

# CO<sub>2</sub>-effecten van het opwerken van groenafval en van daarmee vergelijkbare reststromen

Achtergrond document bij de BVOR CO<sub>2</sub>-rekentool

---



*Versie 1.1 van November 2013*

## Inhoudsopgave

1. Inleiding .....	3
2. Algemene uitgangspunten .....	4
3. De composteerinrichting – processen en massabalans .....	7
3.1 Samenstelling van groenafval.....	7
3.2 Configuratie van de inrichting - Processtappen .....	7
3.3 Massabalans .....	9
4. Toepassing van producten .....	11
4.1 Samenstelling en toepassing van compostproducten.....	11
4.2 Houtige biomassa voor energietoepassingen .....	12
4.3 Substraat voor co-vergisting.....	12
4.4 Andere biobased toepassingen .....	12
5. Broeikasgasemissies .....	13
5.1 Inleiding .....	13
5.2 Emissies binnen de composteerinrichting.....	13
5.2.1 Emissies tijdens het composteerproces .....	13
5.2.2 Emissies uit het percolaatbassin en van het surplus afvalwater.....	14
5.2.3 Emissies door direct energieverbruik – diesel en elektriciteit .....	15
5.2.4 Vermeden emissies door warmteterugwinning uit composteervloer .....	15
5.3 Emissies van transport .....	15
5.4 Emissies en vermeden emissies bij het gebruik van compost .....	16
5.4.1 Koolstofvastlegging - Compost als C-sink.....	17
5.4.2 Substitutie van de functies van kunstmest, dierlijke mest en veen.....	17
5.4.3 CO <sub>2</sub> -effecten van andere positieve eigenschappen van compost.....	20
5.4.4 Broeikasgasemissies bij toedienen van compost .....	20
5.5 Vermeden emissies bij het gebruik van houtige biomassa als brandstof .....	21
5.6 Vermeden emissies bij het co-vergisten van deelstromen .....	22
5.7 Afzet van zeefgrond en andere grond.....	23
5.8 Emissies en vermeden emissies door inzet in andere biobased processen.....	23
6. Literatuur .....	24

## 1. Inleiding

### **Achtergrond**

Hoogwaardige benutting van organische reststromen wordt gezien als een belangrijk element van een biobased economy. Voor de benutting van een organische reststroom bestaan vaak meerdere opties, bijvoorbeeld gebruik als brandstof of gebruik als grondstof.

In toenemende mate bestaat de behoefte om de duurzaamheid van verschillende benuttingsopties voor organische reststromen meetbaar en vergelijkbaar te maken. Dit is bijvoorbeeld het geval bij aanbestedingen voor de inzameling en be-/verwerking van deze reststromen, maar bijvoorbeeld ook wanneer bedrijven achteraf hun duurzaamheidsprestaties willen kwantificeren (verslaglegging).

Duurzaamheid wordt in deze situaties veelal geoperationaliseerd als CO<sub>2</sub>-prestatie of CO<sub>2</sub>-winst. Het voordeel van deze benadering is dat de CO<sub>2</sub>-prestatie een ééndimensionale (kwantificeerbare) parameter is. Het grote nadeel is dat duurzaamheid hiermee tot CO<sub>2</sub> wordt 'verengd'. Daar komt bij dat het veelal maar beperkt mogelijk is de CO<sub>2</sub>-effecten van materiaalhergebruik te kwantificeren. Omdat energetisch hergebruik relatief goed en gemakkelijk te kwantificeren is, scoort energetisch hergebruik in veel gevallen (onterecht) onevenredig beter dan materiaalhergebruik.

De BVOR CO<sub>2</sub>-rekentool geeft de mogelijkheid CO<sub>2</sub>-effecten te kwantificeren van zowel energetisch hergebruik als materiaalhergebruik van groenafval en daarmee vergelijkbare organische reststromen.

### **Dit document en de rekentool**

De BVOR CO<sub>2</sub>-rekentool is een Excel-model dat is ontwikkeld door IVAM ([www.ivam.uva.nl](http://www.ivam.uva.nl)). Voor de vergelijkingen en formules van het model is gebruik gemaakt van wetenschappelijke studies (ondermeer levenscyclus analyses (LCAs)), alsmede praktijkdata over opwerking van organische reststromen.

Onderhavig document is een achtergronddocument bij de tool. Het geeft een verantwoording van de keuzes die zijn gemaakt bij de vormgeving van de tool en de daarin gebruikte formules en getallen.

Hoofdstuk 2 beschrijft enkele algemene uitgangspunten van het model. Hoofdstuk 3 beschrijft in kwalitatieve zin de gemodelleerde processen, alsmede de daarbij gebruikte uitgangspunten met betrekking tot de samenstelling van de reststromen en de massabalansen. Hoofdstuk 4 gaat in op de uitgangspunten met betrekking tot producten. Hoofdstuk 5 gaat in op de gebruikte (kwantitatieve) uitgangspunten voor de berekening van (vermeden) CO<sub>2</sub>-emissies. Hoofdstuk 6 geeft een overzicht van gebruikte literatuur.

De rekentool is in de periode december 2012 – juni 2013 op initiatief van de BVOR ontwikkeld. Na een testperiode van enkele maanden, waarin feedback van gebruikers is verzameld, is de tool in november 2013 definitief gemaakt.

De rekentool is vormgegeven door IVAM; het Verenigingsbureau van de BVOR heeft zorg gedragen voor een belangrijk deel van de literatuurstudie en het verzamelen van achtergronddata. De praktische functionaliteiten en bruikbaarheid van de tool is getoetst bij de BVOR Commissie CO<sub>2</sub>-tool, waarin BVOR leden zitting hebben alsmede een certificerende instelling (Quality Services).

De ontwikkeling van de tool is mede mogelijk gemaakt door financiële ondersteuning van Agentschap NL, als onderdeel van het jaarwerkprogramma van de NBLH sector binnen het Agroconvenant (zie ook [www.biomassaforum.nl](http://www.biomassaforum.nl)).

## 2. Algemene uitgangspunten

### **Type reststromen**

Onder groenafval wordt conform het Landelijk Afvalbeheerplan verstaan: *‘Materiaal dat vrijkomt bij aanleg en onderhoud van openbaar groen, bos- en natuurterreinen. Tevens vergelijkbaar afval, bijvoorbeeld grof tuinafval, berm- en slootmaaisel, afval van hoveniersbedrijven, agrarisch afval etc. Tenslotte ook gescheiden ingezameld grof tuinafval van huishoudens’.*

Een deel van het materiaal dat onder de reikwijdte van deze definitie valt, wordt in de praktijk met andere namen als groenafval aangeduid. Voorbeelden zijn ‘snoeiafval’, ‘bermgras’ en ‘bosbouw materiaal’. Bovendien valt een deel van het ‘groenafval’ sinds 2011 niet meer onder de reikwijdte van de afvalstoffenregelgeving, waardoor ook de benaming ‘afval’ niet meer van toepassing is.

Voor deze rekentool is de exacte benaming minder van belang: waar het om gaat zijn de karakteristieken (samenstelling) van het materiaal en de toepassingsmogelijkheden. Voor het gemak gebruiken we hier en in de tool de term groenafval, waarmee de volledige reikwijdte van de bedoelde reststromen wordt gedekt.

N.B. Gft-afval valt niet onder de reikwijdte van deze rekentool. Hiervoor is een separate rekentool beschikbaar via [www.gft-afval.nl](http://www.gft-afval.nl).

### **Berekeningen per ton groenafval**

De aanvoer bij een composteerinrichting fluctueert door het jaar aanzienlijk, zowel voor wat betreft de hoeveelheden als ook de samenstelling. In de praktijk worden fluctuaties door het jaar heen opgevangen door bufferen en mengen van inputstromen.

Door de optredende fluctuaties en de noodzakelijke menging is het niet goed mogelijk de CO<sub>2</sub>-effecten te berekenen van één batch groenafval, of van de aanvoer in een beperkte periode van het jaar.

Voor de berekeningen van de rekentool wordt daarom uitgegaan van de operationele data op jaarbasis. Dit betreft zowel de inname van groenafval, de productie en afzet van producten (massabalans), het verbruik van energie, etc.. Hiermee worden de fluctuaties door het jaar ‘weggemiddeld’.

Vervolgens worden deze operationele data gedeeld door het in dat jaar ontvangen aantal tonnen groenafval, en worden dus alle data ‘per gemiddeld aangevoerde ton groenafval’ berekend. Door uit te gaan van één ton groenafval zijn resultaten van verschillende berekeningen, inrichtingen en opwerkingswijzen vergelijkbaar.

Voor de gebruiker van de tool betekent bovenstaande dat:

1. Alle noodzakelijke data voor invoer in de rekentool dienen te worden verzameld op jaarbasis;
2. Deze data dienen te worden gedeeld door het totaal aantal tonnen groenafval die in dat jaar zijn ingenomen. De aldus verkregen waarden dienen in de rekentool te worden ingevoerd.

Bijvoorbeeld: in 2012 heeft inrichting A 20.000 ton groenafval ingenomen, en daaruit 3.000 ton houtige biomassa afgescheiden, opgewerkt en afgezet als brandstof voor bio-energiecentrales. Bij de

deelstroom 'hout naar bio-energiecentrale' dient dan  $3.000/20.000 = 0,15$  ton biomassa/ton groenafval te worden ingevuld.

