Achtergronddocument bij de CO_2-tool groenafval

Update 2026 (versie 2.4)



CE Delft

Inhoud

Achtergronddocument bij de CO_2-tool groenafval

Update 2026 (versie 2.4)

Dit rapport is geschreven door:
Geert Bergsma, Pelle Sinke en Meis Uijttewaal

Delft, CE Delft, april 2026

Publicatienummer: 26.250491.055

Opdrachtgever: BVOR

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Geert Bergsma (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft – Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

Samenvatting 4

1 Introductie en leeswijzer 5

2 Toelichting gebruik tool 6
2.1 Algemene toelichting en richtlijnen voor gebruik 6
2.2 Interpretatie van resultaten 8

3 Gebruik in aanbestedingen 10
Methodiek als aanzet voor een MVI-criteriadocument en handreiking op PIANOo 10
3.1 Methodieken samengevat: basis- en uitgebreide methodiek 10
3.2 Aanbestedingsmethode: Beste prijs-kwaliteitsverhouding (beste PKV) 12
3.3 Vaststellen duurzaamheid en verificatie 13
3.4 Garantie milieuwinst 13

4 Achtergronddocumentatie 14
4.1 Uitgangspunten 14
4.2 Kengetallen verwerkingstechnieken 19
4.3 Kengetallen overig 31

A Standaardwaarden en begrenzingen 34

B Vergelijking met kengetallen uit versie 2013 36

Literatuur 42

Samenvatting

CE Delft heeft voor de BVOR een CO_2-rekentool voor de verwerking van groenafval ontwikkeld. De tool is een update en uitbreiding van de oorspronkelijk in 2013 door IVAM ontwikkelde tool (IVAM, 2013). De tool is bij de BVOR beschikbaar als Excel-rekenblad).

De nieuwe tool kent twee versies, een basisversie en een uitgebreide versie.
De uitgebreidere versie leent zich vooral voor carbon footprintberekeningen van een individueel bedrijf en kan in sommige gevallen ook voor aanbestedingen worden ingezet. De basisversie is specifiek ontwikkeld als hulpmiddel bij aanbestedingen; hiermee kan de klimaatimpact van verschillende inschrijvers worden beoordeeld. Op basis van deze score kunnen aanbieders kwantitatief onderscheiden worden en kan een puntenscore worden gegeven in de aanbesteding.

In de basisversie hoeven slechts de hoeveelheid groenafval en de gekozen verwerkings-opties ingevuld te worden. Op basis van standaardwaarden voor de technische details van de verwerkingstechnieken en kengetallen voor de broeikasgasemissies wordt vervolgens de klimaatimpact van de verwerking berekend. In de uitgebreide versie kunnen de standaardwaarden voor de technische details nog aangepast worden alvorens de resultaten berekend worden.

De belangrijkste inhoudelijke aanpassing ten opzichte van de oude CO_2-rekentool is dat drie nieuwe verwerkingstechnieken zijn toegevoegd. Het gaat om het meevergisten van maaisels met gft-afval, verwerking van maaisels tot bokashi en verwerking van maaisels in de kleine kringloop. Hierbij moet worden aangetekend dat voor de laatste twee technieken nog weinig wetenschappelijke data beschikbaar is over de emissies die vrijkomen en de resultaten die de tool inschat voor deze technieken dus minder betrouwbaar zijn.

Daarnaast wordt de opslag van koolstof in de bodem in de uitgebreide versie van de nieuwe tool op twee manieren berekend; met waardering van tijdelijke opslag en zonder waardering van tijdelijke opslag. Tot slot zijn een groot aantal kengetallen geüpdatet en zijn standaardwaarden gedefinieerd voor alle verwerkingstechnieken.

1 Introductie en leeswijzer

CE Delft heeft voor de BVOR een CO_2-rekentool voor de verwerking van groenafval ontwikkeld. De tool is een update en uitbreiding van de oorspronkelijk in 2013 door IVAM ontwikkelde tool (IVAM, 2013). De tool is bij de BVOR beschikbaar als Excel-rekenblad.

Voor de ontwikkeling van de tool en het vaststellen van de achterliggende kengetallen zijn in de loop van 2020 verschillende bijeenkomsten met een begeleidingscommissie georganiseerd. Deze begeleidingscommissie is samengesteld door de BVOR en bestaat uit experts van bedrijven die groenafvalstromen verwerken. Daarnaast hebben we literatuuronderzoek en interviews met experts uitgevoerd, waarmee we een nieuwe set uitgangspunten en kengetallen hebben geformuleerd. In 2021 zijn door enkele bedrijven eerste berekeningen met de tool uitgevoerd. Op basis hiervan zijn in de tool enkele wijzigingen doorgevoerd die onder meer het gebruiksgemak vergroten.

De nieuwe tool kent twee versies, een basisversie en een uitgebreidere versie.
De uitgebreidere versie leent zich vooral voor carbon footprintberekeningen van een individueel bedrijf en kan in sommige gevallen ook voor aanbestedingen worden ingezet.
De basisversie is specifiek ontwikkeld als hulpmiddel bij aanbestedingen; hiermee kan de klimaatimpact van verschillende inschrijvers worden beoordeeld. Meer informatie over de toepassing van de tool bij aanbestedingen is te vinden in Hoofdstuk 3.

In dit document wordt eerst het gebruik van de twee versies van de tool (Hoofdstuk 2) en de toepassing ervan bij aanbestedingen toegelicht (Hoofdstuk 3). Vervolgens is hier de achtergronddocumentatie te vinden waarin de methodologische en inhoudelijke keuzes zijn toegelicht (Hoofdstuk 4).

2 Toelichting gebruik tool

De tool kan voor verschillende doeleinden gebruikt worden (zoals aanbestedingen of meer gedetailleerde carbon footprints) en daarom is ervoor gekozen om twee versies van de tool te maken. Een basisversie van de tool waarin alleen informatie over de hoeveelheden groenafval en de gekozen verwerkingsopties ingevuld kan worden en een uitgebreide versie van de tool waarin bijvoorbeeld ook de technische gegevens over de verwerkings-opties aangepast kunnen worden.

Hierna wordt kort toegelicht waar de twee versies van de tools te vinden zijn en waar rekening mee moet worden gehouden bij het gebruik van de tools en de interpretatie van de resultaten.

2.1 Algemene toelichting en richtlijnen voor gebruik

Met de tools kan de klimaatbalans[1] worden berekend vanaf transport van groenafval naar de verwerker tot en met de benutting van de producten daarvan (incl. CO_2-opslag).
De resultaten worden weergegeven in 'kg CO_2-eq.'[2].

De tools zijn Excel-modellen, en beschikbaar via de BVOR. De basisversie en de uitgebreide versie zijn beschikbaar in twee verschillende bestanden. In de basisversie hoeft de gebruiker alleen aan te geven om welke hoeveelheden groenafval het gaat en welke verwerkingstechnieken gebruikt worden. Vervolgens worden de resultaten berekend op basis van standaardwaarden die te vinden zijn in Paragraaf 4.1.6 van dit document.

In de uitgebreide versie van de tool kunnen de standaardwaarden handmatig aangepast worden, indien gewenst.

---

1 De klimaatbalans is de totale som van emissies en opslag/vermeden emissies van broeikasgassen. Deze broeikasgassen zijn met name CO_2, methaan (CH_4) en lachgas (N_2O). Opslag (de langdurige opslag van koolstof in de bodem na toepassing van compost) en vermeden emissies (bijvoorbeeld door uitsparing van kunst-mest) worden hierbij boekhoudkundig beschouwd als 'negatieve' emissies. Deze worden van de 'positieve' emissies (bijvoorbeeld door energieverbruik op de verwerkingsinstallatie of procesemissies van methaan en lachgas tijdens compostering of vergisting) afgetrokken om zo de 'netto' emissies te berekenen.

2 Eén kg CO_2-equivalent staat gelijk aan het effect dat de uitstoot van 1 kg CO_2 heeft op het klimaat. Lachgas en methaan zijn sterkere broeikasgassen dan CO_2 en op deze manier kunnen ze bij elkaar worden opgeteld.

Voor het invullen van de tools zijn operationele data nodig over de hoeveelheid en samenstelling van het verwerkte groenafval, de verwerking van de verschillende stromen en de bestemming van de eindproducten. Ook wordt gevraagd of de verwerking aan bepaalde 'good practice'-criteria voldoet. Het is belangrijk dat de data compleet, recent en betrouwbaar zijn.

Het vrijkomen en verwerken van groenafval fluctueert met de jaargetijden. Bij voorkeur worden gegevens van één volledig kalenderjaar ingevoerd om een gemiddeld beeld te verkrijgen.[3]

De opties voor verwerking van groenafval en de benutting van de producten daaruit staan beschreven in Tabel 1.

Tabel 1 – Bewerkingen van groenafval beschikbaar in de tool

Bewerking	Beschrijving
Hout als brandstof in bio-energiecentrale	Houtig groenafval wordt mechanisch bewerkt tot shreds/shrips. Deze worden verbrand in een biomassaenergiecentrale (BEC) voor warmte- en/of elektriciteitsopwekking.
Maaisels naar co-vergister, productie van biogas en digestaat	Co-vergisting van maaisels met dierlijke mest. Toepassing van biogas voor elektriciteit en/of warmteproductie, dan wel opwerking tot groengas. Toepassing van digestaat als meststof in de landbouw.
Maaisels naar gft-vergister, productie van biogas en gft-compost	Co-vergisting van maaisels met gft-afval. Toepassing van biogas voor elektriciteit en/of warmteproductie, dan wel opwerking tot groengas. Na-compostering van digestaat tot gft-compost.
Maken van bokashi	Gecontroleerde fermentatie van (hoofdzakelijk) maaisels met een specifiek Bokashimengsel van kalk, mineralen en micro-organismen. Toepassing van bokashi in landbouw of elders.
Rechtstreeks toepassen van groenresten in de kleine kringloop	Onbewerkt op landbouwgrond brengen van (hoofdzakelijk) maaisels, binnen een straal van 5 km waar het vrijgekomen is (toegestaan onder de Vrijstellingsregeling plantenresten).
Compostproductie	Gecontroleerde compostering van een mengsel van verschillende typen groene reststromen. Toepassing van compost in verschillende segmenten.
Afgescheiden zeefgrond	Grond die vrijkomt bij de opwerking van biomassa.
Surplus water naar RWZI	Water dat niet op de locatie kan worden hergebruikt en wordt geloosd voor zuivering elders.
Residu naar AEC/stort	Niet-organische vervuiling die uit groenafval is verwijderd (bijvoorbeeld zwerfafval) en via verbranding of stort wordt verwerkt.
Andere opwerking en toepassing	Hierbij kan de gebruiker een andere methode voor opwerking & benutting van (deelstromen uit) groenafval invullen, anders dan hierboven genoemd. Hiervoor dient zelf documentatie over de techniek en milieuprestatie te worden verzorgd.

[3] De tool kan uiteraard ook gebruikt worden om per seizoen te berekenen wat de klimaatbalans is, maar dit is alleen in specifieke gevallen nuttig en dit dient dan nadrukkelijk bij de resultaten vermeld te worden.

