	<30	<22	<130	<44	-

* De gebruikte bronnen zijn hier als volgt genummerd: 1) Boland, 2008; 2) Feenstra et al., 2005; 3) Spijker et al., 2004; 4) GTD, 2004; 5) Spijker et al., 2003; 6) Zwart, 2011; en 7) Jansen & Kuiper, 2004

** Voor bron 5 en 6 is niet de werkelijke waarde gegeven, maar het percentage monsters dat een hogere of gelijke waarde had als de grenswaarde volgens BOOM normering; volgens auteurs niet representatief voor de sloopmaaisels in Nederland.

Uit deze onderzoeksgegevens voor zware metalen blijkt dat sloot- en oevermaaisels in een groot aantal gevallen bruikbaar zijn als bodemverbeteraar. Gegevens over de milieuhygiënische kwaliteit zijn echter schaars en de gegevens in Tabel 4.3 laten zien dat er een grote variatie mogelijk is. Recent onderzoek in Noord-Brabant (op 80 locaties; Feenstra et al., 2005) laat zien dat in vrijwel alle gevallen aan de BOOM-normering wordt voldaan. Een uitzondering was het Kempengebied dat sterk met Zn en Cd is vervuild.

Organische verontreinigingen in waterbodems zijn voornamelijk sterk geadsorbeerd aan de organische stof. Organische residuen kunnen vervolgens bij het maaien in het maaisel terecht komen via grond dat meegenomen wordt tijdens het maaien. Het gaat hierbij dan vooral om PAK's, PCB's en een aantal bestrijdingsmiddelen. In de analyse uitgevoerd door Spijker et al. (2003) is aangegeven dat de risico's van verspreiding en ophoping in akkerbouwpercelen relatief laag is. Deze conclusie is echter niet gebaseerd op gemeten gegevens, maar op het feit dat deze middelen, die veelal van nabij liggende percelen komen, gedeeltelijk biologisch afbreekbaar zijn en/ of via de waterfase worden afgevoerd.

Slootmaaisel valt onder dezelfde wettelijke regelingen als bermmaaisel.

4.3 Groenafval

Groenafval komt vrij bij de aanleg en onderhoud van openbaar groen, bos- en natuurterreinen. Inclusief bermgras wordt de hoeveelheid groenafval geschat op 480 tot 650 kton per jaar (CBS, 2012). Gegevens over de milieuhygiënische kwaliteit zijn schaars. De bekende gegevens zijn weergegeven in Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Gemiddelde gehalten aan zware metalen, arseen (mg kg⁻¹ droge stof) in openbaar groenafval.

Bron	Type	n	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As
1	Houtafval	-	0,6	18	20	0,1	22,3	25	49	-
2	Natuurvegetatie	63	5,5	-	108	-	-	30	92	-
3	Natuurvegetatie	10	0,13	-	7,4	-	6,8	-	76	-
4	Natuurvegetatie	1	<0,3	-	1,0	-	-	-	18	-
5	Natuurvegetatie	6-17	7,0	0,6	7,9	-	1,0	1,74	276	0,68
6	Natuurvegetatie	1	1,0	12,4	8,8	0,05	8,4	22,2	35	0,25
7	Natuurvegetatie	20	0,1	1,9	9,5	-	2,1	1,2	46	0,9
8	Natuurvegetatie	-	-	-	2,3-5	-	-	-	13-33	-
9	Natuurvegetatie	-	1,1	13,6	4,2	-	4,3	6,1	88	<1,5
10	Natuurvegetatie	4	0,11	0,3	5,1	-	0,5	-	-	1,2
11	Natuurvegetatie	2	1,7	19	18	0,05	22	126	54	1,1
12	Natuurvegetatie	-	<0,3	<1	<16	-	<3	<9	<64	<1
Totaal	Natuurvegetatie		<7	<19	<108	<0,1	<22	<126	<276	<1,5
13	Natuurcompost	-	0,43	6,5	12,6	0,04	3,5	11	101	3,3
13	Natuurcompost	-	0,35	7,7	10,6	0,04	4,9	11	79	5,7
13	Groencompost	-	0,42	20,5	27	0,1	10	38	127	4,6
14	Groencompost	-	0,45	19,8	29,4	0,13	10,3	42,3	138,5	4,8
14	GFT compost	-	0,5	18,8	35,7	0,14	9,8	65,3	174,9	3,8
Totaal	Compost	-	<0,5	<21	<36	<0,2	<10	<65	<175	<6

* De gebruikte bronnen zijn hier als volgt genummerd: 1) Phyllis, 2012; 2) Van den Brink, 2009; 3) Sival et al., 2008; 4) Holshof & Boekhoff, 2006; 5) Römkens et al., 2006; 6) Jansen & Kuiper, 2004; 7) Van der Pol et al., 2004; 8) Kool & Koskamp, 2003; 9) Ma et al., 2001; 10) Van Doorn et al., 2001; 11) Van der Drift & Olsen, 1999; 12) Tummers, 1998; 13) Biokennis, 2010; en 14) Heeres et al., 2005.

Veel van de verzamelde monsters komen uit gebieden met verontreinigde bodems (onder andere de Kempen). In deze verontreinigde gebieden wordt namelijk de vegetatie gemonitord en frequent het gehalte aan zware metalen geanalyseerd. De waarden in Tabel 4.4 geven daarmee een enigszins gekleurd beeld van de werkelijkheid en overschatten de aanwezigheid van zware metalen en arseen. Veel gegevens uit 'schone' gebieden zijn niet bekend. Om een betere inschatting te kunnen maken van het mogelijke risico van verspreiding van zware metalen in groenafval is tevens een schatting weergegeven van het gehalte aan zware metalen in natuur- en groencomposten. Omdat het gehalte aan zware metalen tijdens het composteren toeneemt (uitgedrukt per kg droge stof of per kg organische stof), kan dit als een worst-case scenario gebruikt worden om het gehalte in het gebruikte groenafval te schatten.

Groenafval uit openbaar groen en vegetatie in natuurgebieden heeft overwegend lage concentraties aan zware metalen. Met enkele uitzonderingen voldoet al het maaisel aan de normen gesteld door LNV (2002) en de normeringen voor compost en zuiveringsslib (Tabel 4.2). De uitzonderingen betreffen voornamelijk vegetatiemonsters die genomen zijn in sterk verontreinigde natuurgebieden.

4.4 Korte samenvatting

Gebaseerd op de verzamelde gegevens kan voor de drie groenafvalstromen een inschatting gemaakt worden van het gehalte aan zware metalen en arseen. Een overzicht hiervan wordt weergegeven in Tabel 4.5. Voor organische verontreinigingen zijn vrijwel geen gegevens beschikbaar.

Tabel 4.5. Gemiddelde gehalten aan zware metalen, arseen (mg kg^{-1} droge stof).

Bron	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As	PAK
Bermgras	<0,5	<10	<16	<0,2	<6	<19	<88	<3	<1,2
Slootmaaisel	<1	<20	<15	<0,1	<30	<22	<130	<44	-
Natuurvegetatie	<7	<19	<108	<0,1	<22	<126	<276	<1,5	-
Compost	<0,5	<21	<36	<0,2	<10	<65	<175	<6	-

Op basis van de gemeten gehalten aan zware metalen en arseen en de inschatting van de concentraties aan organische microverontreinigingen is de stelling te verdedigen dat in verreweg de meeste gevallen de genoemde drie groenafvalstromen 'schoon en onverdacht' zijn. Uitzondering is groenafval afkomstig van door zware metalen of anderszins vervuilde terreinen.

5 Organische stof en nutriënten

5.1 Organischestoftoediening; eigenschappen en relevantie

De bodem is de basis voor een goede opbrengst en kwaliteit van gewassen. Organische stof is essentieel voor de chemische, fysische en biologische bodemkwaliteit in de akkerbouw (Postma et al., 2010).

Concreet is organische stof belangrijk met betrekking tot het verbeteren van de bodemvruchtbaarheid en de aanvoer van mineralen, het verbeteren van de bodemstructuur, het watervasthoudend vermogen, de buffering van mineralen en het stimuleren van het bodemleven, wat kan leiden tot een verbeterde weerbaarheid tegen ziekten en plagen. Een goed bodembeheer dient daarom ook gericht te zijn op het handhaven en indien nodig het verbeteren van het gehalte en de kwaliteit van de organische stof in de bodem. In Tabel 5.1 wordt een overzicht gegeven van de gehalten en hoeveelheden organische stof in Nederlandse landbouwgronden, uitgesplitst naar grondsoort en landgebruik (Van Schöll et al., 2010). Gebruik makend van deze gegevens kan berekend worden hoeveel organische stof jaarlijks aangevoerd moet worden om de afbraak te compenseren.

Tabel 5.1. De afbraaksnelheid, percentage en hoeveelheid organische stof (O.S.) in de bouwvoor van grasland (0-10 cm) en bouwland (0-30 cm) op verschillende grondsoorten en de gewenste jaarlijkse aanvoer die nodig is om de jaarlijkse afbraak te compenseren voor het in stand houden van het organischestofgehalte (Bron: Van Schöll et al., 2010).

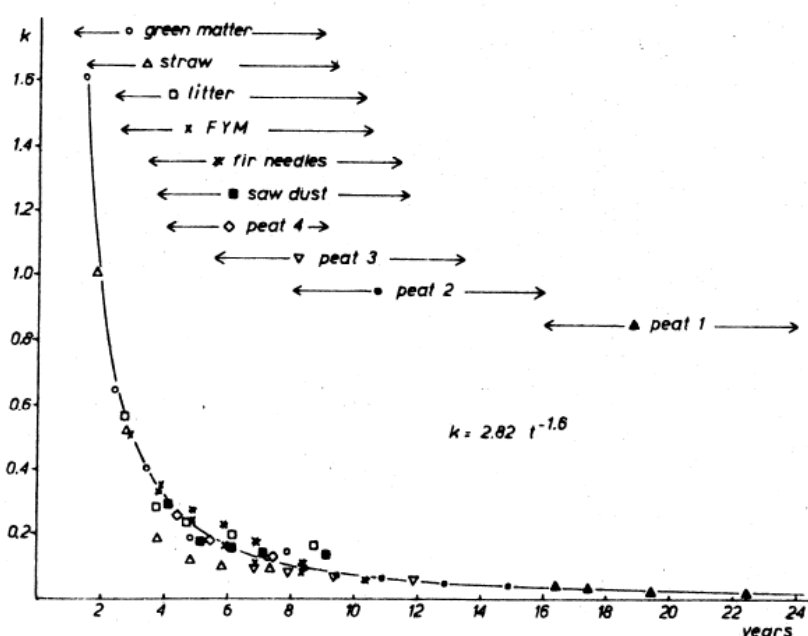
Grondsoort	Relatieve afbraaksnelheid	Bouwland			Grasland		
		O.S.	O.S.	Gewenste aanvoer	O.S.	O.S.	Gewenste aanvoer
	% per jaar	%	ton ha ⁻¹	ton ha ⁻¹ jr ⁻¹	%	ton ha ⁻¹	ton ha ⁻¹ jr ⁻¹
Duinzand	3,0 – 10	1,5	43	3,3	8,2	95	7,1
Zand	0,5 – 1,0	4,1	108	0,8	6,3	77	0,6
Jonge zeeklei	2,0 – 4,0	2,3	65	1,9	11,1	119	0,6
Oude zeeklei	1,5 – 2,5	4,5	117	2,3	16	151	3,0
Lössgrond	0,5 – 1,0	2,6	72	0,5	7,1	85	0,6
Rivierklei	1,5 – 2,5	3,5	94	1,9	10,8	117	2,3
Dalgrond	0,5 – 1,0	11,5	244	1,8	12,2	127	1,0
Veengrond	1,0 – 3,0	23,7	378	7,6	30,7	215	4,3

Omdat er in de praktijk verschillende soorten organische stof worden aangevoerd (onder andere dierlijke mest, gewasresten, compost) is in het verleden het concept 'effectieve organische stof' ontwikkeld. Dit concept wordt gebruikt om de bijdrage van verschillende materialen aan de organischestofopbouw in gronden te kwantificeren. Onder effectieve organische stof wordt de hoeveelheid organische stof verstaan die 1 jaar na toediening van een organischestofhoudend product in de bodem resteert. Voor de praktische toepassing van deze kennis zijn er diverse tabellen in omloop waarin de hoeveelheid effectieve organische stof voor diverse typen organische materialen is gekwantificeerd (zie onder andere PAGV, 1989). Een veelgebruikte vuistregel is dat circa 1,5 tot 2,5 ton effectieve organische stof per hectare nodig is om het organischestofgehalte in akkerbouwpercelen te handhaven.

De gegevens over de hoeveelheid effectieve organische stof in gewasresten, compost en organische mesten zijn afgeleid uit onderzoek naar de hoeveelheden vers organisch materiaal in de producten en naar

de hoeveelheid die één jaar na toediening resteert. De beperking van dit concept is dat slechts zeer beperkt rekening wordt gehouden met kwalitatieve verschillen van de organische materialen (onder andere afbreekbaarheid, vezelgehalte, C/N-ratio, etc.). Zo kan eenzelfde hoeveelheid effectieve organische stof worden verkregen met een relatief kleine hoeveelheid stabiele compost dan wel een relatief grote hoeveelheid van een makkelijk afbreekbare gewasrest of groenbemester.

De kwaliteit van organische reststromen kan sterk verschillen. Om hiermee rekening te houden bij het berekenen van de organischestofopbouw in gronden is in Nederland op basis van meerjarig onderzoek een rekenmodel ontwikkeld, dat gebruik maakt van het begrip 'initiële leeftijd' van organische stof (Janssen, 1984; 1996). Deze 'initiële leeftijd' is een maat voor de afbreekbaarheid van het organische materiaal en varieert afhankelijk van de kwaliteit van de organische stof. De rekenregel gaat ervan uit dat de afbraak van alle organische materialen kan worden beschreven met één afbraakcurve, maar dat de initiële afbraaksnelheid verschilt per materiaal (Figuur 5.1). De initiële afbraaksnelheid is daarbij gekoppeld aan het begrip initiële leeftijd: hoe hoger de 'initiële leeftijd', hoe lager de afbraaksnelheid. Via empirisch onderzoek is vervolgens voor verschillende soorten organische stof de 'initiële leeftijd' gekwantificeerd.