### **Randvoorwaarden voor het gebruik van de tool**

Voor de berekening van CO<sub>2</sub>-effecten van groenafval opwerking en benutting zijn operationele data nodig, o.m. massabalansen, data over energieverbruik, en data over samenstelling van groenafval en producten. Dit vraagt van de gebruiker van de rekentool dat hij deze data beschikbaar heeft, en bovendien dat deze data betrouwbaar zijn. Om beide te garanderen wordt voor het gebruik van de tool uitgegaan van een *vergunde inrichting*. Traditioneel worden deze inrichtingen aangeduid als groencompostering, tegenwoordig veelal als biomassawerf. De exacte benaming is ook in dit geval minder van belang: wat belangrijk is is dat een inrichting betreft met voorzieningen ten behoeve van het monitoren van de hoeveelheid en de samenstelling van groenafvalstromen en producten, alsmede voorzieningen voor procesmonitoring en -controle. Alleen wanneer dat het geval is kunnen immers onderbouwde claims gemaakt worden met betrekking tot te leveren of geleverde CO<sub>2</sub>-prestaties. Daarnaast is specifiek van belang dat het composteerproces verloopt conform 'best practice', omdat anders de emissies daarvan niet zijn in te schatten.

Voordat een gebruiker daadwerkelijk aan de slag kan met de tool, dient hij aan te geven of conform 'best practice' wordt gewerkt. Hiertoe verschijnt na opening van de tool een venster 'Bevestiging best practices', waarin de gebruiker bij een aantal stellingen al dan niet 'een vinkje' aangeeft of:

- Er is sprake van een vergunde inrichting;
- Er is een operationele weegbrug aanwezig, of een ander betrouwbaar systeem waarmee aan- en afgevoerde hoeveelheden worden gemonitord;
- Aangevoerd groenafval wordt gemeld bij het LMA;
- Indien op de inrichting compostering plaats vindt:
  - De composterende hopen hebben een zodanige hoogte en structuur dat voldoende zuurstoftoevoer plaatsvindt (indicatief: maximaal 3 meter hoogte en voldoende houtachtig materiaal aanwezig);
  - Er is sprake van actieve procescontrole (temperatuur);
  - De verantwoordelijke bedrijfsvoerder is inhoudelijk kundig en geschoold (bijvoorbeeld middels de BVOR cursus compostering).

Wanneer alle stellingen bevestigend zijn beantwoord, wordt conform 'best practice' gewerkt, en verschijnt de tekst 'werkt conform best practice' ook rechtsboven in het tool-rekenblad en bij de grafische weergave van de rekenresultaten. Wanneer niet alle stellingen bevestigend zijn beantwoord, kan toch met de tool worden gewerkt maar verschijnt op het rekenblad de tekst 'werkt niet conform best practice', en bij de rekenresultaten dat 'de resultaten niet betrouwbaar zijn'.

### **Default waarden en actuele waarden**

Voor een aantal invoerparameters zijn in de tool 'default waarden' ingevuld. Dit zijn parameters die in veel gevallen niet gemakkelijk door tool gebruikers zelf gekwantificeerd kunnen worden. Default waarden zijn reële praktijkwaarden, echter 'conservatief' gekozen. Dat wil zeggen dat bij gebruik van de default waarden zeker géén overschatting plaatsvindt van de CO<sub>2</sub>-voordelen, en waarschijnlijk zelfs een onderschatting.

Gebruikers van de rekentool kunnen default waarden vervangen door eigen waarden (actuele waarden). De eigen waarden dienen onderbouwd te zijn (zie de Handleiding voor meer informatie).

### **LCA-methodologie**

Voor de opbouw van de rekentool en de keuze van (achtergrond)waarden is aangesloten bij 'goede

praktijk' uit Life Cycle Assessment (LCA) methodologie. De volgende methodologische uitgangspunten zijn hierbij specifiek van belang:

#### *Systeemgrens*

- Cradle-to-grave;
- Door middel van 'vermeden productie' van energie of materialen wordt het milieuvoordeel van de toepassing van deelstromen gekwantificeerd.

#### *Het gebruik van Ecoinvent en de CO<sub>2</sub> prestatieladder*

Veel van de gebruikte data zijn gebaseerd op Ecoinvent. Dit geeft de meest eerlijke vergelijking van de verschillende mogelijke verwerkingsmethoden. Veel gebruikte processen (productie chemicaliën, afvalverwerking) kunnen niet worden gekwantificeerd met de CO<sub>2</sub>-prestatieladder.

Voor CO<sub>2</sub>-emissies tengevolge van energieverbruik is aangesloten op de CO<sub>2</sub>-prestatieladder van ProRail/SKAO. Dit is gedaan op verzoek van meerdere gebruikers bij wie de overige CO<sub>2</sub>-boekhouding ook op de CO<sub>2</sub>-prestatieladder is gebaseerd.

Voor enkele processen (grijze stroom en aardgas) liggen CO<sub>2</sub>-kentallen aanzienlijk lager dan die van de internationaal meer gebruikte Ecoinvent waarden. Wanneer in de toekomst de CO<sub>2</sub>-prestatieladder wordt aangepast naar de internationale waarden, wordt geadviseerd de waarde in deze tool ook aan te passen.

Ook voor transport is aangesloten op CO<sub>2</sub>-prestatieladder. CO<sub>2</sub>-emissiefactoren hiervoor komen redelijk overeen met de CO<sub>2</sub>-emissiefactoren van Ecoinvent.

#### *De karakterisering van broeikasgasemissies*

Berekeningen hiervoor worden gedaan met de LCA-methode ReCiPe Midpoint 1.7. De CO<sub>2</sub>-factoren in deze methode zijn overgenomen uit de IPCC-methodologie.

#### *Type LCA*

- Alleen emissies van broeikasgassen wordt gekwantificeerd. Andere milieueffecten blijven buiten beschouwing.
- Totale broeikasgasemissies worden berekend, en daarmee valt de tool onder het type 'attributional LCA'. Er wordt niet vergeleken met een referentiesituatie.

### 3. De composteerinrichting – processen en massabalans

Dit hoofdstuk beschrijft de processen zoals die plaats (kunnen) vinden op een composteerinrichting (§ 3.2). Daarnaast gaat dit hoofdstuk in op de samenstelling van groenafval (§ 3.1), en de relatie tussen de samenstelling van groenafval, de toegepaste processen en de massabalans van de inrichting (§ 3.3).

#### 3.1 Samenstelling van groenafval

De samenstelling van groenafval kan sterk variëren, en hangt onder meer af van de herkomst, het jaargetijde en de wijze van inzamelen.

In de rekentool wordt de samenstelling van groenafval gekarakteriseerd in vijf fracties, te weten:

- Houtig materiaal, bijvoorbeeld snoeihout, takhout, stobben;
- Grassen en maaisels;
- Blad;
- Organisch tuinbouwafval;
- Overig organisch materiaal.

Daarnaast kan zich in groenafval zwerfvuil bevinden. In de rekentool wordt dit niet als separate fractie aangemerkt maar als ‘onderdeel’ van bovengenoemde fracties, van waaruit het tijdens het proces wordt verwijderd.

De gebruiker van de rekentool dient zelf een **actuele samenstelling** op te geven opgeven, dat wil zeggen een gemiddelde jaarrond-samenstelling die aansluit bij de praktijk van zijn specifieke situatie. Hiertoe dient te worden aangesloten bij gegevens van de weegbrug en/of een andere wijze van administratie van ingenomen materialen.

De samenstelling van het groenafval vormt in de rekentool de basis voor de berekening van de massabalans over de inrichting (zie paragraaf 3.3).

N.B. De samenstelling van aangeleverd groenafval fluctueert gedurende het jaar sterk, waarbij de verschillende fracties voor een belangrijk deel in pieken worden aangevoerd (bijvoorbeeld maaisels in voor- en najaar, en blad in het najaar). In de praktijk wordt piekaanvoer gebufferd en gedurende het jaar geleidelijk mee verwerkt.

Dit is met name voor het composteerproces van belang, omdat dit een redelijk constante verhouding van deelfracties vereist (‘receptuur’). Bij voorbeeld: wanneer alle aangeleverde snoeiafval onmiddellijk zou worden afgescheiden en zou worden afgevoerd voor energietoepassingen, zou onvoldoende structuurmateriaal overblijven voor een (gedurende het jaar) goed verlopend composteerproces.

#### 3.2 Configuratie van de inrichting - Processtappen

Groencomposteerinrichtingen zijn er in vele verschillende configuraties. Dit betreft zowel het composteerproces zelf, de mechanische voor- en nabewerking van groenafval en produkten daaruit, alsmede de samenhang tussen de verschillende procesonderdelen.

Groencompostering vindt vrijwel altijd volledig in de open lucht plaats, op een volledig verharde (vloeistofdichte dan wel vloeistofkerende) ondergrond. Het water dat van het terrein afstroomt (percolaatwater en regenwater) wordt opgevangen in een percolaatbassin.

Onderstaand wordt een beschrijving gegeven van een 'standaard' configuratie van een groencomposteerinrichting.