De gebruiker kan zelf aangeven welke bewerkingen van toepassing zijn. Alleen voor deze bewerkingen zullen in dat geval invulvelden beschikbaar komen. Daarnaast moet de gebruiker ook gemiddelde transportafstanden invullen voor vervoer van groenafval naar de verwerkingsinrichting en (voor de geselecteerde bewerkingen) de gemiddelde transportafstand van de verwerkingsinrichting tot de locatie waar producten worden toegepast. Als de gemiddelde transportafstand niet bekend is, kan ook een standaardwaarde ingevuld worden.

In de uitgebreide tool kunnen voor de geselecteerde bewerkingen vervolgens in meer of minder mate technische gegevens over het proces ingevoerd worden, zoals bijvoorbeeld de energetische efficiëntie van een bio-energiecentrale of vergistingsinstallatie.
Voor compost kan ook ingevoerd worden naar welke toepassing (marktsegment) de compost gaat, wat indirect invloed heeft op de klimaatbalans door het al dan niet vervangen van veen in substraten en/of het in meer of mindere mate vervangen van kunstmest in die toepassing (meer informatie in Paragraaf 4.2.1).

Overige aanwijzingen voor het goed invullen van de tool zijn te vinden op de introductiepagina van de tool.

2.2 Interpretatie van resultaten

Hoewel de resultaten niet als absolute waarheid moeten worden geïnterpreteerd, bieden zij een robuuste basis voor vergelijking van verschillende routes voor groenafvalverwerking.

De gebruikte kengetallen zijn zoveel mogelijk gebaseerd op recente (wetenschappelijke) literatuur. Het is echter belangrijk de volgende punten in het achterhoofd te houden bij het interpreteren van de resultaten:

- De resultaten van de tool zijn alleen betrouwbaar als de gegevens zorgvuldig en compleet zijn ingevoerd. Bij voorkeur dient dit dan ook door een onafhankelijke derde partij gecheckt te worden.
- Voor bokashi en de kleine kringloop zijn zeer beperkt wetenschappelijke data beschikbaar. We hebben er daarom voor gekozen om de klimaatimpact van deze technieken zeer conservatief en voorzichtig in te schatten. De resultaten die de tool voor deze technieken inschat zijn daarom nog zeer onzeker. Zodra er meer gegevens beschikbaar komen over de impact van deze verwerkingstechnieken, zullen deze in de tool verwerkt worden.
- BVOR en CE Delft stellen zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen, van welke aard dan ook, voortvloeiend uit het gebruik van de CO_2-rekentool of de resultaten daarvan.

De resultaten worden gepresenteerd in de vorm van een tabel en een staafdiagram met onderverdeling in verschillende processtappen. De resultaten in de basistool geven alleen de totale klimaatbalans weer. De uitgebreide resultaten in de uitgebreide tool geven ook de klimaatbalans per ton groenafval weer. Daarnaast geven de uitgebreide resultaten twee verschillende toerekeningsmethodes voor koolstofvastlegging in de bodem (zie Paragraaf 4.1.4 voor uitgebreidere toelichting):

- Met waardering van tijdelijke CO_2-opslag (standaardmethode in de tool, wordt ook gebruikt bij de resultaten in de basistool): Tijdelijk opgeslagen (en daarmee uit de lucht gehouden) CO_2 wordt naar rato gewaardeerd en opgeteld bij de CO_2 die na 100 jaar nog ligt opgeslagen. Deze methode houdt rekening met de mate waarin de verschillende producten ook op korte termijn al kunnen bijdragen aan CO_2-opslag.
- Zonder waardering van tijdelijke CO_2-opslag (resultaten alleen zichtbaar in de uitgebreide tool): Alleen de CO_2 die 100 jaar na toepassing van het eindproduct nog in de bodem aanwezig is wordt toegerekend als opgeslagen CO_2.

Met de periode van 100 jaar die in de tool wordt gehanteerd, wordt aangesloten bij de methode van het IPCC.

3 Gebruik in aanbestedingen

Eerder heeft CE Delft in het rapport ‘Methodiek duurzaam aanbesteden afval, versie 1.1’ (CE Delft, 2019) vastgelegd hoe brandbaar afval, pmd en gft goed duurzaam aanbesteed kunnen worden. Voor groenafval of deelstromen daaruit kunnen vergelijkbare methodieken worden gekozen. De basis- of uitgebreide CO_2-tool kunnen hierbij ingezet worden om de CO_2-waarden van groenafvalverwerking te berekenen en respectievelijk mee te nemen in een basis- en uitgebreide methodiek voor aanbestedingen.

Methodiek als aanzet voor een MVI-criteria-document en handreiking op PIANOo

De hier gepresenteerde methodieken kunnen gezien worden als aanzet voor een MVI-criteriadocument en een handreiking voor het aanbesteden van groenafval. De gepresenteerde methodieken zijn nu al toepasbaar door gemeenten. Er is echter nog geen afstemming geweest met de gemeenten en andere belanghebbenden over de methodiek.
De gepresenteerde methodieken zullen in een vervolg, in samenwerking met verschillende organisaties, verder ontwikkeld moeten worden tot gedragen en praktisch toepasbare methodieken.

Op basis van de hiervoor beschreven informatie stellen wij twee verschillende methodieken voor, een basismethodiek die in niet al te ingewikkelde aanbestedingen gebruikt kan worden en een meer uitgebreide methodiek die meer kwantitatieve informatie nodig heeft. De keuze voor één van de twee methodieken zal bepaald moeten worden tijdens een marktconsultatie. Beide methodieken worden hierna toegelicht.

3.1 Methodieken samengevat: basis- en uitgebreide methodiek

We stellen twee methodieken voor:

1. De **basismethodiek** is geschikt voor aanbestedingen waarin kwaliteits-, sociale- en duurzaamheidsaspecten weinig kwantitatief worden meegenomen en waarin

alleen wordt gevraagd naar een aantal aspecten (vooral geschikt voor kleinere aanbestedingen).

2. De **uitgebreide methodiek** is geschikt voor aanbestedingen waarbij inschrijvende partijen kwantitatieve gegevens moeten opleveren over sociale en milieukundige duurzaamheid, naast financiële gegevens (vooral geschikt voor grotere aanbestedingen).

De twee methodieken worden in Tabel 2 samengevat. In de rest van dit hoofdstuk bespreken we de vier aspecten, waarbij alleen onderscheid gemaakt wordt tussen de twee methodieken voor het vaststellen van de duurzaamheid van de groenafvalverwerking en de verificatie van de ingediende gegevens voor de kwaliteitsscore.

Tabel 2 – Samenvatting aspecten twee aanbestedingsmethodieken voor duurzaam inkopen afvalverwerking

Aspect | Methodiek	**Basismethodiek**	**Uitgebreide methodiek**
Aanbestedingsmethode	Beste PKV	Beste PKV
Vaststellen duurzaamheid	Simpel kwantitatief m.b.v. basistool + minimumeisen	Uitgebreid kwantitatief m.b.v. uitgebreide tool + minimumeisen
Verificatie	Door markt	Door externe partij
Garantie milieuwinst	Boetebeding	Boetebeding

In de praktijk is het denkbaar dat er een soort tussenvarianten van deze twee methodieken ontstaat, waarbij partijen bijvoorbeeld gebruikmaken van de uitgebreide tool waar deels standaardwaarden zijn ingevuld, en deels bedrijfsspecifieke waarden.
Voor bijzondere cases zal maatwerk een optie blijven (Tekstkader 1).

Tekstkader 1 – Aanbestedingsmethodiek in uitzonderlijke gevallen

Afwijken van de methodiek: maatwerk

De twee voorgestelde methodieken kunnen niet in alle gevallen toegepast worden. In sommige gevallen is maatwerk aan te bevelen, en dus afwijking van de methodiek. Dit is onder andere het geval wanneer:

- de aanbiedende partij nauwkeurige bedrijfsspecifieke emissiegegevens kan aanleveren die sterk afwijken van de waarden die uit de tool naar voren komen;
- de gemeente een zeer sterk duurzaamheidsbeleid heeft en de CO_2-balans wil bepalen met grotere zekerheid dan de tools verschaffen

3.2 Aanbestedingsmethode: Beste prijs-kwaliteitsverhouding (beste PKV)

Voor beide aanbestedingsmethodieken wordt uitgegaan van de beste prijs-kwaliteit-verhouding (de beste PKV). Dit is een veelgebruikte aanbestedingsmethodiek waarbij gunning plaatsvindt op basis van een weging tussen prijs en kwaliteit. Op de website van PIANOo[4] is veel informatie over deze methode beschikbaar.

Voor het vaststellen van de kwaliteit en het wegen van de prijs ten opzichte van de kwaliteit zijn verschillende opties. In deze methodiek stellen we de kwaliteitsscore op basis van CO_2-emissiereductie vast, en gebruiken we de schaduwprijs voor CO_2 om prijs en kwaliteit te wegen tot een eindscore.
De formule voor het berekenen van de kwaliteitsscore wordt hierna weergegeven.

*Kwaliteitsscore = ton groenafval verwerkt in contractperiode * kg CO_2-eq. bespaard/ton verwerkt groenafval * CO_2-prijs/kg CO_2-eq.*

Als er een CO_2-besparing plaatsvindt dan wordt de kwaliteitsscore als volgt gebruikt in de aanbestedingsprocedure. Het is dan dus een fictieve korting op de inschrijfprijs.

Opgegeven prijs – kwaliteitsscore

Wat CO_2-prijs betreft zullen gemeenten minimaal aan moeten sluiten bij de Parijsdoelstellingen, waar de rijksoverheid zich aan committeert. Dit betekent dat de CO_2-prijs in ieder geval aansluit bij een 2 °C-beleid, en idealiter bij een 1,5 °C-beleid. De bijbehorende CO_2-prijzen zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 – CO_2-prijzen te gebruiken in beste PKV

Doelstelling|Beleid heeft invloed tot	2020	2030
1,5 °C-doelstelling[5]	€ 350/ton CO_2	€ 500/ton CO_2
2 °C-doelstelling	€ 70-350/ton CO_2 Gemiddeld: € 90	€ 100-500/ton CO_2 Gemiddeld: € 130

Bron voor 2 °C-doelstelling: Handboek Milieuprijzen 2017, CE Delft, 2018.

Mocht een aanbestedende dienst kwaliteit zwaarder willen laten wegen in de prijskwaliteit-verhouding dan kan nog gekozen worden voor een hogere CO_2-prijs. Andersom kan gekozen worden voor een lagere prijs als de aanbestedende dienst meer nadruk wil leggen op prijs in de aanbesteding.

[4] www.pianoo.nl/nl/themas/beste-prijs-kwaliteitverhouding-bpkv

[5] Het IPPC is bezig met een document over de beleidspaden die nodig zijn om de 1,5 °C-doelstelling te halen. De precieze CO_2-prijs voor dit pad is daarom niet bekend maar zal dichtbij de bovenwaarde van de 2 °C-doelstelling liggen.

3.3 Vaststellen duurzaamheid en verificatie

Voor de basis- en uitgebreide methodiek dienen respectievelijk de basis- en uitgebreide CO_2-tool gebruikt te worden voor het berekenen van de CO_2-balans. Verificatie gebeurt in de basismethodiek door marktpartijen, maar dient bij de uitgebreide methodiek door een extern deskundige te gebeuren om te garanderen dat gegevens correct zijn ingevuld.