Figuur 5.1. Verband tussen de relatieve afbraaksnelheid (k) en de tijd in jaren (t), voor uiteenlopende producten met verschillende initiële leeftijden (a) (Bron: Janssen, 1984).

Gebaseerd op literatuuronderzoek en de hierboven beschreven modelmatige benadering wordt door Postma et al. (2010) geconcludeerd dat voor de opbouw van organische stof in de bodem het vooral zinvol is om stabiele, 'oude' organische stof naar de bodem aan te voeren. Het is namelijk vooral de 'oude' organische stof die een bijdrage levert aan de buffering van kationen (ammonium, kalium, calcium, magnesium) en aan het vochthoudend vermogen van de grond via het kationen adsorptie complex. Toediening van vers ofwel 'jong' organisch materiaal heeft minder effect op het verhogen van het organischestofgehalte in de bodem, omdat het grotendeels wordt afgebroken tot CO_2 en beschikbare nutriënten.

De levering van nutriënten uit gewasmateriaal hangt sterk samen met de afbreekbaarheid van het materiaal. Omdat de meeste nutriënten in organische vorm aanwezig zijn, moeten ze namelijk eerst

afgebroken worden voordat ze beschikbaar zijn voor gewassen. Naast locatiespecifieke factoren zoals textuur, weersomstandigheden en pH is de snelheid waarmee nutriënten vrijkomen afhankelijk van het nutriëntgehalte en de stabiliteit van de organische stof. Ter illustratie: stikstof uit vers maaisel zal grotendeels mineraliseren in het eerste jaar terwijl stikstof uit compost daar jaren voor nodig heeft. Echter, wanneer regelmatig compost wordt aangevoerd, kan de totale werking van compost vergelijkbaar zijn (of hoger) dan van eenmalige toediening van vers organisch materiaal (meerjarige werking). Bij voldoende aanvoer van effectieve organische stof kan door de gebruiker een keuze gemaakt worden voor diverse typen organische stof om zo de nutriëntenlevering aan te laten sluiten bij de behoefte van het gewas of het bouwplan. De mate waarin nutriënten vrijkomen, is tevens van invloed op de eventuele verliezen ervan naar het milieu.

Het is vooralsnog onduidelijk of onderwerken van bermmaaisel, slootmaaisel of groenafval netto een positief dan wel een negatief effect heeft op klimaatgerelateerde emissies. Enerzijds is de beschikbaarheid van nutriënten uit organische meststoffen moeilijker te sturen dan die uit kunstmeststoffen. Dit resulteert in een verhoogde kans op uitspoeling wanneer het gewas de beschikbare nutriënten niet op kan nemen (Smit & Kuikman, 2005). Het toedieningstijdstip en de kwaliteit van de organische meststoffen is hierbij erg relevant. Tevens kan het gebruik van vers organisch materiaal de emissie van broeikasgassen laten toenemen (Kuikman et al., 2004), zeker als het materiaal niet homogeen wordt ondergewerkt. Vanwege de aanwezige nutriënten wordt het afvoeren van maaisel/ gewasresten vaak aanbevolen om zo de uitspoeling van N naar het oppervlaktewater te reduceren (De Haan, 2006). Anderzijds zijn de risico's van uitspoeling gedurende het groeiseizoen veelal kleiner dan die van kunstmeststoffen en daarom wordt aanvoer van C-rijke organische meststoffen aanbevolen om zo de N-uitspoeling te verminderen (Vlaar et al., 2008; De Haan & Van Geel, 2010), en dragen organische meststoffen netto bij aan het vastleggen van koolstof in de bodem (Kuikman et al., 2004). Tegelijkertijd moet worden opgemerkt dat elke verwerkingsstap van verse organische stof samengaat met de emissie van nutriënten naar lucht en water. Experimentele gegevens waarbij verschillende verwerkingsmogelijkheden op korte en lange termijn met elkaar worden vergeleken zijn echter niet aanwezig.

Toediening van vers en onverwerkt organisch materiaal kan zowel een positief als negatief effect hebben op de hoeveelheid pathogene schimmels in de bodem (Postma et al., 2010). De werking is vaak pathogeen-specifiek en afhankelijk van het type (ofwel kwaliteit) organische stof. Toediening van organische stof aan de bodem kan ook een bijdrage leveren aan de onderdrukking van plantparasitaire aaltjes, maar de effecten zijn evenals bij schimmels niet altijd positief.

5.2 *Organischestofgehalte en effectiviteit in maaisel en groenafval*

Het organischestofgehalte en de hoeveelheid nutriënten zijn van belang voor de landbouwkundige waarde van bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval. Het organischestofgehalte van vegetatie is overwegend hoog (>90%), maar tijdens het maaien en verzamelen kunnen minerale delen meegenomen worden in het maaisel (gronddeeltjes). Dit is vooral relevant voor berm- en slootmaaisel. In hun studie naar de geschiktheid van bermmaaisel als meststof laten Spijker et al. (2004) zien dat de hoeveelheid minerale delen kan variëren van 43 tot 86%. De bijdrage van minerale gronddeeltjes is voornamelijk groot wanneer gebruikt wordt gemaakt van gangbaar materiaal om het maaisel te verzamelen.

De bemestende waarde van maaisel en de mogelijke rol als bodemverbeteraar hangt af van de hoeveelheid organische stof die met het maaisel wordt toegediend en de afbraaksnelheid hiervan.

Gegevens over de afbreekbaarheid van bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval zijn echter schaars. Vanuit theoretisch perspectief wordt de afbreekbaarheid bepaald door de chemische samenstelling en de fysische eigenschappen van het materiaal. Dit zijn onder andere de fysische structuur, de hoeveelheid oplosbaar C en N, en het vezelgehalte (cellulose, hemicellulose en lignine). Daarnaast spelen natuurlijk externe factoren (hoeveelheid vocht, temperatuur, pH) een belangrijke rol.

Nederlands onderzoek naar berm- en slootmaaisel bevat geen informatie over de chemische samenstelling of het vezelgehalte, met uitzondering van de macronutriënten en de verhouding tussen C en N. De C/N-verhouding kan gebruikt worden als een ruwe indicator om aan te geven in welke mate het materiaal afbreekbaar is. Organische stof met veel C en weinig N levert namelijk als gevolg van een netto N-tekort geen of weinig stikstof die beschikbaar is voor gewasgroei. Als snelle indicator wordt vaak de vuistregel gebruikt dat producten met een C/N-verhouding hoger dan 25-30 netto stikstof vastleggen in de bodem. Ter illustratie: in een studie van Bloemhof & Berendse (1995) bleek dat na het onderwerken van twee grassoorten er gedurende het eerste jaar geen netto N-mineralisatie was opgetreden. Uiteraard is dit een tijdelijk fenomeen en hangt het samen met de stabiliteit van de organische stof, de weersomstandigheden en de algemene bodemvruchtbaarheid. Voor de bemestende waarde van berm- en slootmaaisel is de kwaliteit in termen van N- en P-gehalte, en mogelijk ook de vegetatiesamenstelling, dus van groot belang (Spijker et al., 2003).

De fractie effectieve organische stof is sterk afhankelijk van de kwaliteit: hoe makkelijker afbreekbaar het materiaal, hoe kleiner de fractie effectieve organische stof. Bloemhof & Berendse (1995) onderzochten de afbreekbaarheid van onbemeste graslanden en zij laten zien dat van de grassoorten met weinig stikstof (dat wil zeggen, een hogere C/N-verhouding) ongeveer 35-40% resteerde. Soorten met een hogere N-inhoud, dus ook met een hogere afbreekbaarheid, werden voor 80-98% gemineraliseerd. De hoeveelheid effectieve organische stof varieerde van circa 2 tot 20%. Gebruik makend van potproeven met maïs berekende Zwart (2011) dat circa 13-30% van de N in bermmaaisel en 35-60% van de N in slootmaaisel beschikbaar kan komen voor gewasopname. Het experiment duurde circa 4 maanden. Ervan uitgaande dat de meeste stikstof in organische vorm aanwezig is in het maaisel, betekent dat ook dat de hoeveelheid effectieve organische stof kleiner is dan 60% in bermmaaisel en kleiner dan 10% in slootmaaisel (ruwe schatting). Vanuit het oogpunt van verschraling en ecologisch natuurbeheer wordt regelmatig aanbevolen om gemaaid slootmaaisel binnen 2 weken te verwijderen omdat anders een groot deel van de aanwezige nutriënten alsnog uitspoelt richting het slootwater (Van der Wal et al., 2011). Dit suggereert een hoge afbreekbaarheid en een lage hoeveelheid effectieve organische stof.

Vooralsnog is het effect van berm- en slootmaaisel als bodemverbeteraar moeilijk in te schatten. Een kleine toediening (bijvoorbeeld $< 2 \text{ ton ha}^{-1}$) zal een gering effect hebben op de opbouw van de organische stof in bodems. Wanneer wordt uitgegaan van een hoeveelheid effectieve organische stof van circa 40%, dan blijft er circa 800 kg ha^{-1} over na één jaar. Voor de meeste agrarische gronden is dat niet voldoende om het jaarlijkse verlies te compenseren. Tegelijkertijd moet opgemerkt worden dat in de praktijk meerdere organische reststromen (met name dierlijke mesten) zullen worden gebruikt en in die zin kan elke bijdrage waardevol zijn. Zeker bij meerjarige toepassing zal het mogelijk zijn om een meetbaar effect in het organischestofgehalte te veroorzaken. Nader onderzoek naar de 'effectieve organischestoffractie' en naar de effecten van dosering zal hierover uitsluitsel kunnen geven.

5.3 Gehalte en beschikbaarheid van nutriënten

Naast stikstof zijn in het organisch materiaal ook fosfor (P), kalium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), zwavel (S) en sporelementen aanwezig. De kationen K, Ca en Mg zullen doorgaans beschikbaar zijn voor gewassen. Het is onduidelijk in welke mate P en S beschikbaar komen voor het gewas; hetzelfde geldt voor de sporelementen. Voor de onderzochte organische reststromen zijn relatief veel gegevens bekend over het N-, P- en K-gehalte. Van de overige nutriënten is veel minder bekend.

Uitgaande van de beschikbare gegevens voor bermmaaisel (Tabel 5.2) is duidelijk dat er een aanzienlijke variatie bestaat in het nutriëntengehalte. Het *gemiddelde* N-gehalte varieert tussen 8 en 27 g kg⁻¹ droge stof, het gemiddelde P-gehalte tussen 0,9 en 6,3 g kg⁻¹ droge stof en het K-gehalte tussen 2 en 47 g kg⁻¹ droge stof. De C/N-verhouding is gemiddeld circa 22,5, maar kan oplopen tot 46. Normaliter is de C/N-verhouding ongeveer 15 à 20 voor mengsels van monocotylen (gras) en dicotylen (klaver).

Tabel 5.2. Gemiddelde gehalten aan nutriënten (g kg⁻¹ ds) in bermmaaisel.

Bron	n	N	P	K	S	Mg	Na	C/N	Ca
1	-	3,3-12,5	0,9-2,1	2,1-9,0	1,0-1,7	-	-	-	-
2	18	16,4	2,5	17,4	-	2,0	2,1	23	9,7
3	4	18	2,2	19,3	-	1,9	1,0	-	-
4	63	9,3	1,5	6,1	1,4	1,4	0,7	22	6,3
5	2	10,2	-	-	1,0	-	-	46	-
6	120	-	6,3	-	-	-	-	-	-
7	40	21,6	2,1	-	-	-	-	-	-
7	18	11,1	1,7	5,0	-	-	-	-	-
8	-	20	-	-	-	-	-	-	-
9	1	12,7	1,73	6,1	-	-	-	-	-
10	8	14,5	2,3	14,1	-	-	-	30	-
10	72	7,7-26,7	0,4-4,5	2,9-47,4	-	-	-	-	-
11	16	19-27	-	-	-	-	-	-	-
12	-	22,3	2,4	21	1,6	1,9	1,5	21	13
13	-	3-12	1-2	-	-	-	-	-	-
Totaal		8-27	0,9-6,3	2-47	<1,7	1,4-2,0	0,7-2,1	22,5	6-13

* De gebruikte bronnen zijn hier als volgt genummerd: 1) Van Schöll et al., 2010 (bevat minimale en maximale waarden); 2) Ehlert et al., 2010; 3) Boland, 2008; 4) Spijker et al., 2004; 5) Van den Berg & Meuleman, 2003; 6) Bok et al., 2001; 7) Provincie Zuid-Holland, 1994; 8) Reijnders, 2007; 9) Zwart, 2001; 10) Schaffers et al., 1998; en 11) Van Doorn et al., 2001; 12) Phyllis, 2012; en 13) Van Diepen et al., 2002.

Nutriëntgehaltenes in slootmaaisels zijn relatief vergelijkbaar met het gehalte in bermmaaisels (Tabel 5.3). In deze maaisels varieert het N-, P en K-gehalte respectievelijk van 6-30 g kg⁻¹, 1-10 g kg⁻¹ en 4-28 g kg⁻¹ droge stof. Er is wel een grote variatie in vegetatietypes aanwezig en daarmee samenhangend ook in de C/N-ratio. Dit heeft niet alleen te maken met het vegetatietype maar ook met de leeftijd van het gewas op het tijdstip van maaien. Bij volgroeid en afgerijpt plantaardig materiaal kan de C/N-ratio rond de 50 schommelen, terwijl jonge vegetatie voornamelijk een lage C/N-verhouding heeft (<10).