### **Aanvoer en ontvangst**

Het te verwerken groenafval wordt per as aangevoerd. Na weging en registratie wordt het te verwerken groenafval gelost in het ontvangstgedeelte van de inrichting. Het ontvangstgedeelte bestaat meestal uit een vlakke losvloer in de open lucht. Tijdens het lossen kan het groenafval visueel worden geïnspecteerd zodat het kan worden geweigerd als het niet aan de gestelde eisen voldoet, bijvoorbeeld als het te zwaar verontreinigd is of onvoldoende vers is.

In het ontvangstgedeelte blijft het materiaal tijdelijk opgeslagen. Vervolgens wordt het naar de voorbereiding gebracht door shovels.

Deelstromen groenafval, bijvoorbeeld gras of bladeren, komen in grote pieken vrij en kunnen veelal niet onmiddellijk worden verwerkt. Deze stromen worden apart opgeslagen (ingekuild) en gedurende het jaar geleidelijk in het proces mee verwerkt. Op deze wijze wordt geborgd dat de 'receptuur' van het te composteren materiaal behoorlijk constant is.

### **Vorbewerking**

Tijdens de voorbereiding wordt het aangevoerde groenafval (deels) verkleind, gemengd, en opgezet in hopen.

Het verkleinen gebeurt door een mobiele of stationaire verkleiner. Voor de menging van de verschillende fracties uit het groenafval wordt gebruik gemaakt van shovels of van special mengapparatuur. Het doel is om een zo homogeen mogelijk uitgangsmateriaal te verkrijgen, met een optimale structuur en vochtgehalte. De zachte, natte fracties uit het groenafval (bijvoorbeeld gras) worden hiertoe gemengd met de hardere fracties (zoals verhakseld snoeihout), die als structuurmateriaal dienen.

Het opgemengde materiaal wordt vervolgens opgezet in hopen. Al naar gelang de vorm van de hopen kan onderscheid worden gemaakt tussen compostering in rillen (driehoekige hopen) en tafelhopen (trapeziumvormige hopen).

Bij de voorbereiding worden reeds deelstromen uit het aangevoerde materiaal afgescheiden en separaat opgewerkt. Het gaat dan in het bijzonder om houtig materiaal, dat kan worden gezeefd/verkleind etc. om aansluitend te worden afgezet als **brandstof voor bio-energieinstallatie** (houtchips/houtshrips). Bij de zeping van de houtfractie ontstaat tevens een fijne fractie, aangeduid als **zeefgrond**. Zeefgrond kan (na keuring) onder voorwaarden worden afgezet als grond, als grondfractie in samengestelde grondproducten of – na compostering- als compostproduct.

Daarnaast kunnen gras en maaisels worden afgescheiden en worden afgezet als **substraat voor co-vergistinginstallaties**.

Tenslotte kunnen deelfracties worden afgescheiden die voor **andere (innovatieve) toepassingen** worden ingezet, bijvoorbeeld de terugwinning van vezels.

### **Composteerproces en narijping**

Het composteerproces vindt plaats in een periode die varieert tussen enkele weken en een aantal maanden, een en ander afhankelijk van de gekozen procescondities.



In deze periode worden de composteerhopen regelmatig omgezet. De frequentie van omzetten kan sterk uiteenlopen van inrichting tot inrichting, van 1-2 maal per week tot één maal per 8 weken. In het begin van het composteringsproces wordt relatief frequent omgezet, en aan het eind van het composteringsproces minder frequent. Het omzetten gebeurt met een omzetmachine, een shovel of een kraan. Tijdens het omzetten wordt het materiaal zo nodig ook bevochtigd.

Tijdens het composteerproces kan tevens gebruik worden gemaakt van geforceerde beluchting, hoewel dat (in tegenstelling tot bijvoorbeeld GFT-compostering) zeker geen standaard voorziening is. Omdat groenafval in vergelijking met GFT-afval vrij traag afbreekbaar is, en door goede menging bovendien een voldoende poreuze hoop is te verkrijgen, kan de beluchting veelal plaatsvinden door natuurlijke trek in het compostierend materiaal en door het materiaal regelmatig om te zetten.

De laatste fase van het composteerproces wordt aangeduid als narijping. Tijdens de narijpsfase breekt resterend moeilijk afbreekbaar materiaal verder af. Het materiaal wordt tijdens de narijping nog af en toe omgezet, en eventueel ook belucht en bevochtigd, echter de procesvoering is minder intensief dan in de eigenlijke composteringsfase. Narijping is vooral belangrijk met het oog op het verkrijgen van een stabiel, uitgerijpt eindproduct.

N.B. In de praktijk is het onderscheid tussen composteerproces en narijping niet altijd scherp te maken. Inrichtingen verschillen onderling aanzienlijk in de wijze waarop ze het totale composteer- en narijpsproces hebben ingericht.

#### ***Mechanische nabewerking***

In de nabewerking wordt de geproduceerde compost afgezeefd op de gewenste grootte(s), en desgewenst opgemengd met andere grondstoffen tot specifieke producten (bomenzand etc.).

Bij het zeven kan houtige (niet gecomposteerde/verteerde ) biomassa worden afgescheiden. Afhankelijk van de hoeveelheid en de gekozen strategie kan deze als structuurmateriaal worden teruggevoerd in het composteerproces, dan wel worden afgescheiden en opgewerkt tot brandstof voor energietoepassingen (shrips).

#### ***Andere processtappen***

De bovenbeschreven processtappen 'voorbewerking', 'composteerproces' en 'nabewerking' komen op iedere composteerinrichting op enigerlei wijze voor. Daarnaast is mogelijk sprake van andere processen waarmee deelstromen uit groenafval worden afgescheiden en/of bewerkt. Omdat de mogelijke variatie hierin groot is, en er bovendien geen generieke broeikasgasdata voor beschikbaar zijn, zijn ze niet beschreven en niet gemodelleerd. De rekentool gebruiker heeft wel de mogelijkheid dergelijke processen toe te voegen (zie de Handleiding voor de voorwaarden).

### **3.3 Massabalans**

Er is een directe samenhang tussen de samenstelling van het groenafval, en het type en de hoeveelheid producten die daaruit kunnen worden geproduceerd. Deze relaties zijn vooral empirisch, en door ervaringen uit de praktijk tot stand gekomen. Onderstaand zijn deze beschreven:

***Houtige fractie (biomassa brandstof):*** niet alle houtig materiaal in groenafval kan voorafgaand aan het composteerproces worden afgescheiden (t.b.v. brandstoftoepassingen), omdat anders onvoldoende structuurmateriaal overblijft voor een goed verlopend composteerproces. In de rekentool mag houtig materiaal worden afgescheiden, echter tot een maximum waarbij de input van de compostering nog uit tenminste 30% houtig materiaal bestaat.

**Zeefgrond:** de hoeveelheid geproduceerde zeefgrond hangt direct samen met de hoeveelheid afgescheiden houtige biomassa. Uit de praktijk is echter geen vaste massaverhouding bekend. Derhalve is de hoeveelheid geproduceerde zeefgrond in de rekentool 'vrij' in te vullen.

**Gras** dat wordt afgescheiden in voorbereiding (t.b.v. covergisting). In de rekentool wordt ervan uitgegaan dat maximaal 50% van alle aangevoerde gras in het groenafval kan worden afgescheiden. De hoeveelheid afgescheiden gras t.b.v. co-vergisting kan in de rekentool worden gevarieerd tussen 0% en 50% van de hoeveelheid aangevoerd gras.

**Compostproductie** (na nabewerking): in de praktijk bevindt de hoeveelheid geproduceerde compost zich tussen de 40 gewichts% en 50 gewichts% van de input van het composteerproces.

## 4. Toepassing van producten

Dit hoofdstuk gaat in op de toepassing van producten zoals die worden geproduceerd op de composteerinrichting. Dit betreft achtereenvolgens compostproducten (§ 4.1), houtige biomassa voor energietoepassingen (§ 4.2), substraat voor co-vergisting (§ 4.3), en grondstoffen voor andere bio-based toepassingen (§ 4.4).

### 4.1 Samenstelling en toepassing van compostproducten

Voor het bepalen van de CO<sub>2</sub>-effecten van het toepassen van compostproducten is enerzijds de samenstelling van belang, en anderzijds de plaats waar compost wordt toegepast en de functies die het daar vervult.

#### **Samenstelling van compostproducten**

Onderstaande tabel vat relevante samenstellingsparameters samen van groencompost. Het organische stofgehalte is van belang in relatie tot koolstofopslag in de bodem en mogelijke vervanging van veen. De nutriëntgehalten zijn van belang om de mogelijke (kunst)mestvervanging door compost te kunnen berekenen.

De waarden in de tabel zijn langjarig gemiddelden van Keurcompost data, herleid uit de BVOR database. Gebruikers van de rekentool dienen hun eigen actuele waarden in te vullen, voldoende onderbouwd met analysesresultaten.

Hoofdstuk 5 gaat dieper in op de functies van compost en berekeningswijzen voor de vervangingswaarden van compost.