3.4 Garantie milieuwinst

Om te voorkomen dat marktpartijen een te rooskleurig beeld schetsen van de te behalen rendementen, is het aan te raden om voorafgaand aan gunning een verificatieoverleg te organiseren met de best scorende partij in de aanbesteding, waarbij de waarschijnlijkheid van gemaakte claims met betrekking tot de CO_2-prestatie en andere prestatie-indicatoren worden geverifieerd. Daarnaast valt te overwegen bij grotere contracten een boetebeding op te nemen in de aanbesteding in de vorm van een CO_2-prijs. Bij het niet nakomen van de afspraken zal dan voor het niet-behaalde CO_2-voordeel een boete betaald moeten worden.

Bij kleinere contracten is het ook een optie om een verificatieoverleg te houden voor het tekenen van het contract waarin de aangeleverde data getoetst wordt.

In een recente aanbestedingsprocedure, uitgezet in de drinkwatersector, (drinkwaterbedrijven) is bijvoorbeeld gekozen voor het rekenen met het dubbele bedrag van de CO_2-prijs die gebruikt is voor het bepalen van de kwaliteitsscore. Bij een keuze voor € 130/ton CO_2 zou dus een boete opgenomen worden voor € 260/ton CO_2 die daadwerkelijk minder bespaart dan aangegeven in de aanbestedingsprocedure.

4 Achtergronddocumentatie

In dit hoofdstuk worden de inhoudelijke en methodologische keuzes achter de tool toegelicht. In Paragraaf 4.1 beschrijven we de uitgangspunten, in Paragraaf 4.2 komen de kengetallen (en achterliggende redenatie) bij de verschillende verwerkingstechnieken aan bod en tot slot worden in Paragraaf 4.3 de overige kengetallen beschreven.

4.1 Uitgangspunten

4.1.1 Systeemgrenzen

Er wordt gekeken naar netto broeikasgasbalans door de keten heen. Dit betekent dat zowel broeikasgasemissies als emissiereducties worden meegenomen en de som daarvan de broeikasgasbalans opmaakt. Alle emissies vanaf het moment dat het organisch materiaal groenafval is (bijvoorbeeld na maaien of snoeien) tot 100 jaar na toepassing van het eindproduct, vallen binnen de scope.[6] Hierbij worden resultaten geformuleerd op twee manieren: met en zonder waardering van tijdelijke CO_2-opslag in de bodem (zie Paragraaf 4.1.4 voor meer uitleg). De levensfasen die in de CO_2-balans worden meegenomen zijn:

1. Transport van plaats van herkomst naar de verwerker.
2. Opslag bij de verwerker.
3. Transport naar verdere verwerking (indien relevant).
4. Verwerking (soms meerdere cycli, zoals bij vergisten en na-composteren).
5. Voorbewerking.
6. Bewerking (bijvoorbeeld composteren, vergisten, verbranden).
7. Nabewerking.
8. Transport naar eindgebruiker.
9. Toepassing (emissies tot 100 jaar na toepassing meegenomen).

[6] De termijn van 100 jaar is gekozen omdat dit conformeert met de gangbare methode zoals geformuleerd door IPCC (2013) en algemeen gebruikt wordt door overheid en bedrijfsleven.

4.1.2 Configuratie van de inrichting en processtappen

Het uitgangspunt voor betrouwbare berekeningen is dat gegevens gebruikt worden van vergunde inrichtingen. Dit zijn inrichtingen met voorzieningen die het mogelijk maken de hoeveelheden en samenstellingen van groenafvalstromen en producten te monitoren. Deze data zijn nodig voor de tool.

De tool is ook te gebruiken voor verwerking buiten vergunde inrichtingen, maar de resultaten zijn dan minder betrouwbaar.

De configuratie op een vergunde inrichting bestaat uit:

- **Aanvoer en ontvangst:** Wegen, lossen, inspectie, opslag deelstromen.
- **Voorbewerking:** Verkleinen, mengen (homogenisering), opzetten in hopen, primair afscheiden houtshreds naar bio-energiecentrale (BEC), zeefgrond (na inspectie) als grondproduct, maaisels naar vergisting, eventueel fracties naar andere (innovatieve) toepassingen.
- **Composteerproces en narijping:** Enkele weken tot maanden, regelmatig mechanisch omzetten, (zo nodig) bevochtigen en beluchten. Bovengenoemde stappen identiek (maar minder intensief) tijdens narijping.
- **Mechanische nabewerking:** Scheiden van gewenste grootten, (zo nodig) opmengen, secundair afscheiden shreds en zeefgrond.
- **Andere processtappen:** Zeer variabel; buiten beschouwing gelaten.

Naast de verwerkingstechnieken die gebruikelijk op of via een (vergunde) inrichting plaatsvinden, zijn ook bokashi en kleine kringloop opgenomen in de tool.

Wanneer op de inrichting sprake is van het maken van bokashi uit een deel van het groenafval kan geen betrouwbare carbon footprint berekening met de rekentool worden uitgevoerd, omdat onvoldoende betrouwbare kentallen voor broeikasgasemissies voor bokashi beschikbaar zijn. Datzelfde geldt wanneer vanaf de locatie groenafvalstromen worden geleverd voor de productie van bokashi door derden en/of het rechtstreeks toepassen binnen de kleine kringloop.

N.B. Het gaat hierbij dus om de situatie waarbij een deel van het bij een vergunde inrichting aangeleverde en geregistreerde groenafval wordt verwerkt in de kleine kringloop dan wel tot bokashi. In de praktijk vindt dat op dit moment niet plaats, omdat stromen die in de kleine kringloop worden toegepast, respectievelijk tot bokashi worden bewerkt niet eerst bij een vergunde inrichting worden aangeleverd.

4.1.3 Karakterisatiefactoren broeikasgassen

In de tool wordt de uitstoot van drie broeikasgassen meegenomen, dit zijn kooldioxide (CO_2), Methaan (CH_4) en Lachgas (N_2O). Om de invloed van deze verschillende broeikasgassen bij elkaar op te tellen, worden ze allemaal omgerekend naar dezelfde eenheid, de CO_2-equivalent.

De meest recente karakterisatiefactoren uit IPCC (2013) GWP100a (Global Warming Potential gemiddeld over een periode van 100 jaar) worden overgenomen (Tabel 4).

Tabel 4 – Karakterisatiefactoren broeikasgassen

Broeikasgas	Karakterisatiefactor	Toelichting
Kooldioxide (CO_2)	0 kg CO_2-eq./kg	Biogeen CO_2 heeft netto karakterisatiewaarde 0
Methaan (CH_4)	27 kg CO_2-eq./kg	(IPCC, 2021)
Lachgas (N_2O)	273 CO_2-eq./kg	(IPCC, 2021)

4.1.4 Waardering tijdelijke CO_2-opslag

Bij toepassing van eindproducten met organische stof (OS) in de bodem wordt koolstof (C) opgeslagen. Afhankelijk van het type OS breekt dit sneller of langzamer af. Afgebroken C wordt voornamelijk in CO_2 omgezet. In het eerste jaar wordt een deel van de OS afgebroken. Het deel dat na het eerste jaar overblijft, is de effectieve organische stof (EOS).

De indicator voor het percentage EOS in het eindproduct heet de humificatiecoëfficient (hc). Na het eerste jaar breekt de EOS langzaam verder af. De precieze afbraaksnelheid hangt onder meer af van het type grondbewerking, de gewasrotatie en de weersomstandigheden. Veelal wordt uitgegaan van een gemiddelde afbraaksnelheid van 2% per jaar (CBAV, 2016). Deze waarde is in de tool gebruikt.

Voor het berekenen van C-opslag hanteren we een zichtperiode van 100 jaar, zoals gebruikelijk in LCA-methodieken en in lijn met de karakterisatiefactoren voor broeikasgassen (GWP100a).[7] Voor het toerekenen van CO_2-opslag worden twee methoden gehanteerd (EC, 2010), waarvan beide resultaten worden gepresenteerd in de tool:

- **Zonder waardering van tijdelijke CO_2-opslag:** Alleen het aandeel CO_2 dat na 100 jaar nog in de bodem is opgeslagen, wordt gewaardeerd. Hiervoor wordt de oorspronkelijk toegediende C vermenigvuldigd met de hc om het gehalte C in jaar 1 te bepalen. Vervolgens neemt deze waarde jaarlijks met 2% af. Het gehalte C wat in jaar 100 nog over is, wordt vermenigvuldigd met 3,67 (atomaire massa CO_2/atomaire massa C) om te komen tot hoeveelheid opgeslagen CO_2.

[7] Andere zichtperioden zijn bijvoorbeeld 20 of 1.000 jaar, waarbij andere karakterisatiefactoren voor broeikasgassen worden gehanteerd. In de praktijk wordt vrijwel altijd gerekend met de karakterisatiefactoren horend bij een zichtperiode van 100 jaar.

- **Met waardering van tijdelijke CO_2-opslag**: Tijdelijk opgeslagen (en daarmee uit de lucht gehouden) CO_2 wordt naar rato gewaardeerd (sectie 7.4.3.7.3 in (EC, 2010)). Het aandeel CO_2 dat tien jaar is opgeslagen, wordt voor 10% gewaardeerd, het aandeel CO_2 dat 50 jaar is opgeslagen, wordt voor 50% gewaardeerd, etc.

Tabel 5 – Toerekening koolstofvastlegging voor verschillende verwerkingstechnieken

	Groen-compost	Digestaat uit co-vergisting	Gft-compost (nagecomposteerd digestaat uit gft-vergisting)	Bokashi	Kleine kringloop	Bronnen
OS (kg/ton product)	179	79	242	120	120	Handboek bodem en bemesting CBAV, (2016) en Romkens et al, (2020) voor Bokashi
C in OS	58%					Rietberg et al, (2013)
Vrijgekomen CO_2 per C	3,7					Atomaire massa CO_2/atomaire massa C
hc (fractie)	0,9	0,3	0,9	0,3	0,3	Handboek bodem en bemesting CBAV, (2016)proxies gebruikt voor digestaat uit co-vergisting (varkensdrijfmest) en Bokashi (gras)
Jaarlijkse afbraak C na eerste jaar (1)	2%					Handboek bodem en bemesting CBAV, (2016)
Opbrengst product (kg/ton ingangsmateriaal)	500	400	400	1.000	1.000	Persoonlijke communicatie met de BVOR op 18-9-2020
CO_2-vastlegging zonder waardering tijdelijke opslag (kg/ton product)	46,4	6,8	62,7	10,4	10,4	
CO_2-vastlegging zonder waardering tijdelijke opslag (kg/ton ingangsmateriaal)	23,2	2,7	25,1	10,4	10,4	
CO_2-vastlegging met waardering tijdelijke opslag (kg/ton product)	150,1	22,1	202,9	33,5	33,5	
CO_2-vastlegging met waardering tijdelijke opslag (kg/ton ingangsmateriaal)	75,0	8,8	81,2	33,5	33,5	

N.B: Procesemissies zijn hier niet bij inbegrepen en de technieken maken gebruik van verschillende ingangsmaterialen. Hierdoor zijn deze kengetallen onderling niet direct vergelijkbaar. Ze moeten worden gezien als onderdeel van het gehele systeem van groenafvalverwerking.