Tabel 5.3. Gemiddelde gehalten aan nutriënten (g kg⁻¹ ds) in slootmaaisel.

Bron	n	N	P	K	S	Mg	Na	C/N	Ca
1	4	18	2,2	19,3	-	-	-	-	-
2	7	11,4	-	-	-	-	-	80	-
3	-	20	-	-	-	-	-	-	-
4	2	6,7	1,2	4,4	1,2	1,1	0,7	20	8,1
5	1	14,3	2,7	11	17	4,1	-	28	35
6	-	12-27	4,9-10	-	-	-	-	-	-
7	1	19,2	2,31	14	-	-	-	-	-
8	-	11,9	-	-	-	-	-	-	-
9	1	-	8	28	4	6	-	-	35
10	-	-	-	-	-	-	-	10	-
11	-	10-30	2-8	-	-	-	-	-	-
12	-	15	3	-	-	-	-	-	-
Totaal		6-30	1-10	4-28	1-17	1-6	<1	10-80	8-35

* De gebruikte bronnen zijn hier als volgt genummerd: 1) Boland, 2008; 2) Reumerman, 2008; 3) Reijnders, 2007; 4) Spijker et al., 2004; 5) Jansen & Kuiper, 2004; 6) Spijker et al., 2003; 7) Zwart, 2001; 8) Best et al., 1992; 9) Rem & Korten, 2011; 10) GTD, 2004; 11) Van Diepen et al., 2002; en 12) Van der Hulst, 2008.

Het nutriëntengehalte in openbaar groen en natuurgebieden is eveneens sterk gewasafhankelijk. De resultaten in Tabel 5.4 zijn voornamelijk gebaseerd op analyses van grassen, riet, treurwilg en stro. Houtige materialen hebben relatief hogere C/N-ratio's en bevatten minder nutriënten (zie bijvoorbeeld bronnen 15 en 16).

Tabel 5.4. Gemiddelde gehalten aan nutriënten (g kg⁻¹ ds) in openbaar groenafval.

Bron	n	N	P	K	S	Mg	Na	C/N	Ca
1	1	6,4	2,6	6,7	-	-	-	-	-
2	7	11,4	-	-	9,4	-	-	80	-
3	3	17	2,8	-	-	-	-	-	-
4	35	12,5	1,8	15,7	-	-	-	-	-
5	1	13,7	1,0	-	-	-	-	-	-
6	1	18	3,2	23	2,2	1,0	1,3	24	4,9
7	2	12,7	1,0	-	-	-	-	-	-
8	24	13,9	2,1	12,8	-	-	-	-	-
9	1	14,3	2,7	10,8	17,4	4,4	-	28	35
10	4	20,8	2,6	17,9	2,2	-	1,1	23	5
11	2	14,1	1,5	11,8	1,1	1,2	0,9	59	8,8
12	8	14,5	2,3	14,1	-	-	-	30	-
13	12	13	1,9	15	-	-	-	-	-
14	8	12,6	1,8	15,6	-	-	-	-	-
15	-	3,6	0,5	1,8	0,6	0,8	0,4	141	11,1
15	-	6,4	0,3	2,6	1,1	0,6	0,9	81	4,6
16	8	6-12,5	2,5	-	-	-	-	-	-
Totaal		4-21	1-3	7-18	1-20	1-5	<1.5	20-80	<35

* De gebruikte bronnen zijn hier als volgt genummerd: 1) Dekker et al., 2010; 2) Reumerman, 2008; 3) Bokhorst, 2007; 4) Sival et al., 2007; 5) Holshof & Boekhoff, 2006; 6) Pels & Bergman, 2006; 7) Van Dooren et al., 2005; 8) Sival et al., 2004; 9) Jansen & Kuiper, 2004; 10) Van Doorn et al., 2001; 11) Van der Drift & Olsen, 1999; 12) Schaffer et al., 1998; 13) Liebrand, 1996; 14) Oomes et al., 1996; 15) Phyllis, 2012; en 16) Smeding, 2006.

Er zijn weinig concrete cijfers beschikbaar over de bemestende waarde van berm- en slootmaaisel en groenafval. Een van de weinige studies naar de N-werkingscoëfficiënt van berm- en slootmaaisel is in 2001 uitgevoerd door Alterra. In deze studie berekende Zwart (2011) dat circa 13-30% van de N in bermmaaisel en 35-60% van de N in slootmaaisel beschikbaar kan komen voor gewasopname. In vergelijking met kunstmest komt de N langzamer beschikbaar. De stikstof van slootmaaisel komt beter beschikbaar voor planten dan de stikstof in bermmaaisel. Van toepassing in de praktijk zijn geen nadelige effecten bekend (Van Alebeek & Van Beek, 2003). In twee recent uitgevoerde veldexperimenten waarin berm- en slootmaaisel werd ondergeploegd, werd over een tweejarige periode ook geen zichtbaar nadelig invloed op de gewasgroei waargenomen (Lotz & Spijker, 2001). Wel was er een duidelijke toename in onkruiddruk.

5.4 Korte samenvatting

Berm- en slootmaaisel bevatten organische stof, maar de hoeveelheid effectieve organische stof is relatief gering: naar schatting minder dan 60% voor bermmaaisel en 10% voor slootmaaisel. Gebaseerd op de verzamelde gegevens kan voor de drie groenafvalstromen een inschatting gemaakt worden van het nutriëntengehalte. Van de stikstof zal bij bermmaaisel ruwweg 13-30% beschikbaar komen in het jaar van toediening en van het slootmaaisel 35-60%. Ter vergelijking: voor compost is dit gemiddeld 10%. Compost is derhalve veel stabiel materiaal.

Tabel 5.5. Gemiddelde gehalten aan nutriënten (g kg⁻¹ droge stof).

Bron	N	P	K	S	Mg	Na	C/N	Ca
Bermmaaisel	8-27	0,9-6,3	2-47	<1,7	1,4-2,0	0,7-2,1	22,5	6-13
Slootmaaisel	6-30	1-10	4-28	1-17	1-6	<1	10-80	8-35
Groenafval	4-21	1-3	7-18	1-20	1-5	<1,5	20-80	<35

6 Zwerfafval

Toediening van organische reststromen aan landbouwgronden mag alleen als het materiaal schoon en onverdacht is. Naast mogelijke risico's van verspreiding van mineralen, zware metalen, arseen of andere contaminanten gaat het hierbij ook om de aanwezigheid van zwerfafval. Jaarlijks wordt er circa 311 tot 353 kton afval verzameld van openbare straten, groenterreinen en natuurgebieden (inclusief het afval in openbare prullenbakken; CBS, 2012). In vergelijking met de hoeveelheid plantaardig afval is dat een relatief grote hoeveelheid; de jaarlijkse hoeveelheid plantaardig afval die vrijkomt bij aanleg, onderhoud en verwijdering van openbaar groen varieert van 480 tot 650 kton per jaar. Daarbij moet worden bedacht dat lang niet al het zwerfafval uit bermen, etc. wordt verzameld c.q. verwijderd. De hoeveelheid afval die verwijderd wordt uit havens, kanalen, sloten, en vijvers varieert van 8 tot 60 kton per jaar (CBS, 2012).

In Nederland wordt jaarlijks een aantal keren de hoeveelheid zwerfafval vastgesteld in 15 verschillende gebiedstypen en 1.060 verschillende locaties. Uit onderzoek uitgevoerd in 2008 blijkt dat de hoeveelheid zwerfval relatief laag is: in de meeste gevallen is dat maximaal 2-6 eenheden zwerfafval per 100 m² (classificatie 'schoon' tot 'zeer schoon'). In 2009 werd circa 69% van de onderzochte locaties als 'schoon' tot 'zeer schoon' beoordeeld. Het meeste zwerfafval ligt op parkeerplaatsen langs de snelweg, bij stations en bushaltes. De belangrijkste vervuulende eenheden zijn kauwgom, peuken, papier en verpakkingsmateriaal (SenterNovem, 2009). Een vergelijkbare samenstelling van het zwerfafval is in het verleden gerapporteerd voor wegbermen, fiets- en wandelpaden in recreatiegebieden, en bos- en natuurterreinen (Veldkamp marktonderzoek, 1988; 1989; Hoogenboom & Boerwinkel, 1988). Sinds 2002 staat het onderwerp nadrukkelijk op de politieke agenda en sindsdien hebben diverse maatregelen ervoor gezorgd dat de hoeveelheid zwerfafval afneemt. In de afgelopen 10 jaar is de hoeveelheid zwerfafval afgenomen met bijna 40% (Deloitte, 2010a). Desondanks worden de totale kosten voor gemeenten voor het voorkomen, opruimen en verwerken van zwerfafval geschat op 193 miljoen Euro per jaar (Deloitte, 2010b).

In de literatuur is weinig recente en specifieke informatie te vinden over de hoeveelheid zwerfval die aanwezig is in bermen, slootkanten en openbaar groen. In 1998 is er door Rijkswaterstaat een analyse uitgevoerd van de hoeveelheid zwerfafval in bermen en zij schatten de hoeveelheid op 90 tot 1.900 ton per dienstkring per jaar (RWS kent 20 dienstkringen). Er is dus een grote variatie aanwezig: de hoeveelheid zwerfafval liep uiteen van 3,7 tot 19,6 ton per kilometer berm (Verstrael et al., 1998). De verschillen waren niet te verklaren uit algemene wegkenmerken als weglengte, verkeersintensiteit en aantal verzorgingsplaatsen. In 1996 werd de totale hoeveelheid veegval uit wegbermen geschat op 1,5 kton per jaar (Rijkswaterstaat, 1996). Een erg ruwe schatting werd gegeven in diverse ANWB-publicaties over de periode 1986 tot 2004; de hoeveelheid zwerfafval langs Nederlandse wegen (inclusief recreatie- en parkeerterreinen) werd geschat op 100 kton per jaar (Kampioen, 2004; 1992; 1986). In het verleden en tot op de dag van vandaag is de grootste hoeveelheid zwerfafval gelokaliseerd rond parkeerplaatsen, stations en bushaltes.

Omdat de hoeveelheid zwerfafval tegenwoordig niet meer gemonitord wordt in massa-eenheden (SenterNovem, 2009; Stichting Nederland Schoon, 2011), zijn exacte cijfers over de hoeveelheid zwerfafval in bermen en sloten niet bekend. Gebruik makend van de meest recente gegevens schatten wij de hoeveelheid zwerfafval in bermen op circa 9 kton per jaar. Deze schatting is gebaseerd op de volgende aannames:

- 70% van de onderzochte gebieden in Nederland krijgt de score 'schoon' tot 'zeer schoon'. Dit betekent dat er maximaal 3 eenheden grof zwerfval (> 10 cm) en 3 eenheden klein zwerfval (< 10

cm) aanwezig zijn per 100 m² terrein. De overige gebieden scoren gemiddeld een 'matig schoon', wat betekent dat er maximaal 10 eenheden grof en klein zwerfvuil per 100 m² aanwezig zijn. De massa van het zwerfvuil schatten we op 0,5 kg per 100 m² voor de gebieden met de score 'schoon' tot 'zeer schoon' en op 1,0 kg per 100 m² voor gebieden met de score 'matig schoon'.

- De hoeveelheid wegen in Nederland is geschat op 138.000 km (CBS, 2012). Uitgaande van een bermbreedte van circa 10 m, komt dat neer op circa 1380 km² berm.

De hoeveelheid bermgras wordt geschat op circa 500 kton per jaar. Dit betekent dat circa 1,8% van het verzamelde bermmaaisel uit zwerfafval kan bestaan. Deze schatting is aan de voorzichtige kant omdat niet alleen wegbermen, maar ook parkeerplaatsen en recreatieterreinen langs de weg zijn meegenomen. Deze gebieden zijn veelal zwaarder vervuild dan de wegberm. Tevens wordt het afval regelmatig uit de berm verwijderd door gemeenten, Rijkswaterstaat en wegbeheerders (Den Ouden & Piepers, 2008) waardoor het gehalte zwerfvuil tijdens het maaien lager zal zijn. Visuele inspectie voor inwerken blijft wel gewenst en noodzakelijk.

Uit sloten en watergangen wordt jaarlijks 8 tot 60 kton afval verwijderd door gemeentelijke reinigingsdiensten (CBS, 2012). Dit komt overeen met minder dan 0,01% van de hoeveelheid slootmaaisel die vrijkomt bij het maaien van sloten, oevers, en waterkanten. Het risico van zwerfafval verspreiding bij toepassen van slootmaaisel is daarom gering. Praktijkgegevens bevestigen dit beeld (GTD, 2004). Bovendien wordt in de praktijk vaak aangegeven dat aanwezig en visueel zichtbaar zwerfvuil verwijderd moet worden voor verspreiding.

Over de hoeveelheid zwerfafval in verzameld organisch materiaal uit openbaar groen zijn geen gegevens bekend.

Composteerinrichtingen voor groenafval scheiden jaarlijks 2-5 gewichtsprocenten bodemvreemde bestanddelen af uit groenafval. Dit percentage is afhankelijk van herkomst, type materiaal, etc. Uitgaande van een composteercapaciteit van 2 miljoen ton per jaar komt dit overeen met een jaarlijkse hoeveelheid van 40-100 kton.

Gebruik van compost heeft meerwaarde omdat daar het risico van zwerfvuil verwaarloosbaar is door gebruik van mechanische scheidingstechnieken en windshiften voordat het materiaal gecomposteerd wordt. De groencompost bevat derhalve geen bodemvreemde bestanddelen meer, terwijl dat bij niet gecomposteerd bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval wel het geval is.