Gemiddelde waardes groencompost			Range (95% van alle data valt hierbinnen)
Stikstof (N)	g/kg droge stof	8,23	4,7-11,8
Fosfaat (P2O5)	g/kg droge stof	4,12	1,2-7,0
Kalium (K2O)	g/kg droge stof	8,25	1,6-14,9
Organische stof (O.S.)	g/kg droge stof	244	100-401

#### **Toepassing van compostproducten**

Compost wordt in vele verschillende sectoren afgezet. Ten behoeve van de rekentool zijn acht hoofdcategorieën onderscheiden:

- Landbouw, waaronder wordt begrepen akkerbouw, vollegronds tuinbouw en boomteelt;
- Glastuinbouw;
- Hoveniers en particulieren;
- Gemeenten, dat wil zeggen gemeentelijke diensten die de openbare ruimte beheren;
- Potgrondproducenten, m.a.w. de professionele bedrijven die potgrondsubstraten maken;
- Grondproducten: dat wil zeggen dat op de inrichting compost wordt opgemengd met andere (minerale) bestanddelen en vervolgens als product wordt afgezet;
- Aannemerij en wegenbouw;
- Anders: hieronder worden alle sectoren en afzetkanalen begrepen anders dan bovengenoemde. Ook de tussenhandel wordt hierbij inbegrepen: er wordt vanuit gegaan dat bij levering aan de tussenhandel het composteerbedrijf geen zicht heeft op de uiteindelijke toepassing van de compost.

## 4.2 Houtige biomassa voor energietoepassingen

Houtige biomassa kan na bewerking worden ingezet als brandstof in bio-energiecentrales. Afhankelijk van de herkomst en de toegepaste voorbereiding wordt dit materiaal als chips of als shrips ingezet in installaties die elektriciteit, warmte, of een combinatie van beide (WKK) produceren. De inzet van chips en shrips als brandstof vervangt fossiele brandstof, en leidt daarmee tot CO<sub>2</sub>-emissiereductie.

In hoofdstuk 5 is uiteengezet hoe in de rekentool wordt omgegaan met de (grote) verschillen in karakteristieken van houtige biomassa (m.n. calorische waarde), en de variëteit in bio-energiecentrales waarin het materiaal wordt toegepast.

## 4.3 Substraat voor co-vergisting

Deelstromen uit groenafval lenen zich voor co-vergisting met dierlijke mest. Het gaat dan in het bijzonder om grassen en maaisels. De materialen worden na buffering en eventuele verdere voorbereiding op locatie, afgezet naar een co-vergister.

In de huidige praktijk is voor zowel de leverancier (groencompostering ) als de ontvanger (covergister) van het gras meestal moeilijk vast te stellen wat de biogasproductie uit een specifieke partij gras is. De in de literatuur gemelde biogasproducties uit grassen en maaisels variëren van 40 m<sup>3</sup>/ton gras tot wel 300 m<sup>3</sup>/ton gras. In de rekentool wordt uitgegaan van een standaard biogasproductie van 77 m<sup>3</sup> per ton gras/maaisel, maar deze kan worden aangepast (zie hoofdstuk 5).

## 4.4 Andere biobased toepassingen

Groenafval of deelstromen daaruit kunnen in de toekomst naar verwachting in toenemende mate worden gebruikt als grondstof in andere (innovatieve) productieprocessen, bijvoorbeeld voor raffinage, terugwinning van cellulosevezels, etc..

Op dit moment is nog niet duidelijk welke van deze processen daadwerkelijk tot commercialisatie zal komen, en hoe deze er dan precies uit zien. Om deze reden zijn deze processen vooralsnog niet in detail gemodelleerd in de rekentool. De rekentool geeft wel de mogelijkheid CO<sub>2</sub>-kentallen van deze processen toe te voegen, en ze daarmee te betrekken in de vergelijking van opties (zie hoofdstuk 5).

## 5. Broeikasgasemissies

### 5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt broeikasgasemissies in de composteerinrichting, alsmede emissies en vermeden emissies die optreden door de toepassing van producten uit de composteerinrichting. Voor elke bron van emissies wordt eerst beschreven welke data bekend zijn uit de wetenschappelijke literatuur. Vervolgens wordt aangegeven welk emissiekental is gebruikt in de rekentool. Paragraaf 5.2 gaat in op emissies binnen de inrichting en paragraaf 5.3 op emissies die samenhangen met transport van groenafval en producten daaruit. De paragrafen 5.4 – 5.8 gaan in op (vermeden) emissies door het gebruik van producten, te weten compostproducten, biomassa voor energie, materiaal voor covergisting, zeefgrond, en andere biobased producten.

### 5.2 Emissies binnen de composteerinrichting

#### 5.2.1 Emissies tijdens het composteerproces

Bij compostering is CO<sub>2</sub> één van de hoofdproducten van de biologische omzettingsprocessen. Aangezien het gevormde CO<sub>2</sub> niet van fossiele oorsprong is, wordt dit niet meegerekend als broeikasgas. In de literatuur wordt echter aangegeven dat bij compostering mogelijk ook kleine hoeveelheden methaan (CH<sub>4</sub>) en lachgas (N<sub>2</sub>O) kunnen worden gevormd. CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O zijn beide sterke broeikasgassen. De hoeveelheid methaan en lachgas hangt volgens [6] mede af van:

- De compost samenstelling (C/N ratio);
- Het uitgangsmateriaal;
- De afmetingen van het compostbed;
- De wijze van compostering (wel of geen actieve beluchting);
- De regelmaat waarmee de compost wordt gekeerd;
- De leeftijd van de composthoop;
- De klimatologische omstandigheden.

Over de grootte van de CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O emissies bij compostering worden in de literatuur sterk uiteenlopende cijfers gegeven. In [6] wordt een onderzoek van Tauw uit 2005 geciteerd, waarin emissies van 170 g CH<sub>4</sub>/ton en 70 g N<sub>2</sub>O ton *GFT-compost* zijn bepaald. In een uitgebreide evaluatie van internationale data kwam DHV [8] in 2012 tot kentallen van 750 gram CH<sub>4</sub>/ton GFT-afval, en 96 gram N<sub>2</sub>O/ton GFT-afval.

Kentallen voor groenafval zijn schaarser. In [17] wordt een studie van Cuhls uit 2008 geciteerd, waarin een groot aantal kentallen zijn verzameld voor methaan, lachgas én ammoniak. Onderstaande tabel is de samengevatte weergave daarvan uit [17]:

*Tabel Emissies bij open composteringen (gram/ton input), volgens Cuhls et al. (2008) [in 17].*

	CH <sub>4</sub> (gram/ton)	N <sub>2</sub> O (gram/ton)	NH <sub>3</sub> (gram/ton)
Ontvangst en voorbereiding	100 (20-230)	12 (1,4-20)	5,6 (4-10)
Procesemissies van GFT-afval en groenafval, inclusief ontvangst en voorbereiding	1.000 (470-2.000)	110 (49-210)	470 (230–920)
Procesemissies van alleen groenafval, inclusief ontvangst en voorbereiding	850 (400-2.000)	72 (40-150)	350 (200-800)

In [19] wordt aangesloten bij voornoemde kentallen voor procesemisses van groenafval, namelijk 850 gram CH<sub>4</sub>/ton groenafval, 72 gram N<sub>2</sub>O/ton groenafval en 350 gram NH<sub>3</sub>/ton groenafval.

Tenslotte wordt in [12] Hellebrand (1998) geciteerd, en kentallen van 6,78 kg CH<sub>4</sub>/ton groenafval en 0,085 kg N<sub>2</sub>O per ton groenafval genoemd. Hierbij wordt opgemerkt dat deze 'emissiecijfers' gebaseerd zijn op analyses van de lucht in de composthoop, en dus niet op daadwerkelijke emissiemetingen. Hierdoor treedt volgens de auteurs een overschatting op van de daadwerkelijke emissies.

In de rekentool wordt aangesloten bij de meest representatieve waarden uit de literatuur, en worden de volgende default waarden gebruikt voor procesemissies: 850 gram CH<sub>4</sub>/ton groenafval en 72 gram N<sub>2</sub>O/ton groenafval. Omdat ammoniak geen broeikasgas is, wordt de eventuele NH<sub>3</sub>-emissie niet meegenomen in de rekentool.

Bij deze default waarden is uitgangspunt dat sprake is van een composteerproces dat plaats vindt in aanwezigheid van voldoende zuurstof (aërobe procescondities). Composteerders kunnen dit op verschillende manieren borgen. Hoe dan ook dient hiertoe aan de volgende uitgangspunten te zijn voldaan:

- Composterend materiaal heeft een maximale hoogte van 3 meter;
- In het composterend materiaal is ten allen tijde voldoende structuurmateriaal aanwezig;
- Er is sprake van actieve procescontrole en sturing (temperatuur).
- De verantwoordelijke bedrijfsvoerder is ter zake kundig en geschoold (bijvoorbeeld middels de BVOR cursus compostering).

De gebruiker van de rekentool wordt in het welkomtscherm gevraagd te bevestigen dat van deze uitgangspunten sprake is. Wanneer niet aan één of meer van de uitgangspunten kan worden voldaan, is niet waarschijnlijk dat het composteerproces conform 'best practice' verloopt, en zijn broeikasgasemissies van het composteerproces mogelijk veel hoger. De berekende uitkomst is dan onbetrouwbaar (zie ook hoofdstuk 2).