4.1.5 Referentiescenario

In de huidige tool is geen expliciete referentiewaarde opgenomen. Impliciet wordt daarmee aangenomen dat er helemaal niets zou gebeuren met het groenafval, als deze niet door mensen werd verwijderd en verwerkt. Dat is in feite niet wat er gebeurt. Zo komen er enerzijds broeikasgassen vrij bij natuurlijke decompositie van biomassa (zoals methaan en lachgas) en anderzijds vindt er mogelijk koolstofopslag in de bodem plaats. Een eenduidige referentiewaarde hiervoor is echter niet te bepalen, omdat dat in hoge mate situatie-afhankelijk is.

Het grootste deel van het groenafval wordt in Nederland gecomposteerd en dit zou daarom een realistisch referentiescenario vormen. Hiermee zouden de resultaten van sommige verwerkingsroutes positief, anderen negatief, en voornamelijk rondom 0 komen te liggen, wat moeilijk te interpreteren is.

Het voorstel is daarom om bij de update dezelfde referentiewaarde ‘0’ te gebruiken.

4.1.6 Standaardwaarden en begrenzingen

In de eenvoudige tool hoeft de gebruiker minder gegevens in te voeren. Dat betekent dat er een aantal standaardwaarden moet worden gedefinieerd voor de gegevens die in de uitgebreide tool wél, en in de eenvoudige tool niet ingevuld moeten worden. Daarnaast is een aantal begrenzingen opgenomen om te controleren of ingevulde waarden realistisch zijn, bijvoorbeeld ter check op de massabalans. Deze standaardwaarden en begrenzingen zijn opgenomen in Bijlage B.1.

4.2 Kengetallen verwerkingstechnieken

4.2.1 Composteren

Energieverbruik proces
Zie Tabel 22 voor standaardwaarden.

Directe emissies tijdens het composteerproces
Geüpdatete kengetallen van directe emissies tijdens compostering zijn afkomstig van Cuhls et al. (2014). Als waarde is de mediaan genomen van verschillende typen composteerinrichtingen, inclusief voorbewerking.

Tabel 6 – Kengetallen directe emissies van composteren[8]

Broeikasgas	Waarde	Toelichting
Methaan (CH_4)	1.400 g/ton groenafval Bron: Cuhls et al. (2014)	Mediaan
Lachgas (N_2O)	49 g/ton groenafval Bron: Cuhls et al. (2014)	Mediaan
Kooldioxide (CO_2)	N.v.t. omdat het biogeen CO_2 is	

Karakteristieken eindproducten
Zie Tabel 22 voor standaardwaarden.

Afzetmarkt compost
Zie Tabel 22 voor standaardwaarden.

Vermeden emissies

Substitutie van kunstmest
Compost bevat nuttige mineralen die bij toepassing in bijvoorbeeld land- of tuinbouw ervoor kunnen zorgen dat er minder mest toegepast hoeft te worden. Er wordt aangenomen dat compost uitsluitend kunstmest vervangt, aangezien dierlijke mest (al dan niet na bewerking) hoe dan ook zal worden toegepast op land. Uitgaande van beperkte plaatsingsruimte voor nutriënten in Nederland, resulteert eventuele verdringing van dierlijke mest door compost elders voor een verdringing van kunstmest door dierlijke mest.

De bijdragen aan kunstmestvervanging zijn afgeleid aan het Handboek bodem en bemesting (CBAV, 2016) en zijn weergegeven in Tabel 7. Voor fosfaat en kalium zijn direct de waarden uit het handboek overgenomen. In lijn met de eerdere tool (IVAM, 2013) is voor stikstof in potgrondtoepassingen de éénjarige werkingscoefficiënt gebruikt.[9]
Voor overige toepassingen is de meerjarige werkingscoefficiënt berekend op dezelfde manier als in IVAM (2013) beschreven: totaal aandeel minerale stikstof plus 30% van het aandeel organisch gebonden stikstof.

[8] De emissies zijn weergegeven per ton groenafval. In de tool wordt de compostafzet ingevuld. De hoeveelheid groenafval die hiervoor nodig is wordt op de achtergrond berekend door uit te gaan van een compostopbrengst van 50%.

[9] Bij gebruik in potgronden is de gegarandeerde werking van stikstof cruciaal, en mag dus feitelijk alleen de N-mineralisatie in het eerste jaar worden toegerekend (5-10% van de aanwezige stikstof in compost, zoals aangegeven op www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Organische-stofbeheer/Samenstelling-en-werking-organische-meststoffen/Werking-van-organische-meststoffen.htm

Tabel 7 – Bijdragen aan kunstmestvervanging en beschikbare nutriënten per sector

Sector	Bijdrage aan kunstmest-vervanging (%)	N beschikbaar voor vervanging (%)	P beschikbaar voor vervanging (%)	K beschikbaar voor vervanging (%)
Landbouw (akkerbouw, vollegronds tuinbouw, boomteelt)	50%	37%	100%	100%
Groenvoorziening anders dan gemeenten (incl. hoveniers en particulieren)	100%	37%	100%	100%
Gemeenten	0%	37%	100%	100%
Teeltsubstraten (professioneel, consumententoepassingen, samengestelde grondproducten)	100%	37%	100%	100%
Anders (tussenhandel, ophooggrond, GWW-sector)	0%	37%	100%	100%

De toepassing van kunstmest zorgt op twee manieren voor uitstoot van broeikasgassen. Ten eerste moet de kunstmest geproduceerd worden. Dit zijn energie-intensieve processen waarvoor veel fossiele brandstoffen gebruikt worden. Ten tweede komen er broeikasgassen vrij na toepassing van de kunstmest op het land. Als kunstmest vervangen wordt door compost worden zowel de emissies van de kunstmestproductie als de kunstmesttoepassing vermeden.

De CO_2-kengetallen van kunstmestproductie zijn weergegeven in Tabel 8. Voor de update is gebruikgemaakt van waarden uit de Agri-footprint LCA-database.

Tabel 8 – Vermeden emissies van productie kunstmest

Kunstmesttype	Waarde	Bron	Toelichting
Stikstofkunstmest (als N)	6,67 kg CO_2-eq./kg N	Agri-footprint	Omgerekend vanaf 1 kg 'Calcium ammonium nitrate (CAN), (NPK 26.5-0-0), at regional storehouse/RER Economic'
Fosfaatkunstmest (als P_2O_5)	1,52 kg CO_2-eq./kg P_2O_5	Agri-footprint	Omgerekend vanaf 1 kg 'Triple superphosphate, as 80% $Ca(H_2PO_4)2$ (NPK 0-48-0), at regional storehouse/RER Economic'
Kaliumkunstmest (als K_2O)	0,56 kg CO_2-eq./kg K_2O	Agri-footprint	Omgerekend vanaf 1 kg 'Potassium chloride (NPK 0-0-60), at regional storehouse/RER Economic'

De vermeden emissies na toepassing van compost als kunstmestvervanger zijn weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9 – Vermeden emissies van kunstmest bij toepassing compost

Emissie	Waarde	Bron
Lachgas (N_2O) bij toepassing kunstmest	1,25% van aanwezig N wordt omgezet in N_2O	IPCC, (2006)
Lachgas (N_2O) bij toepassing compost	Verwaarloosbaar: < 0,04% van aanwezig N	Biala et al. (2014)
Netto besparing lachgasemissies (N_2O) bij toepassing compost	1,25% van aanwezig N	
Methaan (CH_4)	Verwaarloosbaar: <0,1 g/ton	Cuhls et al., (2014)

Substitutie van veen

In een aantal toepassingen kan compost veen vervangen. Hiermee wordt bedoeld dat het aannemelijk is dat veen in die toepassing zou zijn gebruikt wanneer de compost niet zou zijn toegepast. De potentiële bijdrage aan veenvervanging verschilt per afzetsector.
In Tabel 10 is per marktsegment weergegeven in welke mate compost veen vervangt.
In de landbouw wordt geen veen toegepast, en is dus ook geen sprake van veenvervanging

Wanneer compost wordt toegepast als (onderdeel van een) teeltsubstraat in de glastuinbouw of in potgrondsubstraten is wel sprake van veenvervanging: veen is hier het gangbare substraat, en wanneer voor een deel compost wordt toegepast is het dus aannemelijk dat veen wordt gesubstitueerd. In samengestelde grondproducten is sprake van een aandeel grond en een aandeel organisch substraat die in een bepaalde verhouding worden gemengd. Ook hier geldt dat wanneer geen compost als organisch substraat wordt ingezet, het aannemelijk is dat veen wordt gebruikt.

In de sector van hoveniers en particulieren wordt compost in veel gevallen niet gebruikt als daadwerkelijke bodemverbeteraar, maar als een materiaal dat dient ter afwerking van aangelegde groenvoorzieningen. Het alternatief voor deze afwerking is veen. Bij gemeenten geldt iets vergelijkbaars, maar is het substitutie-effect minder zeker. Daarom wordt hier uitgegaan van 50% substitutie.

Tabel 10 – Vervangingswaarde veen per sector

Sector	Vervangingswaarde
Landbouw (akkerbouw, vollegronds tuinbouw, boomteelt)	0%
Groenvoorziening anders dan gemeenten (incl. hoveniers en particulieren)	100%
Gemeenten	50%
Teeltsubstraten (professioneel, consumententoepassingen, samengestelde grond-producten)	100%
Anders (w.o. tussenhandel)	0%

Klimaatimpact van veenproductie

De kengetallen voor veenproductie zijn gebaseerd op gegevens uit de LCA-studie van EPAGMA (2012), enigszins aangepast aan de hand van communicatie met experts betrokken bij Growing Media Europe.[10] Gemiddelde transportafstanden vanuit producerende landen naar mengfabrieken in Europa zijn hierbij meegenomen. In de cijfers wordt onderscheid gemaakt tussen witveen (relatief jong) en zwartveen (relatief oud). Het is lastig te bepalen hoeveel witveen en zwartveen er op de markt verhandeld wordt, omdat de classificaties uiteenlopen en de eigenschappen verschillen per regio van herkomst. Wel is bekend dat het aandeel zwartveen uit Duitsland (tuinturf) in substraten snel daalt.[11]

Tabel 11 – Kengetallen veenproductie

Veentype	Versie 2021	Toelichting versie 2021
Witveen	0,197 ton CO_2-eq./m^3 veen (1,094 ton CO_2-eq./ton veen)	EPAGMA (2012), aangevuld met persoonlijke communicatie Growing Media Europe AISBL
Zwartveen	0,343 ton CO_2-eq./m^3 veen (0,858 ton CO_2-eq./ton veen)	EPAGMA, (2012) aangevuld met persoonlijke communicatie Growing Media Europe AISBL
Gemiddelde wit- en zwartveen	0,270 ton CO_2-eq./m^3 veen (0,976 ton CO_2-eq./ton veen)	EPAGMA, (2012), aangevuld met persoonlijke communicatie Growing Media Europe AISBL

De kengetallen voor witveenproductie komen overeen met de kengetallen in de LCI gepresenteerd in Boldrin et al. (2010). We kiezen ervoor de resultaten uit EPAGMA (2012) te hanteren omdat die recentelijk geverifieerd zijn en meer inzicht in verschillende veentypen verschaffen.