Korte samenvatting

Berm- en slootmaaisel en groenafval uit plantsoenen kan flink wat zwerfafval bevatten. Berekeningen op basis van de literatuur leiden tot de voorzichtige conclusie dat dit ruwweg 1,8% van het verzamelde bermgras kan zijn. En dan is een deel niet meegerekend, doordat een hoeveelheid zwerfafval handmatig van wegen, uit bermen en plantsoenen etc. wordt verwijderd. Ook groencomposteerders verwijderen gemiddeld 2-5% bodemvreemde bestanddelen uit groenafval.

Gebruik van niet gesorteerd bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval kan derhalve leiden tot diffuse verspreiding van zwerfvuil naar landbouwgronden.

7 Evaluatie van de risico's

7.1 Inleiding

Om bermmaaisel, slootmaaisel of groenafval te kunnen afzetten in de landbouw, moet er een landbouwkundige waarde zijn verbonden aan het onderwerken van deze producten en moeten de eventuele milieuhygiënische risico's gering of beheersbaar zijn (Lotz & Spijker, 2001).

Belangrijk voor de landbouwkundige toepassing zijn

- een hoog gehalte aan (effectieve) organische stof;
- een hoog gehalte aan nutriënten, en de beschikbaarheid daarvan voor gewassen;
- een laag gehalte aan zware metalen, arseen en organische verontreinigingen;
- een laag 'gehalte' aan onkruidzaden en plantenziekten;
- een laag 'gehalte' aan zwerfvuil: metalen, verpakkingsmaterialen, etc.

De risico's die samenhangen met het onderwerken van deze reststromen hangen samen met de hoeveelheid die wordt opgebracht, het tijdstip en de manier van onderwerken en herkomst en de kwaliteit van het organische materiaal. De huidige praktijk laat bovendien zien dat het goed onderwerken van maaisel en een homogene verdeling daarvan over het perceel, soms moeilijk realiseerbaar is. Daarnaast maakt de heterogeniteit van de organische reststromen in deze studie het lastig om robuuste en gekwantificeerde uitspraken te doen over de risico's die samenhangen met het onderwerken in landbouwgronden. De gegevens in deze studie zijn gebaseerd op de gemiddelde eigenschappen van bermmaaisel, slootmaaisel en groenafvalstromen.

Van Spijker et al. (2003) maakt terecht het onderscheid tussen een kleine en grote kringloop, een onderscheid dat overgenomen is door het Nederlandse beleid met betrekking tot deze reststromen (zie paragraaf 2.1; VROM, 2005). Bij de kleine kringloop wordt het maaisel op een bedrijf in de directe omgeving van het vrijkomen van het maaisel toegepast. Bij de grote kringloop wordt het maaisel eerst verzameld, vaak gedurende een bepaalde periode in een depot opgeslagen en vervolgens op grotere schaal toegepast in (of buiten) de regio waar het maaisel is vrijgekomen.

In de volgende paragrafen zullen de mogelijke risico's die samenhangen met het onderwerken van bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval in landbouwsystemen kort worden besproken. Bij deze bespreking wordt onderscheid gemaakt tussen de kleine (paragraaf 7.2.) en de grote kringloop (paragraaf 7.3.). Deze evaluerende observaties worden daarna samengevoegd in één overzichtelijke tabel (paragraaf 7.4.). Wijzigingen van het beleid teneinde het niet meer beschouwen van de producten berm- en slootmaaisel en groenafval als afvalstromen, zullen vooral effect hebben op de grote kringloop. Voor de kleine kringloop zullen weinig veranderingen optreden, omdat de kleine kringloop in een grote besparing op transportkosten resulteert

7.2 De kleine kringloop

Toedienen van maaisel in de kleine kringloop vindt plaats omdat agrariërs in veel gevallen verplicht zijn om maaisel te ontvangen, bijvoorbeeld van het waterschap. Daarnaast kunnen akkerbouwers deze reststroom beschouwen als 1) een manier om hun organischestofgehalte in de bodem op peil te houden of als 2) een additionele meststof. Uit deze studie blijkt echter dat de hoeveelheid **effectieve organische stof** relatief

laag is, met name van slootmaaisel. Er zijn echter weinig concrete gegevens beschikbaar om dit te onderbouwen. In combinatie met andere organische meststoffen kan het echter bij meerjarige toepassing wel leiden tot een verhoging van het organischestofgehalte. De hoeveelheid beschikbare dan wel vrijkomende nutriënten kan variëren, afhankelijk van de hoeveelheid opgebracht materiaal en de gehalten aan N, P en K (de macronutriënten). Ook de stabiliteit van het organische materiaal speelt hierbij een rol.

Door Spijker et al. (2004) is voor een aantal typische bedrijven doorgerekend wat het effect is van lokale toepassing van berm- en slootmaaisel op het **nutriëntenmanagement**. Uit deze berekeningen blijkt dat het aandeel N en P afkomstig van deze producten op bedrijfsniveau veelal kleiner is dan 1%. Wanneer het maaisel op één of enkele geselecteerde percelen wordt ondergewerkt, dan kan het effect echter veel groter zijn. De bijdrage van N en P uit maaisel op *perceelsniveau* kan oplopen tot 10% van de input. Deze beschikbare nutriënten zullen gedurende het groeiseizoen worden opgenomen door het gewas, mits er met de resterende mestgiften rekening wordt gehouden met de nutriënten in het ondergewerkte maaisel. Als dat niet gebeurt, is er een aanzienlijk risico van uitspoeling naar oppervlakte- en grondwater, met name van stikstof (nitraat). Ook wordt opgemerkt dat het tijdstip van onderwerken relevant is in relatie tot de aanwezigheid van een gewas op het perceel. Niet opgenomen nutriënten zullen verdwijnen naar het milieu (voornamelijk N, P en K). Slootmaaisel heeft door het relatief hoge vochtgehalte een hoger risico van gasvormige verliezen, maar deze verliezen zullen optreden bij vrijwel elke behandeling van het maaisel. Niet homogeen inwerken van vers organisch materiaal verhoogt het risico van ongewenste milieueffecten.

Omdat relatief weinig maaisel binnen een bedrijf verwerkt zal worden, zijn de milieurisico's met betrekking tot de verspreiding van **zware metalen en arseen** beperkt. De opgebrachte hoeveelheid zware metalen ligt (ver) onder de maximale toegestane toetsingsnormen die gebaseerd zijn op de toegestane gehalten en doseringen in BOOM (Spijker et al., 2004). Het risico voor Cd en Zn is relatief het grootst. Wel zijn er mogelijke risico's bij het gebruik van najaarsmaaisel van benedenwindse wegbermen. Bovendien wordt opgemerkt dat het homogeen verdelen van vers gewasmateriaal in de praktijk niet zo eenvoudig is als voor gecomposteerd materiaal. Dit heeft een mogelijk risico voor lokaal hoge concentraties. Verspreiding van **organische verontreinigingen** en bestrijdingsmiddelen is verwaarloosbaar.

Langs wegen en in waterlopen kan ook **zwerfvuil** aanwezig zijn, maar dit risico lijkt beperkt te zijn (GTD, 2004) in het bijzonder wanneer alleen maaisel wordt gebruikt dat visueel geen zichtbaar zwerfvuil bevat (overeenkomend met de huidige praktijk). Toediening van gecomposteerd organisch materiaal geeft desondanks minder risico van verspreiding van zwerfvuil, omdat in de meest composteerinrichtingen scheidingstechnieken worden toegepast voordat het materiaal gecomposteerd wordt.

Uit literatuuronderzoek blijkt tevens dat de meest voorkomende **onkruiden** in wegbermen niet schadelijk zijn als akkeronkruiden (De Boer et al., 1997). Van onkruiden die wel een risico vormen (akkerdistel, grote brandnetel, ridderzuring en wilde peen) blijken de zaden na een opslag van 6-8 weken in balen vrijwel volledig te zijn gedood (Lotz & Spijker, 2001; Spijker et al., 2004). Dit is echter alleen van toepassing bij de grote kringloop (zie paragraaf 7.3). Het risico van onkruidverspreiding is voornamelijk groot in de biologische sector, omdat zij geen chemische middelen ter beschikking hebben om deze onkruiden te bestrijden. Het direct onderwerken van vers maaisel heeft dus aanzienlijke risico's voor verspreiding van onkruiden, en mogelijk ook voor **plantenpathogenen**. Hierbij is vooral te denken aan bruinrot (verwaarloosbaar als het maaien van sloten verboden is/ wordt in regio's waar wegens bruinrot al een beregeningsverbod is), Jacobskruiskruid (bermmaaisel), Bacterievuur en lepziekte (groenafval). In de huidige praktijk wordt daarom vaak aanbevolen om verse organische stof te composteren. Gedurende een

goed composteringsproces worden namelijk de meeste pathogenen en onkruidzaden gedood (Postma et al., 2010).

Ook wordt opgemerkt dat meerdere studies in het verleden laten zien dat maaisel uit bermen en sloten en groenafval al regelmatig door landbouwers worden ondergewerkt. Monitoringsgegevens zijn echter niet voorhanden. Twee veldexperimenten waarbij gedurende twee jaar gekeken is naar de invloed van deze reststromen op maïspercelen (Lotz & Spijker, 2001) laten zien dat er geen effecten waren op gewasopbrengst en kwaliteit. Wel was er een duidelijke toename in onkruidproblemen.

Binnen de kleine kringloopgedachte is het gebruik van maaisel vooral van belang voor bedrijven met bouw- en maïsland. Omdat het maaisel afkomstig is van bermen en watergangen direct grenzend aan hun percelen kennen de boeren ook de kwaliteit en voor een deel ook de risico's van het gebruik van dit maaisel, met name wat betreft onkruiden. Melkveebedrijven kunnen het maaisel op grasland alleen onderwerken na het 'scheuren' van het grasland. In de praktijk zal het maaisel naar het maïsland gaan.

7.3 De grote kringloop

Bij de grote kringloop zal het maaisel voornamelijk worden toegepast als bodemverbeterend middel. Dit betekent dat op bedrijfsniveau grote hoeveelheden organische stof, N en P kunnen worden aangevoerd. De bijdrage van N, P en organische stof wordt door Spijker et al. (2004) geschat voor een realistisch gangbaar melkveebedrijf. Uit de berekeningen blijkt dat de giften via maaisel kunnen oplopen tot 30% van de totale nutriënteninput op perceelsniveau. Door hogere giften is het bij meerjarige toepassing mogelijk om een substantiële bijdrage te leveren aan het in stand houden van het **organischestofgehalte**. De snelheid waarmee dat gaat, zal afhangen van de hoeveelheid effectieve organische stof. Deze kan variëren van 10 tot 60% afhankelijk van het type maaisel/ gewasmateriaal.

Een punt van aandacht is ook de homogene verspreiding van groenafvalstromen over een perceel. Organische meststoffen als dierlijke mest en compost kunnen goed homogeen over een perceel worden verspreid. Normaal gesproken geldt dit ook voor stoppelresten en andere gewasresten. Bij gebruik van niet bewerkte groenafvalstromen is dat niet altijd het geval. Onregelmatige verdeling kan leiden tot plaatselijk negatieve effecten, met name wat betreft de nutriëntenhuishouding. Er bestaat dan (plaatselijk) een groter risico van denitrificatie, zuurstofloosheid, verzuring, etc., waardoor meer verliezen kunnen optreden. In de praktijk zal het maaisel eerst worden verzameld en opgeslagen waarna het vervolgens aan een landbouwbedrijf zal worden aangeboden. Het maaisel kan een positieve landbouwkundige waarde hebben door de aanwezigheid van nutriënten en organische stof. Uit onderzoek blijkt dat het **nutriëntengehalte** en organischestofgehalte sterk kan variëren; het maaisel is meestal heterogeen van samenstelling. Het organischestofgehalte kan variëren tussen 14 en 90%, het N-gehalte tussen 5 en 27 g N kg⁻¹ droge stof, en het P-gehalte tussen 1 en 6 g P kg⁻¹ droge stof. Voor de overige nutriënten is weinig bekend, maar ook daar lijkt een sterke variatie aanwezig te zijn. Deze variatie hangt samen met het vegetatietype, de oogstdatum, de tijd tussen maaien en verzamelen en de lokale bodemvruchtbaarheid. De **heterogeniteit** van maaisel is daarmee vooralsnog een belemmering voor een verantwoord landbouwkundig gebruik. Over de gehalten aan nutriënten in groenafval, afkomstig van openbaar groen, zijn weinig gegevens bekend. de

Vergelijkbaar met de kleine kringloop zijn er mogelijke risico's van **emissies naar water en lucht**. Er zijn significante emissies mogelijk, afhankelijk van de weersomstandigheden, tijdstip van toediening en de chemische kwaliteit van de organische restproducten die ondergewerkt worden. Bij toepassing van

voorjaarsmaaisel zullen deze emissies relatief klein zijn, omdat de vrijkomende nutriënten opgenomen kunnen worden door het groeiende gewas. Natte weersomstandigheden verhogen het risico van uitspoeling en gasvormige verliezen (denitrificatie). Of het direct onderwerken van deze reststromen leidt tot hogere emissies dan andere verwerkingsopties is niet onwaarschijnlijk, zeker bij najaarstoediening (hetgeen veel voorkomt). Voor stikstof geldt bijvoorbeeld dat na compostering in het jaar van toediening nog ongeveer 10% beschikbaar komt. Voor niet gecomposteerd materiaal is dit percentage veel hoger. Zwart (2011) berekende dit voor slootmaaisel op 35-60%. Wanneer dit materiaal in het najaar wordt toegediend, zonder dat een gewas op het veld staat, kan een groot deel van deze gemineraliseerde hoeveelheid stikstof verloren gaan door uitspoeling en/of denitrificatie.