N.B. Het is aannemelijk dat groencomposteerprocessen die actieve beluchting gebruiken in combinatie met rillen, lagere procesemissies hebben dat wanneer compostering plaatsvindt zonder actieve beluchting in een tafelmodel. Immers, bij toepassing van actieve beluchting en een minder grote composteerhoop, zijn procescondities beter te sturen. Omdat voor deze procesconfiguratie geen aparte kentallen uit de literatuur beschikbaar zijn, wordt voor de default waarden in de rekentool uitgegaan van een tafelmodel zonder actieve beluchting, echter met toepassing van 'best practice'. Composteerders die lagere emissiekentallen willen claimen, zullen daartoe aanvullende literatuurdata of representatieve meetdata moeten overleggen.

### 5.2.2 Emissies uit het percolaatbassin en van het surplus afvalwater

In een groencomposteerinrichting ontstaat een aanzienlijke hoeveelheid water, door afvloeiend regenwater en percolaat uit composterende hopen. Dit water wordt afgevoerd naar een percolaatbassin, waarna het (in drogere perioden) goeddeels wordt gerecirculeerd in het proces. Het eventuele surplus wordt geloosd op de riolering. De praktijk laat zien dat de meeste composteerinrichtingen op jaarbasis een nagenoeg gesloten waterbalans hebben.

De rekentool berekent emissies die samenhangen met de lozing van afvalwater op de riolering, en behandeling daarvan bij een RWZI. Hiertoe wordt conform STOWA [16] uitgegaan van het gemiddelde energieverbruik RWZI's, namelijk 10 kWh/vervuilingseenheid. Daarnaast wordt er (conservatief) vanuit gegaan dat afvalwater van een groeninrichting dezelfde vervuilinggraad heeft

als huishoudelijk afvalwater, namelijk 0,023 vervuilingseenheid per kubieke meter.

### 5.2.3 Emissies door direct energieverbruik – diesel en elektriciteit

De belangrijkste fossiele energieverbruikers binnen composteerinrichtingen zijn:

- mechanische bewerkingsinstallaties (verkleining, zeping, etc.);
- shovels, kranen, omzetmachines;
- ventilatoren van de beluchtingsinstallatie (bij geforceerde beluchting).

In [17] zijn verschillende literatuurdata samengevat over het energieverbruik van open composteringen. Op basis van deze data komt [17] tot een totaal energieverbruik van 35 kWh/ton ingangsmateriaal. Hiervan wordt 30 kWh/tonne toegerekend aan dieselverbruik, en 5 kWh/ton aan elektriciteitsverbruik.

In de rekentool zijn geen default waarden ingevuld, omdat het voor de hand ligt dat toolgebruikers gemakkelijk eigen waarden kunnen invullen, bijvoorbeeld op basis van jaaropgaven van elektriciteits- of brandstofleveranciers.

Voor CO<sub>2</sub>-emissies tengevolge van energieverbruik is aangesloten op de CO<sub>2</sub>-prestatieladder van ProRail/SKAO. Dit is gedaan op verzoek van meerdere gebruikers bij wie de overige CO<sub>2</sub>-boekhouding ook op de CO<sub>2</sub>-prestatieladder is gebaseerd.

Voor enkele processen (grijze stroom en aardgas) liggen CO<sub>2</sub>-kentallen aanzienlijk lager dan die van de internationaal meer gebruikte Ecoinvent waarden. Wanneer in de toekomst de CO<sub>2</sub>-prestatieladder wordt aangepast naar de internationale waarden, wordt geadviseerd de waarde in deze tool ook aan te passen.

### 5.2.4 Vermeden emissies door warmteterugwinning uit composteervloer

Compostering vindt plaats op een verharde ondergrond, die door de in het composteerproces vrijkomende warmte wordt opgewarmd. Door het aanbrengen van buizen in de composteervloer kan warm water worden 'geproduceerd'. Door nuttige toepassing van de geproduceerde warmte kan aardgas worden uitgespaard, alsmede de daarmee samenhangende CO<sub>2</sub>-emissies.

De terugwinning van warmte uit composteervloeren is een relatief nieuw concept. Het is nog niet mogelijk een eenduidig (betrouwbaar) mathematisch verband te leggen tussen het vloeroppervlak, de hoeveelheid teruggewonnen en nuttig toepasbare warmte, en de daardoor gerealiseerde CO<sub>2</sub>-besparing. Dit zal afhangen van de configuratie en bedrijfsvoering van het composteerproces, alsmede de toepassingsmogelijkheden van de warmte (temperatuurniveau, warmteverliezen onderweg, etc.).

In de rekentool bestaat de mogelijkheid om aan te geven of warmteterugwinning plaatsvindt, en hoeveel warmte daadwerkelijk geleverd wordt (MJ). De rekentool berekent vervolgens zelf de CO<sub>2</sub>-besparing per ton groenafval.

## 5.3 Emissies van transport

In de rekentool worden broeikasgasemissies meegerekend die samenhangen met transport van groenafval naar de inrichting, en van producten vanaf de inrichting naar de plaats van toepassing.

### **Aanvoer van groenafval**

Voor aanvoer van groenafval naar de inrichting worden drie mogelijke manieren onderscheiden,

namelijk 'zwaar vervoer' (truck, truck met aanhanger), 'licht vervoer' (personenauto, bestelbus) en '(landbouw)tractor met aanhanger'.

Voor deze drie manieren van aanvoer zijn default waarden gedefinieerd voor de gemiddelde transportafstand tot de inrichting (kilometers, enkele reis).

Voor de gemiddelde belading is aangesloten bij de uitgangspunten uit de CO<sub>2</sub>-prestatieladder; deze kentallen zijn in de rekentool niet te veranderen. In onderstaande tabel zijn de kentallen samengevat:

Wijze van aanvoer	Gemiddelde transportafstand (km enkele reis)	Gemiddelde belading (ton)
Zwaar vervoer	35	9-12
Licht vervoer	20	0,5-0,6
Tractor	10	max. 8

Daarnaast dient de gebruiker aan te geven welk deel van het totale tonnage is aangevoerd met 'zwaar vervoer', 'licht vervoer', en 'tractor'. Op basis van de parameters gemiddelde transportafstand, gemiddelde belading en verdeling licht/zwaar vervoer berekent de rekentool de CO<sub>2</sub>-effecten van aanvoer van groenafval.

CO<sub>2</sub>-kentallen voor transport uit onderstaande tabel zijn gebruikt. Twee waardes zijn overgenomen uit de CO<sub>2</sub>-prestatieladder. Een waarde voor (landbouw)tractor met aanhanger is niet gegeven in de CO<sub>2</sub>-prestatieladder, en daarom is hiervoor de waarde uit Ecoinvent genomen.

Type transport	Gemiddelde belading (ton)	CO <sub>2</sub> -emissie (g CO <sub>2</sub> /ton km)	Bron
(landbouw)tractor met aanhanger	max. 8	309	Ecoinvent
Truck > 20 ton (non bulk)	9-12	130	CO <sub>2</sub> -prestatieladder
Bestelbus (non bulk)	0,5-0,6	630	CO <sub>2</sub> -prestatieladder

#### **Afvoer van producten**

De CO<sub>2</sub>-effecten van de afvoer van producten (behalve compost) zijn verdisconteerd in het overall CO<sub>2</sub>-effect van 'het gebruik'; van deze producten, met andere woorden de CO<sub>2</sub>-effecten van afvoer worden niet separaat gekwantificeerd.

Voor compost worden de CO<sub>2</sub>-effecten van afvoer wel separaat in kaart gebracht. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen transport met een tractor (max. beladingsgraad 8 ton), transport met een enkele vrachtwagen (gemiddelde beladingsgraad 9-12 ton) en transport met een dubbele vrachtwagen (gemiddelde beladingsgraad 17-23 ton). Deze kentallen (CO<sub>2</sub>-emissiekentallen) zijn vergelijkbaar met de kentallen gebruikt voor aanvoer van groenafval.

## **5.4 Emissies en vermeden emissies bij het gebruik van compost**

Compost wordt gemaakt uit organisch materiaal dat CO<sub>2</sub> heeft vastgelegd. Wanneer de vastgelegde koolstof langdurig wordt vastgehouden draagt compost in potentie bij aan het verminderen van het broeikas effect. De bijdrage is afhankelijk van de hoeveelheid koolstof die aanwezig is in compost, en van de afbraaksnelheid. Paragraaf 5.4.1 gaat in op koolstofvastlegging door compost.

Daarnaast kan compost, afhankelijk van de plek en wijze waarop het wordt toegepast, kunstmest, dierlijke mest of veen vervangen. Hierdoor worden emissies vermeden die samenhangen met de productie en/of het toepassen van kunstmest, dierlijke mest of veen. Dit wordt in paragraaf 5.4.2 gedetailleerd.



Verder is er steeds meer wetenschappelijk bewijs over andere indirecte positieve effecten van composttoepassing, onder meer het verminderen van de erosiegevoeligheid, het vergroten van het vasthoudend vermogen van de bodem, vergrote ziekteverendheid, etc.. In paragraaf 5.4.3 wordt uiteengezet of en in welke mate deze positieve effecten ook kunnen worden uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-emissiereducties.