[10] Waarden ~20% hoger dan EPAGMA-resultaten op basis van recente interne screeningstudies. Persoonlijke communicatie met Growing Media Europe op 30-6-2020.

[11] Persoonlijke communicatie met RHP op 30-6-2020.

Toegerekende emissies uitsparing van veen
Er wordt van uitgegaan dat 1 m^3 veen/m^3 groencompost wordt uitgespaard. Dit volgt verschillende literatuurbronnen (Boldrin et al., 2010; EPAGMA, 2012; Kranert et al., 2010) en nieuwe input van experts.[12] De hoofdredenering hierachter is dat bij de toepassing en verhandeling van substraten met volume wordt gerekend. Uitsparing van veen door compost zal in de praktijk dus ook eerder op basis van volume dan massa gebeuren.

De dichtheden van compost en verschillende typen veen zijn weergegeven in Tabel 12.

Tabel 12 – Dichtheid van compost en verschillende typen veen

Product	Waarde	Toelichting
Compost	600 (543–679) kg/m^3	EPAGMA (2012); Cuhls et al. (2014)
Witveen	180 kg/m^3	EPAGMA (2012)
Zwartveen (uitgangspunt tool)	400 kg/m^3	EPAGMA (2012). Uitgangspunt tool (worst-case-benadering aangezien marktaandelen in NL onbekend zijn)
Gemiddelde wit- en zwartveen	290 kg/m^3	

Aangezien de marktaandelen van witveen en zwartveen in Nederland niet bekend zijn, gaan we uit van een worst-casescenario, oftewel vervanging van zwartveen. Dat betekent dat er 400 kg zwartveen/600 kg groencompost wordt uitgespaard, waarbij opgemerkt moet worden dat het onwaarschijnlijk is dat compost met een hoger soortelijk gewicht in aanmerking komt voor toepassing als veenvervanger. Dit staat gelijk aan 0,67 ton veen/ton groencompost, waarmee de vermeden emissies van veen op -0,57 ton CO_2-eq./ton groencompost komen. Bij een productie van 0,5 ton compost/ton groenafval komen de vermeden emissies van veen op -0,29 ton CO_2-eq./ton groenafval.
NB: Dit is een rekenvoorbeeld, de resultaten hangen af van waarden die in de tool worden ingevuld.

Deze waarde ligt aan de hoge kant in vergelijking met de klimaatbalans van veenvervanging door groencompost zoals die gepresenteerd is in Boldrin et al. (2010) en aan de lage kant in vergelijking met Kranert et al. (2010), die respectievelijk waarden tussen de -0,07 en -0,15 ton CO_2-eq./ton groencompost en waarden tussen de -0,17 en -1,20 ton CO_2-eq./ton verwerkt groenafval noemen. De hoge waarden uit Kranert et al. (2010) komen met name doordat de klimaatimpact van veenproductie in deze studie hoger lijkt te liggen, hoewel specifieke kentallen niet gegeven worden.

Koolstofvastlegging in de bodem
Zie Paragraaf 4.1.4.

[12] Persoonlijke communicatie met RHP op 30-6-2020 en input van de begeleidingscommissie.

4.2.2 Energieopwekking in BEC

Uit de houtige fractie in groenafval kunnen door mechanische bewerking (verkleinen, zeven) houtbrandstoffen worden geproduceerd. Deze worden veelal aangeduid als shreds, en zijn wat grover van structuur dan de chips zoals die uit bijvoorbeeld dunningshout worden geproduceerd.

Shreds kunnen worden toegepast in een bio-energiecentrale (BEC), en vervangen daarbij fossiele brandstoffen.

In de huidige tool zijn voor de rendementen van de bio-energiecentrale (BEC) en de stookwaarde (LHV) van de shreds standaardwaarden gedefinieerd. Deze zijn desgewenst door de gebruiker aan te passen, wanneer sprake is van een aantoonbaar hogere stookwaarde van de shreds of een ander rendement van de BEC waaraan de shreds zijn geleverd. CO_2-emissies van houtverbranding zijn niet gekarakteriseerd omdat het om biogeen CO_2 gaat.

We nemen aan dat de opgewekte elektriciteit de gemiddelde elektriciteitsmix vervangt. Voor de opgewekte warmte nemen we aan dat dit wordt geleverd aan een warmtenet en vervolgens warmte uit aardgas vervangt. We gaan hierbij uit van een warmteverlies van 25% in het warmtenet (CE Delft, 2024) en conventionele warmteproductie met een rendement van 95%.

Tabel 13 – Uitgangspunten en kengetallen energieopwekking in BEC

Onderdeel	Waarde	Toelichting
Rendement BEC	Thermisch rendement: 0% Elektrisch rendement: 31%	Gemiddelde van BEC Alkmaar en BEC Hengelo genomen. Dit zijn gemiddeld scorende BECs waarvan duidelijk navolgbare rendementsgegevens beschikbaar zijn.
Stookwaarde hout	Standaardwaarde: 9,0 MJ/kg bij een vochtpercentage van 45% Voor overige percentages: Stookwaarde = 18,28 – (0,207 * vochtpercentage)	Varieert evenredig met vochtgehalte van hout. Hout met een vochtpercentage van 0% heeft een stookwaarde van 18,28 MJ/kg. Voor elke verhoging in het % vocht in het hout neemt de stookwaarde met 0,207 MJ/kg af. Bron: phyllis.nl (#912, park waste wood)
Emissies BEC	0,0079 kg CO_2-eq./kg hout	CE Delft, (2022)

4.2.3 Vergisting

Grasachtig materiaal kan een geschikt substraat zijn voor vergisting. Of dat zo is hangt van een aantal factoren af. In de eerste plaats is van het belang of het gras voldoende biogaspotentieel heeft, met andere woorden of de verwachte biogasproductie per ton gras hoog genoeg is. Daarnaast is het van belang of de vergistingsinstallatie het gras technisch kan verwerken.

In de praktijk zijn er twee typen vergistingsinstallaties waarin grasvergisting wordt toegepast. Bij co-vergisting wordt gras samen met mest en andere organische substraten vergist, en in gft-vergisting samen met gft-afval. Beide opties zijn in de tool meegenomen.

Emissies gedurende de co-vergistingsroute

In co-vergistingsinstallaties bestaat tenminste 50% van de input uit dierlijk mest, en het overige deel uit andere organische substraten. Wanneer gras wordt vergist in een co-vergistingsinstallatie maakt het in de praktijk 5-20% uit van de totale input van de co-vergistingsinstallatie.

Productiegegevens van co-vergisting van maaisels met mest zijn weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14 – Uitgangspunten en kengetallen co-vergisting (vergelijking versies)

Onderdeel	Update	Toelichting
Biogasproductie (m^3 biogas/kg nat maaisel)	0,077	IVAM, (2013)
Stookwaarde biogas (MJ/m^3)	21,5	Biograce II (Giuntoli et al., 2017)
Elektrisch rendement wkk	38%	Rendement van 100% deellast wkk (STOWA, 2011)
Uitgespaarde elektriciteit bij opwek in wkk (kWh/kg nat maaisel)	0,23	
Conversiefactor opwerking biogas tot groengas	0,6	Biograce II (Giuntoli et al., 2017)
Uitgespaard aardgas bij opwerking tot groengas (m^3 aardgas/kg nat maaisel)	0,06	

Geüpdatete kengetallen van directe emissies tijdens co-vergisting zijn afkomstig van Cuhls et al. (2014). Als waarde is de mediaan genomen van verschillende typen vergistingsinstallaties, inclusief voorbewerking en exclusief na-compostering.
NB: Deze kengetallen zijn afkomstig van metingen van gemengd groenafval- en gft-vergisting.

Tabel 15 – Directe emissies co-vergisting

Emissie	Waarde	Bron	Toelichting
Methaan (CH_4)	Totaal: 460 g/ton groenafval	Cuhls et al. (2014)	Mediaan
Lachgas (N_2O)	10 g/ton groenafval	Cuhls et al. (2014)	Mediaan
Kooldioxide (CO_2)	Idem	Cuhls et al. (2014)	

De directe emissies na toepassing van digestaat (zonder na-compostering) zijn weergegeven in Tabel 16.

Tabel 16 – Vermeden emissies van kunstmest bij toepassing digestaat

Emissie	Waarde	Bron
Lachgas (N_2O) bij toepassing kunstmest	1,25% van aanwezig N wordt omgezet in N_2O	IPCC, (2006)
Lachgas (N_2O) bij toepassing digestaat	1,25% van aanwezig N wordt omgezet in N_2O (zelfde hoeveelheid als bij kunstmest)	Cuhls et al. (2014)
Netto besparing lachgasemissies (N_2O) bij toepassing compost	0	
Methaan (CH_4)	Verwaarloosbaar: 8 g CH_4/ton	Cuhls et al. (2014)

Emissies gedurende de gft-vergistingsroute

Vergisting van maaisels met gft-afval in een gft-vergistingsinstallatie gebeurt vooral in de wintermaanden, wanneer het aanbod van gft-afval minder is. De toevoeging van maaisels hier dient om de gft-verwerking te ondersteunen. Op basis van input van de begeleidingscommissie wordt een waarde van 0,043 m^3/kg nat maaisel aangehouden.[13] De overige procesparameters zijn gelijk aan de co-vergistingsroute. De hoeveelheid uitgespaarde elektriciteit (bij opwekking in een wkk) komt hiermee op 0,1 kWh/kg nat maaisel en uitgespaard aardgas op 0,026 m^3/kg nat maaisel.

De directe emissies voor de gft-vergistingsroute zijn weergegeven in Tabel 17.

Tabel 17 – Directe emissies bij gft-vergisting

Parameter	Update	Bron
Methaan (CH_4)	Totaal: 480 g/ton groenafval	CE Delft (2021a)
Lachgas (N_2O)	9,7 g/ton groenafval	CE Delft (2021a)
Kooldioxide (CO_2)	N.v.t. omdat het biogeen CO_2 is	

[13] Persoonlijke communicatie met Attero op 14-9-2020.

Voor de directe emissies van toepassing van gft-compost (na-gecomposteerd digestaat uit gft-vergisting) houden we de kentallen aan zoals vermeld in Cuhls et al. (2014) (Tabel 18).

Tabel 18 – Directe emissies van gft-compost

Parameter	Update	Bron
Lachgas (N_2O): emissies bij toepassing digestaat en vermeden emissies van toepassing kunstmest	Netto: 0 1,25% van aanwezig N wordt omgezet in N_2O (zelfde hoeveelheid als bij kunstmest)	Cuhls et al. (2014)
Methaan (CH_4)	Verwaarloosbaar: <1 g CH_4/ton	Cuhls et al. (2014)

4.2.4 Bokashi

Bij bokashi wordt organisch materiaal onder anaerobe omstandigheden gefermenteerd. Dit gebeurt onder toevoeging van een specifieke startercultuur en mineralenmengsel.[14]

Literatuurdata over de karakteristieken en de broeikasgasbalans van het bokashiproces en het product zijn moeilijk te vinden, en lopen bovendien sterk uiteen.