In de grote kringloop zijn de milieurisico's met betrekking tot de verspreiding van **zware metalen en arseen** uiteraard groter dan in de kleine kringloop. Gebaseerd op de 95%-percentiel van de uitgevoerde metingen wordt de maximale gewenste dosering geschat op 4,5 tot 7,1 ton ds ha⁻¹. Gegevens over organische **microverontreinigingen** in maaisel uit bermen, oevers en watergangen zijn vrijwel niet beschikbaar. Gebaseerd op de gegevens die wel bekend zijn worden deze ofwel verwaarloosbaar (concentraties zijn ver onder de norm) ofwel niet relevant geacht. In de laatste situatie gaat het bijvoorbeeld om residuen van bestrijdingsmiddelen die van nabijliggende percelen afkomstig zijn en op vergelijkbare percelen zullen worden ondergewerkt. Veel van deze organische residuen zijn bovendien microbieel afbreekbaar en hebben op de lange termijn geen nadelige effecten.

Een belangrijke factor voor de milieuhygiënische kwaliteit van maaisel en groenafval is de historie. Wanneer in het verleden calamiteiten hebben plaatsgevonden (verontreinigde stoffen, bestrijdingsmiddelen) dan kan dit leiden tot langdurige aanwezigheid van contaminaties in het maaisel. De historie is echter een factor die niet structureel gemeten kan worden. In de risicobeoordeling hebben we deze kennis niet mee laten wegen, omdat de analyse is uitgevoerd voor een *gemiddelde* situatie. Maaisel uit gebieden die bekend staan vanwege (water)bodemverontreinigingen (bijvoorbeeld in Brabant, Limburg) kunnen beter niet gebruikt worden. Dit geldt ook voor maaisel dat voor een groot deel bestaat uit planten waarin zware metalen ophopen (bijvoorbeeld grote waternavel) of voor maaisel in de nabijheid van riooloverstorten, drukke verkeerskruisingen of locaties waarbij zich milieu-hygiënische calamiteiten hebben voorgedaan.

Uiteraard moet **zwerfvuil** uit het maaisel verwijderd worden voor toepassing. Veelal is dit al opgenomen in de beleidsprotocollen van weg- en waterbeheerders waardoor het risico van verspreiding van zwerfvuil relatief klein is. In welke mate het zwerfvuil effectief wordt verwijderd is de vraag. Gegevens van groencomposteerders laten zien dat het bij hen aangeleverde materiaal nog altijd 2-5% bodemvreemde materialen bevat.

Voor verspreiding van de groenafvalstromen in de grote kringloop is het waarschijnlijk dat deze enige tijd worden opgeslagen voordat ze worden toegediend. Deze opslag zal het risico van verspreiding van **onkruidzaden** sterk verkleinen. De hoeveelheid kiemkrachtige onkruidzaden wordt namelijk sterk verkleind als het maaisel in balen wordt geperst en gedurende 6-8 weken wordt opgeslagen. Ook inkuilen zorgt voor een significante afname in hoeveelheid onkruidzaden. Indien het maaisel onbewerkt wordt toegepast dan is er voornamelijk een risico in biologische systemen, omdat bestrijding een grotere inspanning vraagt.

Verspreiding van **plantenpathogenen** zal vergelijkbaar zijn met die in de kleine kringloop. Ter illustratie: als er sprake is van een mogelijk risico van verspreiding van bruinrot bij gebruik van slootmaaisel, dan is het beter om dit niet te gebruiken in rotaties waar aardappelen worden geteeld. In rotaties zonder

aardappelen is er geen probleem. Het is echter de vraag of de ontvanger van niet gecomposteerde groenafvalstromen altijd weet vanwaar het materiaal afkomstig is. Dit blijft daarom een risico. Risico's zijn er vooral voor de boomteelt (inclusief de fruitteelt), waar risico's van de aanwending van niet gecomposteerd groenafval op het optreden van Honingzwam, lepziekte, bacterievuur en *Phytophthora ramorum* aanmerkelijk zijn. Risico's ten aanzien van het gebruik van niet gecomposteerd afval voor wat betreft pathogenen liggen verder op het gebied van stimulering van al in de bodem aanwezige pathogenen. Het is niet aan te geven onder welke omstandigheden dit exact zal optreden, maar de hoeveelheid aangewend afval zal een direct positief verband hebben met de stimulering van bodempathogenen.

7.4 Risicoafbakening

Als gevolg van het gebruiksnormenstelsel in Nederland is in veel teelten een scherpe bemestingsstrategie noodzakelijk. Voor de diverse teelten in Nederland zijn daarom bemestingsadviezen opgesteld die rekening houden met de gewasbehoefte en de nutriëntenlevering uit de bodem én uit organische meststoffen (Van Dijk & Van Geel, 2012; CBGV, 2005; Van Dam et al., 2004; Aandekerk & Beuze, 2000). De meest gebruikte organische meststoffen variëren van dierlijke mest tot (verwerkte) gewasresten. Tot op heden worden bermmaaisel, slootmaaisel en overig groenafval niet op grote schaal toegepast zonder verwerking. Het onderwerken van deze drie organische reststromen kan in principe plaatsvinden in elke sector vanwege de organische stof of de aanwezige nutriënten. In elke regio zijn deze reststromen beschikbaar voor zowel de energiemarkt als de landbouwkundige sector. Het is nog onduidelijk of beide markten concurrerend zullen werken.

Voor **alle agrarische sectoren** waar organische meststoffen gebruikt worden, is het een uitdaging om de nutriëntenbeschikbaarheid en het organischestofbeheer te optimaliseren. Uitgaande van het instrument van de organischestofbalans is het bijvoorbeeld mogelijk om rekening te houden met specifieke bodem-, mest- en gewaseigenschappen. In samenhang met de milieuhygiënische normering is zodoende op bedrijfsniveau te berekenen hoeveel van de natuurlijke reststromen toegepast kunnen worden in het beheer van organische stof en het nutriëntenmanagement. Een overzicht van de gemiddelde hoeveelheid organische stof die nodig is om de afbraak in gras- en akkerbouwpercelen te compenseren, is gegeven in Tabel 5.1. Er zijn tevens uitgebreide tabellen beschikbaar voor de jaarlijkse hoeveelheid effectieve organische stof die wordt of kan worden aangevoerd via organische mest, wortel- en gewasresten, en groenbemesters (Postma et al., 2010; Timmer et al., 2004). Bij het opstellen van richtlijnen en adviezen dient bovendien rekening gehouden te worden met de effecten op zowel de chemische, als de fysische en de biologische bodemkwaliteitsaspecten (Postma et al., 2010). De hoeveelheid bermmaaisel, slootmaaisel, en groenafval die toegepast kan worden, zal daardoor afhankelijk zijn van locatie, teelt en grondsoort. In het algemeen kan gesteld worden dat berm- en slootmaaisel relatief nutriëntenrijk zijn en weinig effectieve organische stof bevatten. Groenafval uit openbare terreinen kan daarentegen zowel veel effectieve organische stof (houtafval, C-rijk maaisel) als veel nutriënten bevatten (niet-houtig maaisel uit natuurterreinen). Omdat de optimale gift met bermmaaisel, slootmaaisel of groenafval afhangt van de chemische samenstelling van deze reststromen én de eigenschappen van de bodem en het daarop groeiende gewas, is het onmogelijk om generieke en kwantitatieve uitspraken te doen over de risico's die samenhangen met het onderwerken in agrarische percelen.

Het toedienen van organische stof aan de bodem is voor veel agrarische ondernemers een belangrijke factor in het duurzaam omgaan met de bodem (Van Dam et al., 2006). Een goede bodemkwaliteit wordt volgens de ondernemers vooral bepaald door het organischestofgehalte van de grond. Naast het

organischestofgehalte worden ook de ontwatering, het vochtleverend vermogen, de draagkracht, de levering van nutriënten en de onkruiddruk regelmatig genoemd. Een goed bodembeheer is er volgens agrariërs op gericht om deze zaken in orde te laten zijn. Bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval kunnen en zullen zeker een rol gaan spelen als bron van organische stof, in verwerkte dan wel onverwerkte vorm. Een verhoogde onkruiddruk is dan mogelijk, in het bijzonder voor de verspreiding van wortelonkruiden en Jacobskruiskruid. Vanwege sanitaire aspecten heeft gecomposteerd materiaal daarbij de voorkeur boven onverwerkt gewasmateriaal.

In de **akkerbouw en tuinbouw** wordt het belang van organischestoftoediening breed erkend (Van Dam et al., 2006; De Hoop et al., 2010). Het zijn echter vooral de intensief bewerkte bodems waarbij het organischestofgehalte sterk afneemt (Rutgers et al., 2009) en waar organische reststromen een mogelijke rol gaan vervullen als bodemverbeterend middel; een trend die waargenomen is in zowel de akkerbouw- als de tuinbouwsector. In de melkveehouderij en bij halfnatuurlijk grasland was dat veel minder het geval. Onder grasland accumuleert zelfs organische stof, ook als er alleen kunstmest wordt toegediend. Naast het bodembeheer speelt ook het bouwplan een grote rol, omdat de benodigde hoeveelheid effectieve organische stof niet alleen samenhangt met het bodemtype maar ook met de geteelde gewassen. Ter illustratie, na de teelt van granen blijft veel meer effectieve organische stof achter dan na de teelt van aardappelen (Velthof, 2004).

Door de toenemende aandacht voor duurzaamheid, waterkwaliteit en klimaat wordt (en is) het evenwicht tussen nutriëntenvoorziening en de verzorging van de bodemkwaliteit een belangrijk thema op veel akker- en tuinbouwbedrijven. Het gebruik van maaimeeststoffen en groene reststromen is daarbij één van de sturingsfactoren in het bemestingsplan. Hoe dat kwantitatief uitwerkt voor het gebruik van deze reststromen in akkerbouw- en tuinbouwbedrijven is sterk afhankelijk van grondsoort en gewas (zie Bemestingsadviezen) en de beschikbaarheid en kwaliteit van deze en andere organische meststoffen. In vergelijking met de overige organischestofbronnen zal de bijdrage van bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval relatief klein zijn (de kleine kringloop). Bij goed onderwerken (verdeling en tijdstip) zullen de risico's laag tot verwaarloosbaar zijn. Bijzonder aandachtspunt is de biologische sector waar deze reststromen mogelijk meer aandacht zullen krijgen, omdat vanaf 2012 groencompost niet meer als biologische meststof wordt erkend (Bokhorst, 2010). Voor wat betreft de onkruiden is met name de mogelijke verspreiding van wortelonkruiden een aanmerkelijk risico.

In de **boomkwekerijsector** wordt grote waarde gehecht aan het organischestofgehalte in de bodem. Veel gebruikte organische meststoffen zijn compost, dierlijke mest en groenbemesters. Zeker als bij het rooien veel vruchtbare grond verwijderd wordt, is het uitermate belangrijk dat stabiele en duurzame organische stof wordt toegevoegd aan de bouwvoor (Vandenberghe et al., 2007). Het belang van de organische stof in de bodem voor onder andere het vasthouden van voedingsstoffen en water staat in de sector daarom niet ter discussie (Vlaar et al., 2008; De Beuze et al., 2004). Omdat de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat relatief laag zijn in deze sector is het ook hier belangrijk om zo efficiënt mogelijk om te gaan met de toegestane nutriëntenruimte (Van Reuler, 2009). Er is daarbij een voorkeur voor het gebruik van stabiele organische stof met weinig nutriënten (Kater et al., 2003; De Beuze et al., 2004). Hierdoor is het waarschijnlijk dat berm- en slootmaaisel niet grootschalig toegepast zullen worden; de praktische en milieukundige risico's van toepassing in deze sector zijn namelijk groot. Voor de toepassing van openbaar groenafval hangt dat in sterke mate af van de kwaliteit (en mogelijk ook homogeniteit) van het aangeleverde organische materiaal. Als bodembedekker kan de toediening van organische stof ook gebruikt worden om de milieudruk van gewasbeschermingsmiddelen te verlagen (Van der Helm et al.,

2008; Vanderberghe et al., 2008) maar dat zal waarschijnlijk alleen toepasbaar zijn voor bepaalde typen groenafval (houtschors of houtsnippers bijvoorbeeld). Gebruik van ongecomposteed en niet-verwerkt groenafval is hoe dan ook af te raden in verband met de gerede kans dat hierin Honingzwam aanwezig is. Ook de mogelijke aanwezigheid van *Phytophthora ramorum* is een goede reden om af te zien van gebruik van ongecomposteed groenafval in deze sector.

De teelt van **bloembollen** vindt plaats op vele grondsoorten. Vooral op de zandgronden wordt het op peil houden van het organischestofgehalte als lastig ervaren door de gehanteerde gebruiksnormen voor N en P (Bokhorst et al., 2009). In duinzanden breekt het sneller af dan op de diluviale zandgronden. Voor de sierteelt op deze gronden komt het erop aan om het organischestofgehalte minimaal op peil te houden (Van Reuler, 2010). Organische materialen als stro, compost worden daarnaast ook toegepast als onkruidonderdrukking en om verstuiwing tegen te gaan (Slobbe et al., 2010; Van der Helm et al., 2008; Vanderberghe et al., 2008; Bokhorst et al., 2009) en om de algemene bodemweerbaarheid te verhogen (Van Reuler, 2010). Vanwege de aanwezige nutriënten is dit vaak alleen mogelijk op bedrijven met voldoende gebruiksruijnte.

De verspreiding van Jacobskruiskruid heeft voornamelijk indirecte risico's, omdat deze organische restromen niet toegepast zullen worden op **grasland**. Het risico is daarmee vooral gebaseerd op een hogere verspreidingsgraad op akkerbouwpercelen (waaronder ook maïspercelen) en akkerranden. Bij graslandvernieuwing of bij bedrijven met gras in het bouwplan kan de aanwezigheid van onkruidzaden een probleem opleveren.

7.5 Synthese

De risico's die verspreiding van bermmaaisel, slootmaaisel en groenafval over landbouwgronden met zich meebrengen worden samengevat in Tabel 7.1.