Tenslotte kunnen uit compost geringe hoeveelheden methaan (CH<sub>4</sub>) en lachgas (N<sub>2</sub>O) ontstaan. Zie paragraaf 5.4.4 voor details.

#### 5.4.1 Koolstofvastlegging - Compost als C-sink

Compost bevat voor het merendeel stabiele, traag afbrekende organische stof. De hoeveelheid C in compost varieert per type compost. Tevens varieert de stabiliteit en daarmee de afbraaksnelheid per type compost [6].

In [6] wordt op basis van Vlaco gegevens voor het bepalen van de C-vastlegging uit gegaan van een bruto hoeveelheid van 112 kg C/ton groencompost, ofwel 410 kg CO<sub>2</sub>/ton groencompost.

Vervolgens wordt ervan uitgegaan dat na 1 jaar 70% is omgezet in effectieve organische stof, met andere woorden een resterende vastlegging van 287 kg CO<sub>2</sub>/ton groencompost. Bij een afbraaksnelheid van 2% per jaar resteert er na 10 jaar 124 kg CO<sub>2</sub>/ton groencompost.

De US EPA (2002) heeft volgens [6] berekend dat na 10 jaar 117,6 kg CO<sub>2-eq</sub>/ton compost is vastgelegd. Na 100 jaar is 70,5 kg CO<sub>2-eq</sub>/ton compost vastgelegd.

In [13] wordt aangesloten bij uitgangspunten uit eerdere studies, waarin wordt aangenomen dat 92% van de in compost aanwezige koolstof binnen 100 jaar mineraliseert tot CO<sub>2</sub>, en 8% vastgelegd blijft. Vervolgens wordt berekend dat na 100 jaar 13,3 kg CO<sub>2</sub> vastgelegd is per ton groenafval, ofwel 38 kg CO<sub>2</sub>/ton compost (uitgaande van 350 kg compost/ ton groenafval zoals in [13] gehanteerd).

Meerdere recente studies [2, 11] gaan uit van langdurige vastlegging van 10% van de in compost aanwezige koolstof. Ditzelfde percentage is indertijd gebruikt voor de GFT-rekentool [19]. In de rekentool wordt uitgegaan van langdurige vastlegging van 10% van de in compost aanwezige koolstof.

#### 5.4.2 Substitutie van de functies van kunstmest, dierlijke mest en veen

##### **Substitutie van kunstmest**

Kunstmestproductie is een energie intensief proces. Dit geldt in het bijzonder voor de productie van stikstof kunstmeststoffen. Wanneer compost in de landbouw of tuinbouw wordt toegepast, kan hiermee het gebruik van kunstmest worden terug gebracht, alsmede de daarmee samenhangende broeikasgasemissies.

Het NMI geeft in [13] aan dat in alle composttoepassingen sprake is van mineralenvervanging, en dus van kunstmestvervanging.

Hierbij wordt aangemerkt dat: *‘Echter, bij gebruik in potgronden is de gegarandeerde werking van stikstof en fosfaat cruciaal, en mag dus feitelijk alleen de N- en P-mineralisatie in het eerste jaar worden toegerekend (15% van de aanwezige stikstof en 70% van de aanwezige fosfaat in compost). Voor de overige compostafzetkanalen wordt ervan uitgegaan dat compost kunstmest vervangt. N.B. Dit betekent dat bij een aantal toepassingen compost zowel veen als mineralen (kunstmest)*

vervangt.'

In [17, 18] worden de CO<sub>2</sub>-emissies die samenhangen met de productie van stikstofkunstmest geraamd op 7,56 kg CO<sub>2eq</sub> per kg stikstof in stikstofkunstmest, en 1,15 kg CO<sub>2eq</sub> per kg fosfaat in fosfaatkunstmest.

Vervolgens wordt in [13] het werkzame deel stikstof in compost ingeschat op het gehalte niet-organisch gebonden (vrij beschikbare) stikstof, plus 30% van het organisch gebonden stikstof. Het beschikbare aandeel fosfaat wordt ingeschat op 100%. Hiermee wordt gekomen tot een kunstmestsubstitutie van 0,93 kg N en 1,3 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ton groenafval (uitgaande van 350 kg compost/ton groenafval).

Naast het vermijden van emissies die samenhangen met de productie van kunstmeststoffen, vermijdt het gebruik van compost tevens de lachgas emissies (N<sub>2</sub>O) die samenhangen met het opbrengen van kunstmeststof (zie paragraaf 4.3.4).

In de rekentool wordt uitgegaan van een werkzame fractie in de compost van 60%, 90% en 100% voor respectievelijk stikstof, fosfaat en kalium. Voor stikstof in potgrondtoepassingen is de werkzame stikstoffractie 15%. Met deze waarden wordt aangesloten op de GFT-rekentool [19].

De CO<sub>2</sub>-emissies die worden uitgespaard bij het vervangen van kunstmest zijn overgenomen van de Ecoinvent productieprocessen 'Calcium ammonium nitrate, as N', 'Triple superphosphate, as P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>' en 'Potassium chloride, as K<sub>2</sub>O'

### **Substitutie van dierlijke mest**

In [13] zijn geen effecten gekwantificeerd die samenhangen met het door compostgebruik vermijden van dierlijke mest toepassing op land. De belangrijkste reden hiervoor was dat volgens [13] de verdringing van dierlijke mest door compost niet heeft geleid tot zichtbare veranderingen in de mestafzet en de daarbij behorende alternatieve verwerkingswijze. Daarbij wordt aangegeven dat het niet onaannemelijk is dat de fractie dierlijke mest die verdrongen wordt door compost uiteindelijk op het land wordt gebracht en daar leidt tot vervanging van kunstmest (mineralenbalans). Derhalve wordt in [13] ervan uitgegaan dat vervanging van dierlijke mest door compost uiteindelijk leidt tot een vervanging van kunstmest.

In de rekentool wordt er derhalve van uitgegaan dat compost geen dierlijke mest vervangt, maar uitsluitend kunstmest.

### **Substitutie van veen**

In [13] wordt ervan uitgegaan dat 100% van de compost die in de potgrondsector wordt afgezet, veenvervanger is. Over compost in de akkerbouw wordt opgemerkt dat 'hoewel compost in de akkerbouw een belangrijke rol vervult als leverancier van organische stof en ook als zodanig door akkerbouwers wordt erkend, vormt het in de praktijk meestal géén veenvervanger'. In diverse andere (voornamelijk Duitse) studies [17, 18] wordt ervan uitgegaan dat compost bij méér afzetkanalen de functie van veensubstitutie vervult.

Ten behoeve van de BVOR-rekentool is tevens gekeken naar de huidige situatie in de Nederlandse praktijk, en is gekomen tot de volgende categorisatie van afzetkanalen en respectievelijke mate van veenvervanging:

- Landbouw (akkerbouw, vollegronds tuinbouw, boomteelt): compost is hier primair een leverancier van organische stof, maar vervangt in de praktijk meestal geen veen (mate van veenvervanging: 0%);
- Glastuinbouw: compost wordt hier om economische en in mindere mate om technische redenen ingezet om veen te vervangen (mate van veenvervanging: 100%);
- Potgrondsector (producenten van potgrondsubstraten): compost vervangt hier rechtstreeks

- veen in potgrondsubstraten (mate van veenvervanging 100%);
- Hoveniers en particulieren: in deze toepassingen wordt compost niet of nauwelijks bewust ingezet als leverancier van organische stof (t.b.v. lange termijn bodemkwaliteit), maar veel meer als een onderdeel van het ontwerp of het gepleegde onderhoud ('het goede gevoel' of het 'plaatje'). Het is zeer aannemelijk dat bij onvoldoende beschikbaarheid van compost hiervoor veen wordt ingezet (mate van veenvervanging: 100%)
- Gemeenten: hier gaat in zekere zin de redenatie op zoals bij hoveniers en particulieren, echter lang niet in alle gevallen (mate van veenvervanging: 50%)
- Grondproducten: de samenstelling van deze producten luistert nauw, inclusief het aandeel toegepaste organische stof. Indien geen compost wordt ingezet, is het zeer aannemelijk dat veenproducten worden gebruikt (mate van veenvervanging: 100%);
- Aannemerij/wegenbouw: compost is hier primair een leverancier van organische stof, maar vervangt in de praktijk meestal geen veen (mate van veenvervanging: 0%)
- Anders: van andere afzetkanalen dan bovengenoemd zijn onvoldoende data bekend om daarvoor uit te gaan van veenvervanging. Dat geldt ook voor afzet aan de tussenhandel.

Noot: Het is voor een aantal van de bovengenoemde afzetkanalen moeilijk hard te maken dat daadwerkelijk in alle gevallen veenvervanging zal plaatsvinden. Hier dient zich de analogie aan met de productie van duurzame energie: wanneer elektriciteit wordt opgewekt met een windmolen, wordt er in de CO<sub>2</sub>-berekenningsmethoden van uitgegaan dat hierdoor de productie van fossiele energie in een gascentrale of kolencentrale vermindert. Dit is echter maar zeer de vraag: er bestaat een overcapaciteit van productievermogen, en marktfactoren zullen bepalen of en welke productiecapaciteit wordt teruggebracht wanneer de windmolen gaat draaien.