Zo worden voor bokashi nog geen specifieke en navolgbare humificatiecoëfficiënten genoemd in de literatuur. Omdat tijdens het fermentatieproces de organische stof wordt geconserveerd, is het aannemelijk dat de humificatiecoëfficiënt niet wezenlijk verandert ten opzichte van het ingangsmateriaal. In de rekentool wordt daarom uitgegaan van een humificatiecoëfficiënt die vergelijkbaar is met maaisels, namelijk 0,3 (CBAV, 2016, 2025).

Over lachgas- en methaanemissies tijdens anaerobe bokashifermentatie zijn geen robuuste waarden te vinden. Als proxy nemen we daarom lachgasemissies uit graskuilen aan. Deze zijn 6,5 g N_2O/m^3 graskuil (Van Schooten & Philipsen, 2011). Uitgaande van een dichtheid van 500 kg maaisel/m^3, stellen we de emissie vast op 13 g N_2O/ton maaisel. Methaanproductie uit graskuilen is verwaarloosbaar (Van Schooten & Philipsen, 2011).

Voor de bokashifermentatie is een specifiek mengsel aan hulpstoffen nodig (Bosch et al., 2016). Volgens de berekening komt dit neer op 4,4 kg CO_2-eq./ton groenafval.
De kengetallen die we hiervoor hebben gebruikt zijn opgenomen in Tabel 19.

[14] Zie voor meer info www.agriton.nl/bokashi/

Tabel 19 – Kengetal van hulpstoffen voor bokashifermentatie

Input	Hoeveelheid (per 13 ton)	Gebruikt Ecoinventproces	Carbon footprint
Microferm	30 l	Enzymes (aanname: 2%) en molasses (aanname: 20%)	
Water	300 l	Tapwater	
Edasil Clay Minerals	300 kg	Mineral supplement, for beef cattle	
Ostrea Seashell Lime	300 kg	Lime	
Totaal per 13 ton groenafval			82,9 kg CO_2-eq.
Totaal per 1 ton groenafval			4,4 kg CO_2-eq.

Bron: Op basis van Bosch et al, (2016)

Aangezien een groot deel van het eindproduct na opbrengen op het land onder ongecontroleerde omstandigheden verder afbreekt, zijn hier emissies te verwachten. Het is niet bekend hoe groot deze emissies zijn, wij kiezen er daarom voor om deze zeer conservatief en voorzichtig in te schatten. Als proxy nemen we emissies van ongecontroleerde, onbeluchte compostering aan (Tabel 20). Bij een goede landbouwpraktijk zullen de emissies meer overeenkomen met de emissies van mesttoepassing. Dit zal betekenen dat de CH_4-emissies waarschijnlijk lager zijn en de N_2O-emissies lager of hoger (afhankelijk van de bewerking, de bodemsoort en het klimaat).

Er wordt momenteel onderzoek gedaan naar de emissies die vrijkomen bij de productie en toepassing van bokashi (WUR, 2020). Als uit dit onderzoek bruikbare gegevens naar voren komen, zullen ze verwerkt worden in een update van de tool.

Tabel 20 – Directe emissies van ongecontroleerde en onbeluchte compostering

Emissie	Waarde	Bron	Toelichting
Methaan (CH_4)	Totaal: 12.000 g/ton groenafval	Cuhls et al. (2014)	Hoogste gemeten waarde van onbeluchte groencompostering (als proxy voor slecht gecontroleerd proces)
Lachgas (N_2O)	60 g/ton groenafval	Cuhls et al. (2014)	Hoogste gemeten waarde van onbeluchte groencompostering (als proxy voor slecht gecontroleerd proces)
Kooldioxide (CO_2)	Idem	Cuhls et al. (2014)	

De aangenomen humificatiecoëfficient van bokashi staat vermeld in Paragraaf 4.1.4.

Bokashi is formeel geen toegestane meststof. Wanneer bokashi wordt toegepast, vindt dit plaats buiten het gebruiksnormenstelsel voor meststoffen. Met andere woorden, het toepassen van nutriënten in bokashi leidt (via de maximale normen) niet automatisch tot het

minder toepassen van nutriënten via andere (kunst)meststof. Om deze reden wordt bij bokashi niet uitgegaan van kunstmestvervanging.

Als voordeel van bokashi wordt geclaimd dat het bodemleven stimuleert, wat weer indirecte C-vastlegging door micro-organismen tot gevolg zou kunnen hebben. Deze dynamiek is echter onvoldoende in literatuur gevat en kunnen we daarom niet kwantificeren. Datzelfde geldt overigens voor compost en digestaat.

4.2.5 Kleine kringloop

De kleine kringloop is een populaire benaming voor het verwerken van bermgras en slootmaaisel binnen de wettelijke kaders van de Vrijstellingsregeling plantenresten.

De Vrijstellingsregeling staat toe dat de genoemde plantenresten (binnen een aantal voorwaarden) binnen een straal van 5 km van de plek van vrijkomen rechtstreeks op het land worden toegepast en ondergewerkt. In de praktijk werkt het zo dat het materiaal na maaien tot enkele weken op een hoop blijft liggen, en daarna op het land wordt gebracht.

Er is geen literatuurdata beschikbaar over de emissies die optreden wanneer maaisels worden verwerkt binnen de kleine kringloop, dat wil zeggen tijdens opslag en na verspreiding op het land.

Het is aannemelijk dat tijdens opslag en na opbrengen op het land sprake is van een ongecontroleerde afbraak van het materiaal. Omdat het materiaal veelal nat is en weinig structuur bevat, zal hierbij sprake zijn van een combinatie van aerobe compostering en anaerobe rotting met emissies van methaan en lachgas. In de tool wordt voor de emissies uitgegaan van de kentallen voor ongecontroleerde, onbeluchte composteerprocessen, zoals weergegeven in Tabel 20. Naar verwachting is dit een onderschatting van de optredende emissies. Voor het materiaal dat als bodemverbeteraar binnen de kleine kringloop wordt toegepast geldt de humificatiecoëfficient van dat verse materiaal (zie Paragraaf 4.1.4).

Binnen de kleine kringloop is geen sprake van vervanging van kunstmest, omdat het materiaal niet wordt meegeteld in de meststoffenboekhouding. Met andere woorden, het opbrengen van maaisels binnen de kleine kringloop leidt niet automatisch tot het minder toepassen van kunstmest binnen de geldende stikstof- en fosfaatnormen.

4.2.6 Zeefgrond

Zeefgrond kan ontstaan bij het afzeven en opwerken van houtig groenafval tot houtbrandstof. Zeefgrond mag onder een aantal voorwaarden rechtstreeks worden afgezet naar de landbouw en dient daar ter verbetering van de fysieke bodemverbetering (Besluit bodemkwaliteit). Hergebruik van zeefgrond spaart daarmee gebruik van andere grond uit. Als proxy hiervoor nemen we het kengetal uit de NMD (versie 3.11) voor zand, industriezand, ophoogzand, betonzand, drainagezand. Hierbij zit transport naar de generieke markt inbegrepen. We gaan ervan uit dat transport naar de eindgebruiker hierbij niet is in-

begrepen en dat dit gelijk is aan het transport van zeefgrond, waardoor het transport van zeefgrond weggestreept kan worden.

4.3 Kengetallen overig

4.3.1 Kengetallen voor energiedragers

De huidige tool maakt onderscheidt in grijze, groen mix, wind en pv-elektriciteit. Bij de update worden andere energieproducten gedefinieerd. Dit heeft te maken met de toe te rekenen emissiereductie uit groene stroom bij verschillende producten. We hanteren hiervoor het principe van economische allocatie (CE Delft, 2020). De gebruikte kengetallen voor de verschillende energiedragers bij deze update zijn weergegeven in Tabel 21.

Tabel 21 – Kengetallen energiedragers

Parameter	Huidige tool	Bron
Elektriciteit (grijs)	0,499 kg CO_2-eq./kWh	CO2emissiefactoren.nl, jan' 2025 Kengetal gebruikt voor berekenen uitgespaarde emissies bij productie van elektriciteit.
Elektriciteit (onbekend)	0,499 kg CO_2-eq./kWh	Zelfde waarde als grijze elektriciteit; conservatieve benadering.
Elektriciteit (groen uit buitenland)	0,499 kg CO_2-eq./kWh	Aangezien de prijs van Europese GvOs van groene stroom in veel gevallen zeer laag is (bijv. Noorse waterkracht), wordt dit gezien als een administratieve handeling die niet daadwerkelijk bijdraagt aan het verduurzamen van de elektriciteitsvoorziening en hanteren we hetzelfde kengetal als voor de onbekende elektriciteitsmix.
Elektriciteit (groen uit Nederland)	0,268	Het is onzeker in hoeverre de verkoop van GvOs bijdraagt aan de financiering van duurzame elektriciteit. Om dubbel-telling van de voordelen van duurzame elektriciteit te voor-komen, rekenen we hier met de impact van de gemiddelde elektriciteitsmix (CO2emissiefactoren.nl, jan'2025). Dit is een conservatieve benadering.
Elektriciteit (eigen opwek via pv of wind)	0 kg CO_2-eq./kWh	CO2emissiefactoren.nl, jan' 2025
Diesel	3,462 kg CO_2-eq./liter	CO2emissiefactoren.nl, jan' 2025
AdBlue	0,26 kg CO_2-eq./liter	CO2emissiefactoren.nl, jan' 2025
Aardgas	2,134 kg CO_2-eq./Nm^3	CO2emissiefactoren.nl, jan' 2025
Benzine (E10)	2,797 kg CO_2-eq./liter	CO2emissiefactoren.nl, jan' 2025
HVO100	0,468 kg CO_2-eq./liter	CO2emissiefactoren.nl, jan' 2026
HVO20	2,863 kg CO_2-eq./liter	Berekening op basis van 20% HVO100 en 80% diesel.
Warmte (uit aardgas)	0,071 kg CO_2-eq./MJ	Voor een ketel op aardgas met een rendement van 95%.

4.3.2 Energieverbruik groenafvalverwerkingsinstallatie

Zie Tabel 22 voor standaardwaarden. Dit omvat het energieverbruik (elektriciteit, gas en brandstof) voor alle handelingen in de composteerinstallatie. Dit omvat alle mechanische voor- en nabewerkingen (verkleinen, zeven, verplaatsen, omzetten, ventilatie en beluchting) alsmede eventueel warmteverbruik.

4.3.3 Transport

Voor transport van reststromen naar de inrichting en producten vanaf de inrichting worden in de praktijk een veelheid aan verschillende typen (vracht)auto's gebruikt. In de tool zijn drie (meest voorkomende) transportmiddelen gemodelleerd (CE Delft, 2021b):

- busje met aanhangwagen (2 ton): 0,86 kg CO_2-eq./tkm (op basis van een middel-zwaar beladen bestelauto);
- vrachtauto (10–20 ton): 0,26 kg CO_2-eq./tkm;
- vrachtauto (>20 ton): 0,20 kg CO_2-eq./tkm.

De gemiddelde transportafstanden zoals gebruikt in de eenvoudige tool zijn vermeld in Tabel 22.