Tabel 7.1. Risicobeoordeling van verspreiding rest- en afvalstromen in de landbouw.

	Bermmaaisel	Slootmaaisel	Groenafval
Risico voor verspreiding			
Metalen en arseen	Laag, behalve voor najaarsmaaisel op benedenwindse bermen; verhoogd risico bij niet homogeen onderwerken	Laag, behalve rond puntlozingen en vervuilde gebieden; verhoogd risico bij niet homogeen onderwerken	Laag, behalve in locaties met sterk verontreinigde bodems
Organische verontreinigingen	Laag, behalve rond puntlozingen	Laag	Laag
Onkruiden en pathogenen	Groot, met name Jacobskruiskruid; opslag in balen/ inkuilen verlaagt risico onkruiden	Groot, met name wortelonkruiden en bruinrot; opslag in balen/ inkuilen verlaagt risico	Mogelijk verspreiding <i>Phytophthora ramorum</i> , Bacterievuur, lepziekte, Honingzwam
Humaanpathogenen	Laag	Laag	Laag
Zwerfvuil	Gemiddeld	Gemiddeld	Onbekend
Verlaging ziekteverendheid	Gemiddeld – hoog	Gemiddeld – hoog	Gemiddeld – hoog
Immobilisatie	Laag; veelal kortdurend	Laag; veelal kortdurend	Variabel; afhankelijk van type organische stof en tijdstip onderwerken
Af- en uitspoeling nutriënten	Laag, maar afhankelijk van tijdstip onderwerken en gift; bij najaarstoediening op bouwland matig	Laag, maar afhankelijk van tijdstip onderwerken en gift; bij najaarstoediening op bouwland relatief hoog	Laag
Gasvormige emissies	Laag (onvermijdelijk); hoger risico bij niet homogeen onderwerken	Hoog, vooral onder natte omstandigheden	Laag
Algemene risicobeoordeling			
Algemeen	heterogeniteit, mogelijk 'vervuiling' met gronddeeltjes; risico's zijn sterk giftafhankelijk	heterogeniteit, mogelijk 'vervuiling' met gronddeeltjes; risico's zijn sterk giftafhankelijk	heterogeniteit
Meerwaarde	Nutriënten en opbouw organische stof (alleen als meerjarig wordt toegediend en bij hoge gift)	Nutriënten en mogelijk ook opbouw organische stof (alleen als meerjarig wordt toegediend en bij hoge gift)	Variabel, hangt af van samenstelling
Voorwaarde	Selectie vereist: maaisel van 'verontreinigde' locaties of maaitijdstip niet gebruiken; zwerfvuil vooraf verwijderen	Selectie vereist: maaisel van 'verontreinigde' locaties niet gebruiken; zwerfvuil vooraf verwijderen	Visueel zwerfvuil vooraf verwijderen

8 Literatuur

- Aandekerk TGL & De Beuze M (2000) Adviesbasis voor de bemesting van boomkwekerijgewassen: vollegrondsteelt. Boomteelt praktijkonderzoek, Boskoop. 74 pp.
- Aarts F, Verhoeven J, De Ruijter F & Roelsma J (2011) Het benutten van maaisel van niet-agrarische grond. Verslag deskundigendag maaisel, 19 januari 2011, PPO rapport 445. Wageningen. 76 pp.
- Agentschap NL (2011) Afvalverwerking in Nederland: gegevens 2010. Werkgroep Afvalregistratie, Utrecht, 84 pp.
- Anonymous (2004) Achtergronddocument verwerking berm-, oever en slootmaaisel. Document ten behoeve van de Workshop Alternatieve Verwerkingsmethoden voor berm-, sloot- en oevermaaisel, donderdag 15 januari 2004, Expertisecentrum LNV, Ede.
- Anonymous (2011) Maaiselbeleid. Conceptversie d.d. 3 augustus 2011. Beleidsdocument waterschap Aa en Maas. 6 pp.
- Antheunisse AM, Hefting MM & Bos EJ (2008) Moerasbufferstroken langs watergangen; haalbaarheid en functionaliteit in Nederland. STOWA rapport 2008-07, Utrecht. 115 pp.
- Arts EJMM (2008) Overzicht van de vegetatie langs Rijkswegen. Uitgave Rijkswaterstaat, 146 pp.
- Bergsma G, Van Soest JP, Potjeer B, Vroonhof K, Haitjema A, Verdonkschot S, Willems G, Van Rosmalen A, Bazelmans F, Zegwaard M, Eilander G & Werkhoven R (2001) Inzamel- en beloningsystemen ter vermindering van zwerfafval. Drie concepten voor een aanpak. CE rapport, Delft, 98 pp.
- Best EPH, Oomes MJM & Berendse F (1992) De stikstofkringloop in een niet bemest graslandecosysteem; effecten van ingrepen in hydrologie en beheer. In: Meer HG & Van der Spiertz (1992) JHJ Stikstofstromen in agro-ecosystemen, Wageningen, pp. 19-32.
- Biokennis (2010) Compost uit natuur en landschap. BioKennis bericht januari 2010. Wageningen.
- Boer TW de, Lotz LAP, Sluijsmans JJJ & Zwart, KB (1997) Onderzoek naar de bodemverbeterende eigenschappen van bermmaaisel op landbouwgronden. Fase 1: literatuurstudie en laboratoriumproeven. Rapport Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) en Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO). Wageningen. 39 pp.
- Bok AJ, Kopinga J, Schnaar M & Spijker JH (2001) Typologie bermgraskwaliteit. Typologie van de milieuhygiënische kwaliteit van bermgras voor het onderwerken op landbouwgronden. Alterra rapport 246, Wageningen, 54 pp.
- Bokhorst JG (2007) Compostering van natuurgras in het gebied van de Drentsche Aa. LBI rapport LB15, Louis Bolk Instituut, Driebergen, 22 pp.
- Bokhorst J, Van Leeuwen Y & Ter Berg C (2009) Bodem en bemesting in de bollenteelt. LBI uitgave LB22, Driebergen, 39 pp.
- Bokhorst J (2010) Bemesting in de biologische akker- en tuinbouw bij bodems met een hoge fosfaattoestand. LBI rapport nr 2011-001 LbP, Louis Bolk Instituut, 51 pp.
- Boland, D (2008) Gebiedspilot waterkwaliteit Kleine Beerze. Regiegroep Water, Waterschap de Dommel, 114 pp.
- Bonanomi G, Antignani V, Capudilupo M & Scala F (2010) Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases. *Soil Biology & Biochemistry* 42, 136-144.
- Bos M & Van Eekeren N (2011) Gebruik van niet-agrarische maaisels binnen het landbouwbedrijf. Louis Bolk Instituut. Presentatie gegeven op het congres/ deskundigendag 'Het benutten van maaisel van niet agrarische grond' gehouden op 19 januari 2011.
- Brasier C & Webber J (2010) Plant pathology: Sudden Larch Death. *Nature* 466, 824-825.
- Bressers H, Hoppe T, De Bruijn T & Franco L (2010) Evaluatie impulsprogramma zwerfafval 2007-2009. Stichting voor Studies in Technologie en Duurzame Ontwikkeling, Universiteit Twente, 49 pp.

- Buskens RFM, Maneschijn NCM & Kloet RP (2002) Waterstreefbeelden en watersysteemrapportage voor de beken in Limburg. Eindrapport. Projectnummer 538777. Royal Haskoning, Maastricht, 189 pp.
- BTG (2005) Energie uit Biomassa; achtergrondinformatie over beleid, chemie en techniek. BTG, Enschede, 129 pp.
- BVOR (2004a) Onderwerken van maaisel in de landbouw duurder dan composteren. BVOR weerlegt resultaten onderzoek Alterra. BVOR Nieuws bulletin, jaargang 14, nummer 3.
- BVOR (2004b) Bodemverbeterende eigenschappen van sloop- en oevermaaisel op landbouwgronden onderzocht; weinig bekend over de bemestende waarde, terwijl gewaarschuwd wordt voor nadelige effecten. BVOR Nieuws bulletin, jaargang 14, nummer 3.
- BVOR (2005) Vrijstellingsregeling plantenresten en tarragrond. Beperkingen aan het gebruik van oogstresten, bermmaaisel en tarragrond in de landbouw. Informatie folder BVOR, Wageningen.
- BVOR (2011) Reactie van de BVOR op de brief 'Meer waarde uit afval' van de Staatssecretaris van I&M (brief van 25 augustus 2011). Notitie BVOR, 3 pp.
- Caron GEE, Kuiper L & Broek R van den (2002) Landschapstroom; energetische benutting van biomassa uit natuurterreinen. Ecofys, Utrecht, 61 pp.
- CBGV (2005) Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, Lelystad, 170 pp.
- CBS (2012) Centraal Bureau voor Statistiek; database met verzamelde gegevens over Nederland.
- Crohn D, Porter C & Paswater P (2000) Composting reduces growers' concerns about pathogens. Integrated Waste Management Board, publication #442-00-014.
- De Beuze M, Pittens HJWM, Pronk AA & Van Reuler H (2004) Geïntegreerde boomteelt. Geïntegreerde boomteelt bedrijfssysteem Meterik Kernbedrijf Boomteelt Telen met Toekomst 2001 t/m 2003. PPO rapport 311307, 89 pp.
- De Boo W (1997a) Voederkwaliteit bermgras provinciale wegen Zuid-Holland 1997. Provincie Zuid – Holland, Afdeling infrastructuur, Bureau Beheersbeleid en Kwaliteit, Den Haag.
- De Boo W (1997b) Voederkwaliteit bermgras rijkswegen Noord-Brabant voorjaar 1997. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Brabant, Dienstkring Autosnelwegen Breda.
- DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs (2005) Guidance on the disposal of options for common ragwort. <http://www.defra.gov.uk/publications/files/pb11050-ragwort-dispose-110315.pdf>.
- De Groene Ruimte (1994) Onderzoek milieu - aspecten bij het onderhoud van bermen en sloten. De Groene Ruimte, Wageningen.
- De Groene Ruimte (1996) Analyse en verwerkingsmogelijkheden bermgras Noord-Brabant. De Groene Ruimte, Wageningen.
- De Groene Ruimte (1999) Monitoring bermgras provincie Noord-Brabant 1998. De Groene Ruimte, Wageningen.
- De Groene Ruimte (1999) Meetnet bermgraskwaliteit provincie Gelderland, resultaten 1998. Provincie Gelderland, Arnhem.
- De Groene Ruimte (1999) Bronnenonderzoek chemische verontreiniging bermmaaisel. Projectnummer 99290, De Groene Ruimte, Wageningen, 55 pp.
- De Haan J & Van Geel W (2010) Nutriënten Waterproof. Nitraatnorm op zand verdraagt geen intensieve landbouw. PPO Wageningen, 24 pp.
- De Haan J (2008) Platform Landbouw & Kaderrichtlijn Water. Verslag 4^e bijeenkomst 26 juni 2008 te Eindhoven, 2 pp.
- De Haan (2006) Terugdringen nutriëntenverliezen. Nutriënten waterproof, van plan tot uitvoering. PPO rapport 351, 20 pp.
- De Hoop DW, Lakner D, Van Cooten WC, de Hoop JG, Bikker AM, Prins H, Gebrezgabher S & Meuwissen

- MPM (2010) Kansen op de mestmarkt door mestscheiding en voeraanpassingen. LEI rapport 2010-083, Den Haag, 56 pp.
- Delahaye R, Fong PKN, Van Eerd MM, Van der Hoek KW & Olsthoorn CSM (2003) Emissie van zware metalen naar landbouwgrond. CBS. Voorburg/ Heerlen. 42 pp.
- Dekker PHM, Van Zeeland M & Pauw JGM (2010) Levenscyclusanalyse groencompost. Grootschalig en zelf composteren. PPO rapport 3250109709, Wageningen, 29 pp.
- Dekker PHM, Van Balen D & Pauw JGM (2010) Meststoffen uit natuurterrein: biologische sector laat kansen liggen. Verslag workshop 26 november 2009. PPO rapport 3250109809, Wageningen, 16 pp.
- Deloitte (2010) Rapport kostenonderzoek zwerfafval Nederland. Den Haag. 101 pp.
- Den Ouden JB & Piepers AAG (2008) Richtlijnen voor inspectie en onderhoud van faunavoorzieningen bij wegen. Nieuwland, Wageningen, Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft, 37 pp.
- De Wit J, Prins U, Smeding FW, Boekhoff M, Dekking AJG & Iepema GL (2005) Intersectorale samenwerking in de biologische landbouw. Uitdagingen in praktijk. LBI rapport LV58, Driebergen, 30 pp.
- EFSA (European Food Safety Authority). 2011. Shiga toxin-producing *E. coli* (STEC) O104:H4 2011 outbreaks in Europe: Taking Stock. European Food Safety Authority Journal 9, 2390. Beschikbaar via: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2390.pdf>.
- Elbersen W & Keijsers E (2011) Maaisel in perspectief. Hoeveel en wat voor maaisel produceren we in Nederland? Presentatie gegeven op het congres/ deskundigendag 'Het benutten van maaisel van niet agrarische grond' gehouden op 19 januari 2011.
- Ehlert PAI, Zwart KB & Spijker JH (2010) Biogas uit bermmaaisel. Duurzaam en haalbaar? Alterra rapport 2064, Wageningen, 77 pp.
- Feenstra L, Reijnen JH, Willink JW & Van der Plicht J (2005) Gecombineerde verwerking van groenmateriaal en baggerspecie. Demonstratieproject. STOWA rapport 2005-33, 34 pp.
- Franz E, Semenov AV, Termorshuizen AJ, de Vos OJ, Bokhorst JG, van Bruggen AHC (2008) Manure-amended soil characteristics affecting the survival of *E. coli* O157:H7 in 36 Dutch soils. Environmental Microbiology 10, 313-327.
- GTD (2004) Kwaliteit herfstmaaisel 2003 Brabantse watergangen. Rapport in opdracht van het Noord-Brabantse waterschapsbond met subsidie van provincie Brabant. Waterschap Aa en Maas, 's Hertogenbosch.
- Grundy AC, Green JM & Lenartsson M (1998) The effect of temperature on the viability of weed seeds in compost. Compost Science & Utilization 6, 26-33.
- Heeres E, Postma J, Velvis H & De Wolf P (2005) Compost voor de biologische kringloop. Een verkenning van mogelijkheden en grenzen. PPO rapport 530126-02, Lelystad, 24 pp.
- Hendriks CMA (2011) Quick scan organische stof: kwaliteit, afbraak en trends. Wageningen, Alterra rapport 2128, 37 pp.
- Hesse M (2009) Groene energie de toekomst, maar nu al rendabel? Technisch-economische evaluatie. Rijksuniversiteit Groningen, 36 pp.
- Holshof G & Boekhoff M (2006) Alternierend maaibeheer kavelsloten, verwerking rietmaaisel en effecten op onkruidruk. Praktijk Rapport Rundvee 94, 36 pp.
- Hoogenboom FGM & Boerwinkel WHJ (1988) Zwerfafvalbestrijding in bos en natuurterreinen; een voorbeeld van een veldexperiment in het recreatieonderzoek. Mededelingen van de Werkgroep Recreatie nr 12. Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Huisman GH (2009) Haalbaarheid Groen Gas uit Bio-reststromen in Zeeland. Lectoraat duurzaamheid en water. Hogeschool Zeeland, Vlissingen, 113 pp.
- InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster (2005) Grasol. Een haalbaarheidsstudie. Utrecht, Rapport