In [13] wordt ervan uitgegaan dat per ton vervangen veen (droge stofgehalte van 27%) 550 kg CO<sub>2</sub> wordt vermeden. Verschillende recente studies laten hogere CO<sub>2</sub>-effecten zien.

Kranert [14] noemt in zijn studie een range van 812-1193 voor 'woody material' en 259-171 voor 'grassy/herbaceous material'. In de Nederlandse situatie moet materiaal dat wordt toegepast in potgrondsubstraten, bij hoveniers in grondproducten een behoorlijk deel 'woody materia'l hebben, omdat het anders te zwaar is en bovendien eigenschappen te veel afwijken van het veen dan anders wordt toegepast. Dat betekent dat de eerste range meer relevant lijkt dan de tweede range. Boldin noemt in zijn WasteMatters studie [4] een getal van 970 over de gehele life cycle. In een andere studie van Boldin [5] wordt gesproken over een range van 621-1197, en een getal van 823 waarbij land preparation, extraction & transport' dan buiten beschouwing zijn gelaten.

In deze rekentool wordt uitgegaan van een CO<sub>2</sub>-effect van 0,85 kg CO<sub>2</sub>/kg veen. Hierbij wordt zowel de productie van veen als de CO<sub>2</sub>-emissies na toepassing van veen in beschouwing genomen. De productie van veen komt volgens Ecoinvent op een CO<sub>2</sub>-score van 0,018 kg CO<sub>2</sub>/kg veen. Het in het veen aanwezige koolstof zal op termijn voor 90% als (fossiel) CO<sub>2</sub> worden gemitteerd. Er wordt aangenomen dat het veen 52% d.w. koolstof bevat [Smith, 2004] en een vochtpercentage van 50% . De in de rekentool gebruikte CO<sub>2</sub>-emissiefactor zit aan de ondergrens van de range van waarden die in recente publicaties gerapporteerd worden, en is daarmee een conservatieve schatting.

### **Samenvatting van substitutie effecten**

In onderstaande tabel zijn de model-uitgangspunten samengevat voor de mate van substitutie van kunstmest of veen die optreedt bij de verschillende afzetkanalen voor compost, alsmede de koolstofvastlegging daarbij.

Sector	Veenvervanging	Vervanging dierlijke mest	Vervanging kunstmest	Koolstofvastlegging

Landbouw (akkerbouw, vollegronds tuinbouw, boomteelt)	0%	0%	50%	100%
Tuinbouw	100%	0%	100%	100%
Hoveniers, particulieren	100%	0%	100%	100%
Gemeenten	50%	0%	0%	100%
Potgrondproducenten	100%	0%	100%	100%
Grondproducten	100%	0%	100%	100%
Aannemerij/wegenbouw	0%	0%	0%	100%
Anders (w.o. tussenhandel)	0%	0%	0%	100%

#### 5.4.3 CO<sub>2</sub>-effecten van andere positieve eigenschappen van compost

Naast de in voorgaande paragrafen benoemde functies heeft compost een aantal andere positieve effecten op de fysische, chemische en biologische kwaliteit van de bodem. Dit betreft onder meer [12, 18]:

- Verhoging van de ziekteverendigheid, dat wil zeggen het terugdringen van ziekten die in de bodem ontstaan;
- Stimulering van het bodemleven: hogere microbiologische activiteit onderdrukt plantenziekten en plagen (fyto-sanitaire werking);
- Verminderde erosiegevoeligheid, omdat betere structuur van bodemdeeltjes bodemverlies voorkomt;
- Hoger waterbergend vermogen op zandgronden, waardoor sprake is van minder gevoeligheid tijdens droge perioden;
- Betere bewerkbaarheid van de bodem, waardoor energiebesparing bij trekkers wordt gerealiseerd
- Stabieler bodemstructuur, waardoor betere infiltratie en regulatie van water optreedt;
- Snellere bodemopwarming, met daardoor snellere gewasgroei in het voorjaar.

In de wetenschappelijke literatuur zijn op dit moment geen betrouwbare gegevens te vinden over de indirecte positieve CO<sub>2</sub>-effecten die bovenstaande functies van compost hebben. Deze zijn in de huidige versie van de rekentool derhalve niet gekwantificeerd.

#### 5.4.4 Broeikasgasemissies bij toedienen van compost

Bij en na het toedienen van compost kunnen volgens de literatuur N<sub>2</sub>O-emissies en CH<sub>4</sub>-emissies optreden.

##### **N<sub>2</sub>O emissies**

In [6] wordt aangegeven dat voor N<sub>2</sub>O-emissies uit minerale kunstmest volgens de standaard IPCC methodiek wordt uitgegaan van 1,25% van het stikstofaandeel in de kunstmest. In compost vindt het vrijkomen van stikstof over langere tijd plaats, omdat slechts een deel van de stikstof in minerale vorm aanwezig is en de rest organisch gebonden is. Bovendien blijft een deel van de stikstof langdurig in de humusmatrix in de bodem aanwezig. In de berekeningen in [17] wordt voor N<sub>2</sub>O emissies uit compost uitgegaan van 1,25% van de vrij beschikbare stikstof in compost, ofwel 10-14 gram/ton groenafval.

In [13] wordt het volgende aangegeven:

*'Op basis van de in het kader van dit project beschikbare literatuur en de aanbeveling van het LEI wordt uitgegaan van een omzetting van 1,25% van de toegevoegde minerale stikstof (in compost) tot N<sub>2</sub>O.*

*Kunstmest bestaat geheel uit minerale stikstof. Hiervoor hanteren we een (vermeden) emissie van 1,25% van 3,77 kg N (400 kg compost \* 9,42 kg N/ton compost) oftewel 47,1 gram N (=148 gram N<sub>2</sub>O). We gaan er in deze studie vanuit dat compost meer organische (stabiele) stikstof bevat die niet als N<sub>2</sub>O zal ontwijken. We schatten het percentage op 50% van de emissie van N<sub>2</sub>O uit kunstmest. Per saldo resteert dan een emissie van 74 gram N<sub>2</sub>O vermeden per ton GFT-afval. De hoogte van de (vermeden) emissies is afhankelijk van diverse factoren zoals het type compost, de stabiliteit van de compost, de klimatologische omstandigheden, het bouwplan van landbouwgrond, de teelmaatregelen en het totale meststoffenplan. De bandbreedte van bovengenoemde warden is derhalve groot.'*

### **Methaan emissies**

Methaanemissies uit compost zijn zeer gering en worden in [6] ingeschat op < 0,35 gram CH<sub>4</sub>/ton groenafval. In [13] zijn de methaanemissies bij aanwending van GFT-compost gelijk gesteld aan nul.

## **5.5 Vermeden emissies bij het gebruik van houtige biomassa als brandstof**

Houtige biomassa kan na bewerking worden ingezet als brandstof in bio-energiecentrales. Afhankelijk van de herkomst en de toegepaste voorbereiding wordt dit materiaal als chips of als shrips ingezet in installaties die elektriciteit, warmte, of een combinatie van beide (WKK) produceren. De inzet van chips en shrips als brandstof vervangt fossiele brandstof, en leidt daarmee tot CO<sub>2</sub>-emissiereductie.

In de praktijk variëren de karakteristieken van de houtige biomassa (vochtgehalte, asgehalte, stukgrootte) die wordt afgezet voor energieproductie aanzienlijk, afhankelijk van de herkomst en voorbereiding. In de rekentool is een default calorische waarde ingevuld van 9.3 MJ/kg. Dit is een gemiddelde calorische waarde voor hout met een vochtpercentage van 50%, gebaseerd op Ecoinvent data. In de Biograce II rekentool wordt een vergelijkbare calorische waarde gerapporteerd. De gebruiker van de tool mag hier onderbouwd van afwijken, dat wil zeggen een hogere calorische waarde invullen.

Voor de toepassing van de houtige biomassa is als default uitgegaan een verbrandingsinstallatie die warmte opwekt met een thermisch rendement van 60%. De gebruiker van de tool kan dit aanpassen, en eventueel ook een elektrisch rendement toevoegen in geval van elektriciteitsproductie. Voorwaarde hiervoor is dat bij de gebruiker bekend is in welke bio-energieinstallatie de houtige biomassa wordt ingezet, en wat daarvan de operationele karakteristieken (energetische efficiëntie) zijn.

De berekening van de CO<sub>2</sub>-effecten van de inzet van houtige biomassa als brandstof is gebaseerd op het Ecoinvent proces 'Disposal, Wood untreated, 20% water, to municipal incineration'. Vermeden energieproductie is gebaseerd op uitgespaarde Nederlandse elektriciteitsproductiemix en warmte uit aardgas.

N.B. Wanneer in de toekomst het BioGrace II model gereed is en beschikbaar voor gebruik, zal de methodiek voor de berekening van de CO<sub>2</sub>-effecten van inzet van houtige biomassa hierop worden afgestemd (zie kader).