4.3.4 Emissies van afvalwaterzuivering

Water afkomstig van bijvoorbeeld neerslag of uit het composteerproces (percolaat) wordt op een inrichting opgevangen, gebufferd en als proceswater hergebruikt in het compos-teerproces. Daarnaast kan sprake zijn van het (beperkt) lozen van een afvalwaterstroom op het riool of afvoer van afvalwater met een tankwagen

Voor de emissies behorende bij afvalwaterzuivering is het reeds bestaande kengetal in de tool aangenomen: 0,105 kg CO_2-eq./m^3 (IVAM, 2013). Bij afvoer per tankwagen worden de emissies van het transport bij de emissie van de afvalwaterzuivering opgeteld.

4.3.5 Emissies door verwerking van residuen

Bij de opwerking van groenafval kunnen niet-organische, niet-herbruikbare residuen ontstaan. Dit kan bijvoorbeeld zwerfvuil zijn dat is uitgezeefd, of steenachtig materiaal zoals puin. Afhankelijk van de aard worden deze residuen afgevoerd ter verbranding in een AEC of naar een stortplaats.

Voor verbranding van een residu in een AEC nemen we alleen het transport naar de AEC en de opwek van energie mee.

De directe emissies van verbranding worden niet meegenomen, omdat deze van biogene aard zijn. Voor het transport gaan we uit van een transportafstand van 100 km met een vrachtauto van 10-20 ton (zie Paragraaf 4.3.3).

Voor de berekening van de vermeden emissies door opwek van energie gaan we uit van het volgende:

- LHV afval: 9,6 MJ/kg (RVO, 2024);
- elektrisch rendement AEC: 17%, thermisch rendement AEC: 24% (bron: persoonlijke communicatie door RWS);
- verlies van afgezette warmte in een warmtenet: 25% (CE Delft, 2024);
- klimaatimpact vermeden elektriciteitsproductie: 0.268 kg CO_2-eq./kWh (op basis van de gemiddelde elektriciteitsmix) (CO2emissiefactoren.nl, 2025);
- klimaatimpact vermeden warmteproductie: 0.071 kg CO_2-eq./MJ (op basis van warmteproductie uit aardgas met een rendement van 95% en de klimaatimpact van aardgas uit Tabel 21).

Hiermee komen we uit op netto klimaatimpact van verbranding van het residu van -0,22 kg CO_2-eq./kg afval.

Voor stort nemen we aan dat het om inert materiaal gaat, waaruit geen emissies vrijkomen na stort. Wel nemen we het transport naar de stortplaats mee, waarbij we uitgaan van een transportafstand van 200 km en van een vrachtauto van 10-20 ton (zie Paragraaf 4.3.3). De klimaatimpact van stort van het residu komt daarmee uit op 0,05 kg CO_2-eq./kg.

Als de residuen worden ingezet voor hergebruik, wordt op dit moment uitgegaan van een emissie van 0 kg CO_2-eq.

A Standaardwaarden en begrenzingen

Tabel 22 geeft de gebruikte standaardwaarden en begrenzingen in de nieuwe tool weer.

De begrenzingen zijn zachte begrenzingen; als deze worden overschreden krijgt de gebruiker een melding.

Tabel 22 – Standaardwaarden en begrenzingen

Parameter	Update
Totale hoeveelheid aangeleverd groenafval (ton/jaar)	Begrenzing: n.a. Standaardwaarde: n.a.
Hout naar bio-energiecentrale	Standaardwaarde transportafstand: 150 km
Maaisels naar co-vergister	Standaardwaarde transportafstand: 100 km
Maaisels naar gft-vergisting en na-compostering	Standaardwaarde transportafstand: 100 km
Bestemming opgewekt gas	Standaardwaarden: Gas naar biogas + wkk: 50% Gas naar groengas: 50%
Maaisels naar bokashi	Standaardwaarde transportafstand: 25 km
Kleine kringloop	Standaardwaarde transportafstand: 25 km
Zeefgrond als grond	Standaardwaarde transportafstand: 25 km
Energieverbruik op de composteerinrichting (kWh/ton groenafval)	Standaardwaarde: Diesel: 30 kWh (3 l) Elektriciteit: 5 kWh
Residu naar AEC (kg/ton groenafval)	Standaardwaarde transportafstand: 50 km
Residu naar stort (kg/ton)	Standaardwaarde transportafstand: 50 km
Residu naar hergebruik	Standaardwaarde transportafstand: 100 km
Water naar RWZI (m^3/ton groenafval)	Standaardwaarde transportafstand bij afvoer per as: 50 km
Alternatieve opwerking overige deelstromen (kg/ton groenafval)	Open invoer Standaardwaarde transportafstand: 150 km
Best practice composteerproces	Begrenzing: n.a.

Parameter	Update
Opbrengst compost (ton)	Standaardwaarde: 50% Standaardwaarde transportafstand: 40 km
Samenstelling compost	Begrenzing en standaardwaarden o.b.v. voetnoot [(a)] Standaardwaarde: Dichtheid: 600 kg/m^3 Drogestofgehalte (ds%): 60[a] Stikstof [N] (g/kg ds): 5[a] Fosfaat [P_2O_5] (g/kg ds): 3[a] Kalium [K_2O] (g/kg ds): 5[a] Organische stof (O.S.) (g/kg ds): 100[a]
Transport naar inrichting	Begrenzing: n.a. Standaardwaarde afstand naar de inrichting: Licht transport (busje met aanhanger): 10 km (10 km vol, 10 km leeg) Middelzwaar transport (vrachtauto 10 – 20 ton): 25 km (25 km vol, 25 km leeg) Zwaar transport (vrachtauto >20 ton): 50 km (50 km vol, 50 km leeg)
Transport van verwerkingsinrichting naar afzetlocatie	Begrenzing: n.a. Standaardwaarde: Zwaar transport
Marktverdeling compost (%)	Begrenzing: n.a. Standaardwaarden: Landbouw (akkerbouw, vollegronds tuinbouw, boomteelt) 0% Groenvoorziening anders dan gemeenten (incl. hoveniers en particulieren)0% Gemeenten (groenvoorziening) 0% Teeltsubstraten (professioneel, consumententoepassingen, samengestelde grondproducten) 0% Anders (tussenhandel, ophooggrond, GWW-sector) 100%

[(a)] Voor de standaardwaarden wordt uitgegaan van een ongunstige samenstelling van compost (organische stof en nutriënten), waardoor de positieve CO_2-effecten van composttoepassing conservatief worden berekend. Toolgebruikers worden hierdoor gestimuleerd hun eigen compostdata (op basis van analyseresultaten) in te voeren.

B Vergelijking met kengetallen uit versie 2013

In deze bijlage worden de belangrijkste aanpassingen ten opzichte van de vorige versie (IVAM, 2013) gedocumenteerd.

B.1 Standaardwaarden en begrenzingen

Tabel 23 geeft de gebruikte standaardwaarden en begrenzingen in de vorige versie van de tool weer. De begrenzingen zijn zachte begrenzingen; als deze worden overschreden krijgt de gebruiker een melding. De standaardwaarden en begrenzingen die gebruikt worden in de nieuwe versie van de tool staan in Tabel 22.

Tabel 23 – Standaardwaarden en begrenzingen in versie 2013

Parameter	Versie 2013
Totale hoeveelheid aangeleverd groenafval (ton/jaar)	Begrenzing: n.a. Standaardwaarde: n.a.
Samenstelling ingangsmateriaal	Standaardwaarde: Hout: 0% Gras: 0% Blad: 0% Tuinbouwafval: 0% Overig: 100%
Hout naar bio-energiecentrale	Begrenzing: onbeperkt, mits 30% van composthoop uit hout bestaat. Standaardwaarde: n.a.
Maaisels naar co-vergister	Begrenzing: 50% van aangevoerde maaisels Standaardwaarde: n.a.
Maaisels naar gft-vergisting en na-compostering	N.v.t.
Bestemming opgewekt gas	N.v.t.
Maaisels naar bokashi	N.v.t.

Parameter	Versie 2013
Kleine kringloop	N.v.t.
Zeefgrond als grond	Begrenzing: n.a. Standaardwaarde: n.a.
Energieverbruik op de composteerinrichting (kWh/ton groenafval)	Begrenzing: n.a. Standaardwaarde: n.a. Wel wordt aangegeven dat het gemiddelde energieverbruik 35 is (30 diesel, 5 elektriciteit)
Residu naar AEC (kg/ton groenafval)	Begrenzing: n.a. Standaardwaarde: 15
Residu naar stort (kg/ton)	Begrenzing: n.a. Standaardwaarde: 0
Water naar RWZI (m^3/ton groenafval)	Begrenzing: n.a. Standaardwaarde: n.a.
Alternatieve opwerking overige deelstromen (kg/ton groenafval)	Open invoer
Best practice composteerproces	N.a.
Compostproductie (kg/ton ingangsmateriaal)	Begrenzing (zachte): 50%wt van ingangsmateriaal compostering (daarboven geeft de tool aan dat de waarde waarschijnlijk fout is)
Samenstelling compost	Begrenzing: n.a. Standaardwaarde: Drogestofgehalte (ds%): n.a. Stikstof [N] (g/kg ds): n.a. Fosfaat [P_2O_5] (g/kg ds): n.a. Kalium [K_2O] (g/kg ds): n.a Organische stof (O.S.) (g/kg ds): n.a.
Transport naar inrichting	Begrenzing: n.a. Standaardwaarden: Zwaar transport (trucks): 35 km Licht transport (bestelbus): 20 km Trekker: 10 km
Transport naar klant	Begrenzing: n.a. Standaardwaarden: Enkele vrachtwagen: 30 km Dubbele vrachtwagen: 30 km Trekker met aanhanger: 10 km
Marktverdeling compost (%)	Begrenzing: n.a. Standaardwaarden: Landbouw (akkerbouw, vollegronds tuinbouw, boomteelt) 100% Glastuinbouw 0% Hoveniers, particulieren 0% Gemeenten (groenvoorziening) 0% Potgrondsubstraten en aanvulgrond 0% Specifiek samengestelde grondproducten 0% Aannemerij/wegenbouw 0% Anders (w.o. tussenhandel) 0%

B.2 Karakterisatiefactoren

Tabel 24 – Karakterisatiefactoren broeikasgassen (vergelijking versies)

Broeikasgas	Versie 2013	Versie 2021[15]	Toelichting versie 2021
Kooldioxide (CO_2)	0 CO_2-eq./kg	0 kg CO_2-eq./kg	Biogeen CO_2 heeft netto karakterisatiewaarde 0
Methaan (CH_4)	22,3 CO_2-eq./kg	27 kg CO_2-eq./kg	IPCC, (2021)
Lachgas (N_2O)	298 CO_2-eq./kg	273 CO_2-eq./kg	IPCC, (2021)

B.3 Verwerkingstechniek: composteren

Tabel 25 – Kengetallen directe emissies van composteren (vergelijking versies)

Broeikasgas	Versie 2013	Versie 2021	Toelichting versie 2021
Methaan (CH_4)	850 g/ton groenafval Bron: Cuhls et al. (2008)	1.400 g/ton groenafval Bron: Cuhls et al. (2014)	Mediaan
Lachgas (N_2O)	72 g / ton groenafval Bron: Cuhls et al. (2008)	49 g/ton groenafval Bron: Cuhls et al. (2014)	Mediaan
Kooldioxide (CO_2)	N.v.t. omdat het biogeen CO_2 is	Idem	

Tabel 26 – Vermeden emissies van productie kunstmest (vergelijking versies)

Kunstmesttype	Versie 2013	Versie 2021	Toelichting versie 2021
Stikstofkunstmest (als N)	8,65 kg CO_2-eq./kg N Bron: Ecoinvent v2.2 Calcium ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER	6,67 kg CO_2-eq./kg N Bron: Agri-Footprint	Omgerekend vanaf 1 kg 'Calcium ammonium nitrate (CAN), (NPK 26.5-0-0), at regional storehouse/RER Economic'
Fosfaatkunstmest (als P_2O_5)	2,02 kg CO_2-eq./kg P_2O_5 Bron: Ecoinvent v2.2 Triple superphosphate, as P_2O_5, at regional storehouse/RER	1,52 kg CO_2-eq./kg P_2O_5 Bron: Agri-Footprint	Omgerekend vanaf 1 kg 'Triple superphosphate, as 80% Ca(H2PO4)2 (NPK 0-48-0), at regional storehouse/RER Economic'
Kaliumkunstmest (als K_2O)	0,497 kg CO_2-eq./kg K_2O Bron: Ecoinvent v2.2 Potassium chloride, as K_2O, at regional storehouse/RER	0,56 kg CO_2-eq./kg K_2O Bron: Agri-Footprint	Omgerekend vanaf 1 kg 'Potassium chloride (NPK 0-0-60), at regional storehouse/RER Economic'

[15] Deze waardes zijn aangepast bij de update van de tool in 2026.