- nr. 05.2.105, 49 pp.
- I&M (2011) Meer waarde uit afval. Brief van de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal d.d. 25 augustus 2011. Kamerstuk 30872 nr. 79, 4 pp + bijlage.
- Jansen PAG & Kuiper LC (2004) Praktijkexperiment 'Duurzame energie uit rietplaggen'. Stichting Bos en Hout, Wageningen, 49 pp.
- Janssen BH (1984) A simple method for calculating decomposition and accumulation of 'young' soil organic carbon. *Plant and Soil* 76, 297-304.
- Janssen BH (1996) Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil* 181, 39-45.
- Jonkers DGW (2011) Bermmaaisel. Wetgeving en overheidsbeleid. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Presentatie gegeven op het congres/ deskundigendag 'Het benutten van maaaisel van niet agrarische grond' gehouden op 19 januari 2011.
- Kampioen (1986) Actie 'laat niet als dank...' begonnen. Artikel over zwerfvuil langs Nederlandse wegen in deze Kampioen- uitgave van het ANWB, juli-aug 1986, pp. 16-17.
- Kampioen (1992) Stichting wil Nederland aan kant: dat hebben we mooi zelf in de hand. Artikel over zwerfvuil langs Nederlandse wegen in deze Kampioen- uitgave van het ANWB, juni 1992, pp. 7-8.
- Kampioen (2004) Verloedering langs Nederlandse wegen: wie doet er iets aan? Ach, een vuiltje... Artikel over zwerfvuil langs Nederlandse wegen in deze Kampioen- uitgave van het ANWB, januari 2004, pp. 66-68.
- Kater E, Maas GJ & Ottburg FGWA (2010) Raamplan Voorsterbeek. Alterra rapport 2042, Wageningen, 70 pp.
- Kater LJM, De Kool SAM & Van Dam AM (2003) Resultaten bollenteelt en boomteelt 2000 – 2002. PPO Rapport, 25 pp.
- Klein Breteler MA, Broers JW, Meesters HJN, Tieleman Y & Van den Bol M (1994) De chemische kwaliteit van bermgras. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Kool A & Koskamp GJ (2003) Zware metalen op De Marke. Rapport 33, CLM 547-2003, CLM, 30 pp.
- Koppejan J, Zeevalkink JA & Hesseling (2001) De haalbaarheid van energieopwekking uit bermgras. EWAB project 355199/2020, Energiewinning uit Afval en Biomassa, NOVEM, Utrecht, 55 pp.
- Kuikman PJ, Kooistra L & Nabuurs GJ (2004) Land use, agriculture and greenhouse gas emission in the Netherlands: omissions in the National Inventory Report and potential under Kyoto Protocol article 3.1. Alterra rapport 903, Wageningen, 52 pp.
- Lambregts C (2009) Eindrapportage Gebiedspilot Waterkwaliteit Chaamse Beken. Waterschap Brabantse Delta. 100 pp.
- Liebrand CIJM (1996) Restoration of species-rich grasslands on reconstructed river dikes. PhD thesis Wageningen Universiteit, Wageningen, 228 pp.
- LNV (2002) Brief ministerie van landbouw, natuurbeheer en visserij aan de provincie Noord-Brabant. 8 april 2002.
- Lotz LAP & Spijker (2001) Onderzoek naar de mogelijkheden voor toepassing van bermmaaisel op landbouwgronden: covernota bij drie onderzoeksnota's. Plant Research International, Nota 109. Wageningen. 16 pp.
- LTO-Noord (2009) Literatuuronderzoek digestaat en vergistingssysemen. Project 685b09/WV/LA. LTO Noord, Deventer, 57 pp.
- Ma WC, Bosveld ATC & Van den Brink DB (2001) Schotse hooglanders in de broekpolder? Analyse van de veterinaire-toxicologische risico's van de verontreinigde bodem voor grote grazers. Alterra rapport 260, 64 pp.
- Meerburg BG & Korevaar H (2009) Ecologisch beheer van de publieke ruimte: mogelijkheden voor

- natuurtechnisch dijk-, slootkant- en wegbermbeheer, toegespitst op de Hoekse Waard. PRI rapport 280, Plant Research International, Wageningen, 44 pp.
- Melman TCP (1991) Slootkanten in het veenweidegebied; mogelijkheden voor behoud en ontwikkeling van natuur in agrarisch grasland. PhD thesis Universiteit Utrecht, Utrecht, 329 pp.
- Meuleman B & Faaij A (1998) Een optimalisatiemodel voor organische reststromen, EWAB project 355197/2010, Novem, Utrecht, 102 pp.
- Meulemans JT (1989) Reed and periphyton in Lake Maarsseveen I. University of Amsterdam, Amsterdam, 129 pp.
- Mooij M (2009) Beheer- en onderhoudsplan Stedelijk Water Gemeente Barneveld 2010-2015. LOO PLAN rapport 2009-106-02003, De Steeg, 116 pp.
- Munters R & Coppelmans A (2008) Kansrijke maatregelen om slootmaaisel te verwerken; pilotgebied Hooge Raam. Opdracht voor Waterschap Aa en Maas, Aequator Groen & Ruimte, Dronten, 38 pp.
- Noordam – ten Have J (2010) Evaluatie pilots akkerrandenbeheer Drenthe (2006-2008) en Groningen (2006-2009), BPP, Veendam, 28 pp.
- Oomes MJM, Olff H & Altena HJ (1996) Effects of vegetation management and raising the water table on nutrient dynamics and vegetation change in a wet grassland. *Journal of Applied Ecology* 33, 576-588.
- PAGV (1989) Handboek Akkerbouw, PAGV, Lelystad, 251 pp.
- Pels JR & Bergman PCA (2006) Torwash. Proof of principle – phase 1. ECN rapport ECN-E-06-021, Petten, 31 pp.
- Phyllis (2012) is a database, containing information on the composition of biomass and waste. Beschikbaar via www.ecn.nl/phyllis
- Poerink BJ (2008) Inventarisatie en evaluatie van technische alternatieven voor vaste rundermest in weidevogelreservaten in Friesland en Groningen. Jonge Poerink Milieuadvies, rapport 20080401, Zuurdijk, 44 pp.
- Postma R, Korthals GW, Termorshuizen AJ, Dekker P & Thoden T (2010) Effecten van verse organische stof. NMI rapport 1326, Wageningen, 50 pp.
- Provincie Drenthe (1993) Onderzoek naar de kwaliteit van bermgras t.b.v. aanwending van de tweede snede in de landbouw in de seizoenen 1991 en 1992. Provincie Drenthe, Dienst Water en Milieuhygiëne.
- Provincie Zuid-Holland (1993) Project Integratie Milieumetingen 1991: het tussengebied. Dienst Water en Milieu PZH. Rapport provincie Zuid-Holland.
- Provincie Zuid-Holland (1998) Milieukwaliteit van het veenweidegebied Midden-Delfland, project integratie milieumetingen 1998. Dienst Water en Milieu PZH. Rapport provincie Zuid-Holland.
- Provincie Zuid-Holland (1994) Bermbeleid en Bermbeheer in Zuid-Holland. Eindrapportage van het nader onderzoek naar het bermbeheer, de kwaliteit van berm- en slootmaaisel en de afzetmogelijkheden. Deel 1: beleid. DMC BV, Nieuwerbrug.
- Provincie Zuid-Holland (1994) Bermbeleid en Bermbeheer in Zuid-Holland. Eindrapportage van het nader onderzoek naar het bermbeheer, de kwaliteit van berm- en slootmaaisel en de afzetmogelijkheden. Deel 2: onderzoek. DMC BV, Nieuwerbrug.
- Reijnders J (2007) Gebiedspilot Hooge Raam. Mogelijke maatregelen in de landbouw voor schoner water. Waterschap Aa en Maas, 41 pp.
- Rem P & Korten R (2011) Haalbaarheidsonderzoek naar de thermische omzetting van biomassa naar groene grondstoffen en bio-energie. Eindrapport. MPI Management BV en De Rijke biogas BV, Zeeland, 106 pp.
- Reumerman P (2008) Naar een hogere benuttingsgraad van biomassa uit het Nationaal Park Weerribben-Wieden (i.o.). BTG, Enschede, 60 pp.

- Reumerman P & Roelofs S (2009) Inventarisatie biomassa regio Stedendriehoek. Eindrapportage. BTG, Enschede, 82 pp.
- Rijkswaterstaat (1993) Oriënterende studie naar de emissies van zware metalen, PAK, asbest en olie door het wegverkeer. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Rijkswaterstaat (1994) De chemische kwaliteit van bermgras. DWW-wijzer 62, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Rijkswaterstaat (1994) De chemische kwaliteit van bermgras. DWW-wijzer 61, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Rijkswaterstaat (1996) Bermgras van rijkswegen Noord-Brabant als veevoer. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Brabant.
- Rijkswaterstaat (1996) Vrijkomend wegvuil bij Rijkswaterstaat, W-DWW-96-003, Delft.
- Rijkswaterstaat (2000) Afval langs wegen in Overijssel: resultaten van een inventariserend onderzoek naar zwerfvuil en illegale storingen langs wegen en in natuurterreinen in Overijssel. Projectteam Afval langs wegen in Overijssel, Directie Oost-Nederland, Arnhem.
- Rings AF & Tuit WH (2000) Groenresten in het waterbeheer. STOWA rapport, Utrecht. 53 pp.
- Rood GA (1994) Organische microverontreinigingen in GFT compost. RIVM rapport 771401004, Bilthoven, 21 pp.
- Römkens PFAM, Rietra RPJJ & Sival FP (2006) Cadmium in bodem en gras in het natuurgebied in en nabij de Malpiebeemden. Onderzoek naar de kwaliteit van veevoer in relatie tot gezondheidsrisico's voor grazers. Alterra rapport 1299, 36 pp.
- Rutgers M, Jagers op Akkerhuis GAJM, Bloem J, Schouten AJ & Breure AM (2009) Prioritaire gebieden in de Kaderrichtlijn bodem. Beland van bodembiodiversiteit en ecosysteemdiensten. RIVM rapport 607370001/2009. 66 pp.
- Schaffers AP, Vesseur MC & Sykora KV (1998) Effects of delayed hay removal on the nutrient balance of roadside plant communities. *Journal of Applied Ecology* 1998, 35, 349-364.
- Schaffers AP (2000) Ecology of roadside plant communities. PhD thesis Wageningen Universiteit, Wageningen, 282 pp.
- SenterNovem (2009) Nederland is schoner dan u denkt. Een boekje open over zwerfafval. Publicatienummer 3UA0907, SenterNovem, 37 pp.
- Sival FP, Rietra RPJJ & Riksen MJPM (2008) Risico's van zware metalen in sediment in het natuurontwikkelingsgebied de Logtse Baan. Alterra rapport 1605, Wageningen, 29 pp.
- Sival FP, Chardon WJ & Van Rooij (2007) Fosfaat en natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in de provincie Zeeland. Alterra rapport 1495, Alterra, Wageningen.
- Sival FP, Chardon WJ & Van der Werff (2004) Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in relatie tot de beschikbaarheid van fosfaat: evaluatie van verschringsmaatregelen. Alterra rapport 951, Wageningen, 91 pp.
- Slobbe R, Breukers A & Ruijs (2010). Is de tuinbouwsector klaar voor een paar graden meer? LEI nota 10-046.
- Smeding F & Langhout (2006) Riet voor stro. Natuurstrooisel in de potstal. Louis Bolk Instituut, Driebergen, 40 pp.
- Smit A & Kuikman P (2005) Organische stof: onbemind of onbekend? Wageningen, Alterra rapport 1126, 39 pp.
- Smit A, Van Beek CL & Hoogland T (2007) Risicogebieden voor organische stof. Ontwerp van een methodologie voor het aanwijzen van 'risk areas' t.b.v. de EU Kaderrichtlijn bodem. Alterra rapport 1582, Wageningen, 53 pp.
- Spijker JH, Harmsen J, De Jong JJ, Niemeijer CM, Gorissen A, Scheepens PC & Van der Zweerde (2003)