### **Het BioGrace II model**

Het BioGrace II model is een model waarmee broeikasgasemissies(reducties) kunnen worden berekend van de inzet van biomassa voor productie van elektriciteit, warmte en/of koude. Het

BioGrace II model is het belangrijkste product van het Biograce II project, waarin een aantal Europese (overheids) partijen beogen te komen tot harmonisatie van methodologieën voor broeikasgasberekeningen op Europees niveau.

Het BioGrace II project volgt op het BioGrace I project, waarin een rekenmodel voor broeikasgasemissies voor transportbiobrandstoffen en vloeibare biomassa voor elektriciteit zijn uitgewerkt.

Meer informatie over BioGrace, alsmede de volledige tool, is te vinden op [www.biograce.net](http://www.biograce.net).

## 5.6 Vermeden emissies bij het co-vergisten van deelstromen

Deelstromen uit groenafval lenen zich voor co-vergisting met dierlijke mest. Het gaat dan in het bijzonder om grassen en maaisels. De materialen worden na buffering en eventuele verdere voorbereiding op locatie, afgezet naar een co-vergister.

Zoals in hoofdstuk 4 aangegeven is in de huidige praktijk voor zowel de leverancier (groencompostering) als de ontvanger (covergister) van het gras meestal moeilijk vast te stellen wat de biogasproductie uit een specifieke partij gras is. De in de literatuur gemelde biogaspotentiëlen uit grassen en maaisels variëren van 40 m<sup>3</sup>/ton gras tot wel 300 m<sup>3</sup>/ton gras. Gegeven het in de praktijk bestaande gebrek aan kennis over de biogasproductie van concrete partijen gras, is er in de rekentool voor gekozen uit te gaan voor een standaard biogasproductie van 77 m<sup>3</sup>/ton gras. Wanneer een gebruiker nadere informatie heeft over specifieke biogasproductie, kan deze standaardwaarde worden aangepast.

Het covergistingsproces is in de rekentool gemodelleerd aan de hand van processen en getallen uit de Ecoinvent LCA-database:

- Voor gras is een 'dry matter content' van 15% genomen;
- Bij de productie van gras wordt 1,66 kg CO<sub>2</sub> opgenomen in 1 kg gras drooggewicht;
- Bij productie van biogas wordt 3,22 kg CO<sub>2</sub> (uit het gras deel) opgenomen in 1 m<sup>3</sup> biogas. Ecoinvent benadrukt dat dit in de praktijk niet als los proces kan worden gezien: er is ook dierlijke mest nodig voor co-vergisting. Ecoinvent maakt hier een allocatie naar de twee grondstoffen voor biogas (mest en gras).

Hieruit volgt: 12,93 kg gras is nodig voor één m<sup>3</sup> biogas, ofwel 0,077 m<sup>3</sup> biogas productie uit 1 kg nat gras.

Elektriciteitsproductie met biogas: 0,38 m<sup>3</sup> biogas nodig per kWh elektriciteit. Oftewel: 2,6 kWh elektriciteit per m<sup>3</sup> biogas, en 0,205 kWh elektriciteit per kg nat gras (bij de default biogas-opbrengst uit gras). Deze productiehoeveelheid uit Ecoinvent staat goed in verhouding tot de calorische waarde van biogas ten opzichte van Nederlands aardgas, namelijk ongeveer 22 MJ/m<sup>3</sup> tegenover ongeveer 34 MJ/m<sup>3</sup>.

In plaats van de directe inzet voor elektriciteitsproductie kan het biogas ook worden opgewerkt tot groen gas. Daarbij wordt met name CO<sub>2</sub> uit het biogas verwijderd, waarna het gas in kwaliteit overeenkomt met aardgas. Voor deze opwerking worden de data van het Ecoinvent proces 'Methane, 96 vol-%, from biogas, at purification' gebruikt. Daarbij ontstaat uit 1.5 m<sup>3</sup> biogas 1 m<sup>3</sup> groen gas. Per 1 m<sup>3</sup> groen gas wordt de productie en het gebruik van 1 m<sup>3</sup> aardgas uitgespaard.

N.B. Wanneer het BioGrace II model beschikbaar is gekomen en tevens een module bevat voor het co-vergisten van gras, zal worden overwogen deze te implementeren in de rekentool.

## 5.7 Afzet van zeefgrond en andere grond

Voor de afzet van zeefgrond en andere vrijkomende grond wordt uitgegaan van toepassing als grond, rechtstreeks dan wel in samengestelde grondproducten. Hergebruik van materialen in grond leidt tot CO<sub>2</sub>-emissiereductie, namelijk door de verminderde behoefte aan primaire grondstoffen. Als uitgespaarde primaire grondstof wordt in de rekentool gerekend met het Ecoinvent proces '1 kg Sand, at mine'.

N.B. Het is ook mogelijk zeefgrond te composteren en het product als compost af te zetten. Omdat onvoldoende data beschikbaar zijn over de samenstelling van het product en de positieve effecten in de praktijk, is deze optie vooralsnog niet meegenomen in de rekentool.

## 5.8 Emissies en vermeden emissies door inzet in andere biobased processen

Groenafval of deelstromen daaruit kunnen in de toekomst naar verwachting tevens worden gebruikt als grondstof in andere productieprocessen, bijvoorbeeld in raffinageprocessen.

Op dit moment is niet duidelijk hoe deze processen er precies uit zien, welke emissies hierbij optreden, en tot welke vermeden emissies deze processen en producten aanleiding geven.

In het model is voorzien in de optie om een deelstroom uit groenafval (kg/ton groenafval) 'toe te delen' aan een 'nieuw proces', en kentallen op te geven voor gerelateerde emissies en vermeden emissies (kg CO<sub>2eq</sub>/ton groenafval). Deze optie mag alleen dan worden gebruikt wanneer de CO<sub>2</sub>-kentallen kunnen worden onderbouwd met voldoende betrouwbare data (bijvoorbeeld operationele praktijkdata en/of data uit LCA studies). De handleiding en het (nog te ontwikkelen) verificatieprotocol geven hiervoor richtlijnen.

## 6. Literatuur

- [1] Andriessse, J.P.: "Nature and Management of Tropical Peat Soils", FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1988.
- [2] Biala, J. (2011). The benefits of using compost for mitigating climate change. Department of Environment, Climate Change and Water, New South Wales, 2011
- [3] BioGrace rekenmodel [www.biograce.net](http://www.biograce.net)
- [4] Boldrin A., K. Hartling, M. Laugen and T. Christensen (2011). Environmental inventory modelling of the use of compost and peat in growth media preparation. Resources, Conservation and Recycling 54 (2010) 1250-1260.
- [5] Boldrin A., J. Andersen, J. Moller, E. Favoino and T. Christensen (2009). Composting and compost utilization: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. Waste Management & Research 2009: 27: 800-812.
- [6] CLM Onderzoek en Advies BV. (2010). Compost, Carbon en Credits – Een verkennende discussienota. Culemborg, januari 2010.
- [7] Den Boer, L.C.; Brouwer, F.P.E.; Van Essen, H.P. (2008). STREAM Studie naar TRansport Emissies van Alle Modaliteiten, versie 1.0. CE Delft, 2008
- [8] DHV (2012) Update of emission factors for N2O and CH4 for composting, anaerobic digestion and waste incineration. Amersfoort, februari 2012.
- [9] ERM (2011). Greenhouse gas impacts of biowaste management. September 2011.
- [10] Frischknecht, R. and Jungbluth, N. (2007). Final report ecoinvent v2.0 No. 1,2 and 3, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Duebendorf, CH, 2007 (gebruikte versie: 2.2, 2010).
- [11] Hermann, B.G.; Debeer, L.; De Wilde, B.; Blok, K.; Patel, M.K. (2011). To compost or not to compost: Carbon and energy footprints of biodegradable materials' waste treatment . Polymer Degradation and Stability 96 (2011) 1159-1171.
- [12] Huybrechts D. en K. Vrancken (2005). Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor composteer- en vergistingsinstallaties. Gent (België), 2005.
- [13] Grontmij en IVAM (2004). Herziening levenscyclusanalyse voor GFT-afval – Herberekening LCA bij het MER-LAP. De Bilt, November 2004.
- [14] Kranert M., R. Gottschall, C. Bruns and G. Hafner (2010). Energy or compost from green waste? A CO<sub>2</sub>-based assessment. Waste Management 30 (2010) 697-701.
- [15] SKAO, 2012: Termeer, G.; Vastbinder, M.: "Handboek CO<sub>2</sub>-Prestatieladder 2.1", Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden en Ondernemen, juli 2012.
- [16] STOWA [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)
- [17] Umweltbundesamt (2011). Klimarelevanz und Energieeffizienz der Verwertung biogener Abfälle.



Wenen (Oostenrijk), 2011.

[18] Umweltbundesamt (2012). Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. Dessau-Rosslau (Duitsland), Juli 2012.

[19] Vereniging Afvalbedrijven (2013). CO<sub>2</sub>-rekentool voor gft-afval. Beschikbaar via [www.gft-afval.nl](http://www.gft-afval.nl)

[20] Smith, L.C.; MacDonald, G.M.; Velichko, A.A.; Beilman, D.W.; Borisova, O.K.; Frey, K.E.; Kremenetski, K.V.; Sheng, Y.: Siberian Peatlands a Net Carbon Sink and Global Methane Source Since the Early Holocene. *Science* 303, 353 (2004);