Tabel 27 – Vermeden emissies van toepassing kunstmest (vergelijking versies)

Emissie	Versie 2013	Versie 2021
Lachgas (N_2O) bij toepassing kunstmest	1,25% van aanwezig N wordt omgezet in N_2O Bron: IPCC, (2006)	Idem
Lachgas (N_2O) bij toepassing compost	50% van de emissies bij kunstmest Bron: GFT-tool Vereniging Afvalbedrijven, (2013)	Verwaarloosbaar: < 0,04% van aanwezig N Bron: Biala et al. (2014)
Netto besparing lachgasemissies (N_2O) bij toepassing compost	N.a.	1,25% van aanwezig N
Methaan (CH_4)	Verwaarloosbaar Bron: Elferink&Vlaar, (2010)	Verwaarloosbaar: < 0,1 g/ton Bron: Cuhls et al., (2014)

Tabel 28 – Deel van compost dat veen vervangt wanneer afgezet in een sector

Sector	Versie 2013	Versie 2021	Toelichting versie 2021
Landbouw (akkerbouw, vollegronds tuinbouw, boomteelt)	0%	0%	Geen cijfers gevonden die een ander beeld geven (geldt voor allen)
Glastuinbouw	100%	n.a.	
Groenvoorziening anders dan gemeenten (incl. hoveniers en particulieren)	100%	100%	
Gemeenten	50%	50%	
Potgrondproducenten	100%	100%	
Grondproducten	100%	n.a.	
Aannemerij/wegenbouw	0%	n.a.	
Anders (w.o. tussenhandel)	0%	0%	

Klimaatimpact van veenproductie

In de 2013-versie wordt aan veen een klimaatimpact van 0,85 kg CO_2-eq./kg veen toegekend. Daarnaast wordt 1.000 km transport aangenomen, met een emissie van 0,095 kg CO_2-eq./tkm. Bij elkaar opgeteld betekent dit dat veen, inclusief transport naar Nederland, een klimaatimpact heeft van 0,945 kg CO_2-eq./kg.

Tabel 29 – Kengetallen veenproductie (vergelijking versies)

Veentype	Versie 2013	Versie 2021	Toelichting versie 2021
Witveen	n.a.	0,197 ton CO_2-eq./m^3 veen (1,094 ton CO_2-eq./ton veen)	EPAGMA (2012), aangevuld met persoonlijke communicatie met Growing Media Europe AISBL
Zwartveen	n.a.	0,343 ton CO_2-eq./m^3 veen (0,858 ton CO_2-eq./ton veen)	EPAGMA, (2012), aangevuld met persoonlijke communicatie met Growing Media Europe AISBL
Gemiddelde wit- en zwartveen	0,85 ton CO_2-eq./ton veen	0,270 ton CO_2-eq./m^3 veen (0,976 ton CO_2-eq./ton veen)	EPAGMA, (2012), aangevuld met persoonlijke communicatie met Growing Media Europe AISBL

Toegerekende emissies uitsparing van veen

In het geval dat veen compost uitspaart, wordt er in de 2013-versie 0,83 ton veen/ton groencompost uitgespaard (Grontmij & IVAM, 2004), wat resulteert in een vermeden emissie van veen van -0,78 ton CO_2-eq./ton groencompost.

B.4 Verwerkingstechniek: energieopwekking in BEC

Tabel 30 – Uitgangspunten en kengetallen energieopwekking in BEC (vergelijking versies)

Onderdeel	Versie 2013	Versie 2021	Toelichting versie 2021
Rendement BEC	Thermisch rendement: 60% Elektrisch rendement: 0%	Thermisch rendement: 0% Elektrisch rendement: 31%	Gemiddelde van BEC Alkmaar en BEC Hengelo genomen. Dit zijn gemiddeld scorende BECs waarvan duidelijk navolgbare rendements-gegevens beschikbaar zijn.
Stookwaarde hout	9,3 MJ/kg	Standaardwaarde: 9,0 MJ/kg bij een vochtpercentage van 45% Voor overige percentages: Stookwaarde = 18,28 – (0,207 * vochtpercentage)	Varieert evenredig met vochtgehalte van hout. Hout met een vochtpercentage van 0% heeft een stookwaarde van 18,28 MJ/kg. Voor elke ver-hoging in het % vocht in het hout neemt de stookwaarde met 0,207 MJ/kg af. Bron: phyllis.nl (#912, park waste wood)
Emissies BEC		0,0079 kg CO_2-eq./kg hout	CE Delft, (2022) Verwerkingsroutes afvalhout[16]

[16] Deze waarde is aangepast bij de update van de tool in 2026.

B.5 Verwerkingstechniek: co-vergisting

Tabel 31 – Uitgangspunten en kengetallen co-vergisting (vergelijking versies)

Onderdeel	Versie 2013	Versie 2021	Toelichting versie 2021
Biogasproductie (m^3 biogas/kg nat maaisel)	0,077	0,077	Input begeleidingscommissie
Stookwaarde biogas (MJ/m^3)	22	21,5	Biograce II
Elektrisch rendement wkk	43%	38%	Rendement van 100% deellast wkk STOWA, (2011)
Uitgespaarde elektriciteit bij opwek in wkk (kWh/kg nat maaisel)	0,20	0,23	
Conversiefactor opwerking biogas tot groengas	0,67	0,6	Biograce II
Uitgespaard aardgas bij opwerking tot groengas (m^3 aardgas/kg nat maaisel)	0,052	0,06	

Tabel 32 – Directe emissies co-vergisting (vergelijking versies)

Emissie	Versie 2013	Versie 2021	Toelichting versie 2021
Methaan (CH_4)	850 g/ton groenafval Bron: Cuhls et al. (2008)	Totaal: 460 g/ton groenafval Bron: Cuhls et al. (2014)	Mediaan
Lachgas (N_2O)	72 g/ton groenafval Bron: Cuhls et al. (2008)	10 g/ton groenafval Bron: Cuhls et al. (2014)	Mediaan
Kooldioxide (CO_2)	N.v.t. omdat het biogeen CO_2 is	Idem	

Literatuur

Biala, J., Rowlings, D., De Rosa, D., & Grace, P. (2014). Effects of using raw and composted manures on nitrous oxide emissions: A review. XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): 1112,

Boldrin, A., Hartling, K.R., Laugen, M., & Christensen, T.H. (2010). Environmental inventory modelling of the use of compost and peat in growth media preparation. *Resources, Conservation and Recycling*, *54*(12), 1250-1260.

Bosch, M., Hitman, A., & Hoekstra, J.F. (2016). Fermentation (bokashi) versus composting of organic waste materials: Consequences for nutrient losses and co2-footprint.

CBAV. (2016). Handboek bodem en bemesting. In.

CBAV. (2025). *Handboek bodem en bemesting*. Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegrondsgroententeelt (CBAV). https://www.handboekbodemenbemesting.nl/

CE Delft. (2019). *Methodiek duurzaam aanbesteden afval*.

CE Delft. (2020). *Inkoop groene stroom*.

CE Delft. (2021a). *Klimaatimpact van afvalverwerkroutes in nederland: Co2-kentallen voor recyclen en verbranden voor 13 afvalstromen*.

CE Delft. (2021b). *Stream goederenvervoer 2020: Emissies van modaliteiten in het goederenvervoer*.

CE Delft. (2022). *Verwerkingsroutes van afvalhout. Mogelijkheden en milieukunstige evaluatie middels mlca*.

CE Delft. (2024). *Ketenemissies warmtenetten 2022 en 2030*.

CO2emissiefactoren.nl. (2025). *Elektriciteit*. https://co2emissiefactoren.nl/factoren/2025/11/elektriciteit/

Cuhls, C., Mähl, B., Berkau, & Clemens, J. (2008). *Ermittlung der emissionssituation bei der verwertung von bioabfällen*.

Cuhls, C., Mähl, B., & Clemens, J. (2014). *Ermittlung der emissionssituation bei der verwertung von bioabfällen*.

EC, J. (2010). *Ilcd handbook: General guide for life cycle assessment: Detailed guidance* (First edition ed., Vol. EUR 24708 EN). European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability

EPAGMA. (2012). *Comparative life cycle assessment of horticultural growing media based on peat and other growing media constituents*.

Giuntoli, J., Agostini, A., Edwards, R., & Marelli, L. (2017). *Solid and gaseous bioenergy pathways: Input values and ghg emissions. Calculated according to the methodology set in com(2016) 767, .*

Grontmij, & IVAM. (2004). *Herziening levenscyclusanalyse voor gft-afval – herberekening lca bij het mer-lap*.

IPCC. (2006). *Guidelines for national greenhouse gas inventories*.

IPCC. (2013). *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group i to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*.

IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group 1 to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*.

IVAM. (2013). *Co2-effecten van het opwerken van groenafval en van daarmee vergelijkbare reststromen. Achtergrond document bij de bvor co2-rekentool*.

Kranert, M., Gottschall, R., Bruns, C., & Hafner, G. (2010). Energy or compost from green waste?–a co2–based assessment. *Waste Management*, *30*(4), 697-701.
Rietberg, P., Luske, B., & Visser, A. (2013). *Handleiding goed koolstofbeheer*.
Romkens, P., Rietra, R., & Spijker, J. (2020). *Aanzet kennisprogramma circulair terreinbeheer; landbouwkundig relevante eigenschappen van maaisel, bokashi en compost.*
RVO. (2024). *Nederlandse lijst van energiedragers en standaard co2 emissiefactoren, versie januari 2024*.
STOWA. (2011). *Optimalisatie wkk en biogasbenutting*.
Van Schooten, H., & Philipsen, A. (2011). *Effect van inkuilmanagement op emissie van broeikasgassen op bedrijfsniveau= effect of ensiling management on emission of greenhouse gases at farm level*.
WUR. (2020). *Kennisprogramma circulair terreinbeheer*. https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Kennisprogramma-circulair-terreinbeheer.htm