- Bodemverbeterende eigenschappen van sloot- en oevermaaisel op landbouwgrond. STOWA rapport 2003-06, 89 pp.
- Spijker JH, Ehlert PAI & Harmsen (2004) Perspectieven voor berm-, oever- en slootmaaisel. Alternatieve verwerkingsmethoden en werkbare wetgeving. Alterra intern rapport, Wageningen.
- Spijker JH & Ehlert (2004) Alternatieve verwerkingsmethoden en werkbare wetgeving voor berm-, oever- en slootmaaisel; mogelijkheden voor het onderwerken van maaisel op landbouwgronden in een kleine en een grote kringloop. Alterra rapport 1071, Wageningen, 55 pp.
- Spijker JH, Ehlert PAI, De Jong JJ, Niemeijer CM, Scheepens PC & De Vries EA (2004) Geschiktheid van bermmaaisel als meststof. Een verslag van acht praktijkproeven. Alterra rapport 963, Wageningen, 64 pp.
- Spijker JH (2004) Maaisel. Geschiktheid van maaisel als meststof; enige onderzoeksresultaten. Presentatie op BVOR jaarvergadering, 12 mei 2004.
- Stichting Klimaatlandschap Land van Heusden en Altena (2006) Eindverslag project Klimaatlandschap in het land van Heusden en Altena. Projectnummer 2020-04-13-27-006, 41 pp.
- Stichting Nederland Schoon (2011) Nederland betaalbaar schoon. Aanbevelingen voor nog beter zwerfafvalbeheer. Den Haag, 36 pp.
- Ter Heerdt (2010) Natuurvriendelijk onderhoud en ecologische kwaliteit. Literatuuronderzoek naar de ideale frequentie van schonen en onderbouwing van het nut van het afvoeren van maaisel. Waternet Amsterdam, 54 pp.
- Timmer RD, Korthals GW & Molendijk LPG (2004) Teelthandleiding groenbemesters. PPO.
www.kennisakker.nl
- Termorshuizen AJ, Van Rijn E, Van der Gaag DJ, Chen Y, Lagerlöf J, Paplomatas EJ, Rämert B, Steinberg C & Zmora S (2006) Disease suppression of 18 composts against 7 pathogens. *Soil Biology & Biochemistry* 38, 2461-2477.
- Termorshuizen AJ, Moolenaar SW, Veeken AHM & Blok WJ (2004) The value of compost. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 3, 343-347.
- Termorshuizen AJ, Van Rijn E & Blok WJ (2005) Phytosanitary risk assessment of composts. *Compost Science and Utilization* 13, 108-115.
- Tuitert, G, Szczech, M & Bollen, GJ (1998) Suppression of *Rhizoctonia solani* in potting mixtures amended with compost made from organic household waste. *Phytopathology* 88: 764-773.
- Tummers RJE (1998) Rapportage Bodemkwaliteitsmeetnet Provincie Zuid-Holland. Tauw Milieu BV.
- Van Alebeek FAN & Van Beek AJCM (2003). Natuur breed, Jaarverslag 2003. PPO rapport. 18 pp.
- Van Dam AM, Kater LJM & Van Wees NS (2004) Adviesbasis voor de bemesting van bloembolgewassen. PPO rapport 708, Lisse. 58 pp.
- Van Dam AM, De Boer HC, De Beuze M, Van der Klooster A, Kater LJM, Van Geel W & Van der Steeg P (2006) Duurzaam bodemgebruik in de landbouw; advies uit de praktijk. PPO rapport 340101. Lelystad, 94 pp.
- Van de Haterd RJW, Vleeming S, Hoefsloot G, Krijgsveld KL & Smits RR (2007) De effecten van beheer op wegbermvegetaties. Resultaten van langjarig onderzoek naar vijf maairegimes en naar mantel- en zoombeheer. Bureau Waardenburg BV, rapport 07-233, Culemborg, 64 pp.
- Van den Berg, D & Meuleman B (2003) Verkennend onderzoek naar mogelijkheden voor de inzet van bermgras in Overijssel voor duurzame energie-opwekking. Biomass Technology Group BV, Universiteit van Twente, Enschede, 27 pp.
- Van den Berghe A, Cools A, Van Lierde D & Brusselle A (2007) Inventarisatie van reductiemogelijkheden van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten in de sierteelt. Mededeling ILVO nr 25, 109 pp.
- Van den Berghe A, Cools A & Van Lierde D (2008) Analyse en evaluatie van reductiemogelijkheden voor

- het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten in de sierteelt. Mededeling ILVO nr 50, Merelbeke, België. 147 pp.
- Van den Brink N (2009) Een eerste inventarisatie van de risico's van zware metalen in de Broekpolder voor begrazing met schapen. Alterra rapport 1876, Wageningen, 35 pp.
- Van der Drift A & Olsen A (1999) Conversion of biomass (private) prediction and solution methods for ash agglomeration and related problems. Final report. ECN rapport ECN-C-99-090, Petten, 89 pp.
- Van der Helm F, Van der Lans A, Kerstens M & Bleeker P (2008) Onkruidbestrijding in biologische teelt van snijbloemen. Gebundelde onderzoeksverslagen van onderzoek op gebied van onkruid in bedekte en onbedekte teelt van snijbloemen in 2007. PPO Nota 500, 78 pp.
- Van der Hulst W (2008) Maaiselonderzoek Voorjaar 2004. Waterschap Aa en Maas, den Bosch.
- Van der Hulst W (2011) Afvoeren van slootmaaisel. Huidige praktijk in Zuid-Oost Brabant. Presentatie gegeven op het congres/ deskundigendag 'Het benutten van maaisel van niet agrarische grond' gehouden op 19 januari 2011.
- Van der Pol JJC, Bosveld ATC, Van den Brink NW (2004). PIMM-Biota 2002/2003, analyses in het kader van het Provinciaal Integraal Meetnet Milieukwaliteit (PIMM), Provincie Zuid-Holland; Deelrapport 1: zware metalen in gras en risico's voor grote grazers. Alterra rapport 855.1, Wageningen, 69 pp.
- Van der Wal AJ, Lommen JL, Den Hollander HJ & Tolkamp W (2011) KRW-pilot Praktische bedrijfsinnovaties in de landbouw. Deelproject slootkant. CLM rapport 744, Culemborg, 82 pp.
- Van der Zweerde W, Groeneveld RMW, Van Dijk N, Scheepens PC & Lotz LAP (2001) Benutting van bermmaaisel op landbouwgronden: onkruideffecten. Plant Research International, Nota 90. 33 pp.
- Van Diepen CA, Arts GHP, Kolk JWH, Van der Smit A & Wolf J (2002) Mogelijkheden voor verbetering van de waterkwaliteit door vermindering van de nutriëntenbelasting in noord Brabant. Deelrapport 4. Alterra rapport 527.4, Wageningen, 54 pp..
- Van Dijk W & Van Geel W (2012) Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. PPO uitgave, Wageningen, 125 pp.
- Van Dobben HF, Wamelink GWW & Wegman RMA (2005) Schatting van de beschikbaarheid van nutriënten uit de productie en soortensamenstelling van de vegetatie. Een verkennende studie. Rapport 16, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen, 68 pp.
- Van Dooren HJC, Biewenga G & Zonderland JL (2005) Vergisting van gras uit natuurgebieden in combinatie met runderdrijfmest. Praktijk Rapport Rundvee 62, Lelystad, 30 pp.
- Van Doorn J, Keijsers ERP & Elbersen HW (2001) Cascadering van maaisel. Winning van industrieel toepasbare hernieuwbare grondstoffen gecombineerd met de opwaardering van brandstofkwaliteit voor de opwekking van energie. ECN rapport ECN-C-01-050, 48 pp.
- Van Herk J & Koning R (2009) Biomassa in laag Holland; een verkenning van de biomassa uit natuur- en landschapsbeheer en mogelijke toepassingen. Innovatie Netwerk Rapport 9.2.197, Utrecht, 58 pp.
- Van Laarhoven G (2011) Gebiedsplan Hooze Raam, Landbouw Centraal, Tilburg, 20 pp.
- Van Oorspronk L (1999) Vrijkomen en bewerken van reststoffen bij groenaanleg of groenonderhoud. IPC Groene Ruimte, Arnhem, 129 pp.
- Van Reuler H (2009) Haal meer uit de bemesting met het oog op plant en milieu. Nuttige tips voor effectieve bemesting van boomkwekerijgewassen in de vollegrond. PPO rapport 426, Wageningen, 16 pp.
- Van Reuler H (2010) Topsoil+ Systeeminnovaties voor een duurzame sierteelt op duinzandgrond. PPO Wageningen, 20 pp.
- Van Slobbe, E, Alderink H, De Vlieger B, Torenbeek R & Penninkhoff P (2010) Bufferstroken in Nederland. Bijlagen. STOWA rapport 2010-39a, Utrecht, 73 pp.
- Van Schöll L, De Haas MJG & Postma R (2010) Mogelijkheden van de verwerking van bermmaaisel en de

- effecten op bodemkwaliteit. NMI rapport 1359.N.09, Wageningen, 67 pp.
- Van Vliet J, Leendertse P, Bussink W, Den Boer DJ (2009) Bodem voor Water; slimme maatregelen ter vermindering van zware metalen emissie in de melkveehouderij. CLM rapport 721-2009, Culemborg, 84 pp.
- Velthof GL (2004) Achtergronddocument bij enkele vragen van de evaluatie Meststoffenwet 2004. Alterra rapport 730.2, Wageningen, 80 pp.
- Veldkamp marktonderzoek (1988). Onderzoek zwerfafval literatuurstudie en onderzoeksopzet, projectnummer 1331. Veldkamp marktonderzoek bv, Amsterdam.
- Veldkamp marktonderzoek (1989) Onderzoek zwerfafval, accumulatiemeting en generatiemetingen, projectnummer 1331. Veldkamp marktonderzoek bv, Amsterdam.
- Verkaar HJPA & Lourens CE (1988) De gehalten van een aantal zware metalen in bermgras, een pilot-study. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Hoofdafdeling Milieu, Delfd.
- Verstrael TJ, Keizer PJ & Koeleman NMM (1998) Afval in de bermen. Achtergronden van de problematiek en resultaten van een enquête onder 22 dienstkringen van Rijkswaterstaat. Rapport W-DWW-98-014. Dienst Weg- en Waterbouwkunde Rijkswaterstaat, Delft.
- Visser A, Leendertse PC, Den Boer DJ & Termorshuizen AJ (2008) Gereedschapskist voor biodiversiteit en landbouw. Beschrijving en aanpak maatregelen. Culemborg, 43 pp.
- Vlaar LNC, Leenderste PC, Kool A & Luske B (2008) Emissiereductie van broeikasgassen in open teelten, ontwikkeling van een klimaatmodule voor het Milieukeurschema Plantaardige Producten, 108 pp.
- VROM (2003) Handreiking groenafval 2003. Handreiking 'relevante regelgeving bij het toepassing van groenafval'. Ministerie van VROM, 15 december 2003.
- VROM (2005) Vrijstellingsregeling plantenresten en tarragrond. Staatscourant nr. 220 d.d. 11 november 2005, 5 pp. (sindsdien gewijzigd v.w.b. tarragrond).
- VROM (2009a) Landelijk afvalbeheerplan 2009-2021. Naar een materiaalketenbeleid. Den Haag, Ministerie van VROM, versie 16 februari 2010, 203 pp.
- VROM (2009b) Landelijk afvalbeheerplan 2009-2021 (LAP) Bijlagen. Den Haag, Ministerie van VROM, versie 16 februari 2010, 171 pp.
- Warmerdam J, Yildiz I & Koop K (2011) Biomassapotentieel Provincie Utrecht. Project PSUPNL101735, Ecofys, Utrecht, 52 pp.
- Weersink H (2005) Gedeeltelijke oplossing voor het plagsel- en maaiselprobleem. Vakblad Natuur Bos Landschap 2005, 10, 2.
- Welink JH & Van Der Koogh E (2004) Energie uit afval en biomassa. Een handleiding bij het kiezen van methoden. ISBN 978-99-407-2532-6, Delft University Press. 128 pp.
- Wiersma T & Kolkman I (2009) Biomassaonderzoek vijf Noordelijke waterschappen. Projectnr 100427. E kwadraat Advies, Leeuwarden, 74 pp.
- Wolterbeek T & Reyntjes J (2006) Afvoeren van bermmaaisel. Een verkenning van de mogelijkheden. Rapport nr. VS2006.021, De Vlinderstichting, Wageningen, 43 pp.
- Wolters R, Beekman J & Van Mol R (2009) Gebiedspilot waterkwaliteit Hooge Raam. Eindrapport. Waterschap Aa en Maas, 's-Hertogenbosch, 33 pp.
- Wyers GP, Bakker FB, Broersen BC & Möls JJ (1990) Meting van massastromen zware metalen door natte en droge verwaaiing van een snelweg naar de berm. Vervolg op eerder onderzoek. ECN rapport ECN-C-90-020, Petten, 23 pp.
- Wyers GP, Bakker FP, Broersen BC, De Ridder FH & Möls JJ (1991) Metingen van massastromen van zware metalen door run-off en droge verwaaiing van een snelweg naar de berm. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde.
- Zwart K, Pronk A & Kater L (2004) Verwijderen van gewasresten in de open teelten. Een deskstudie naar

de effecten op de bodemvruchtbaarheid en de mogelijke verwerking van gewasresten in het kader van het project Nutriënten Waterproof, LNV-programma's systeeminnovatie open teelten (200-I en 400-III). PPO rapport 530133, Lelystad, 77 pp.

Zwart KB (2001) De bemestende waarde van bermmaaisel, slootmaaisel en heideplagsel. Plant Research International, Nota 108, Wageningen.

Zwart G (2011) Maaisel ruimen? Waterschap Peel en Maasvallei is er nog niet uit. Presentatie gegeven op het congres/ deskundigendag 'Het benutten van maaisel van niet agrarische grond' gehouden op 19 januari 2011.