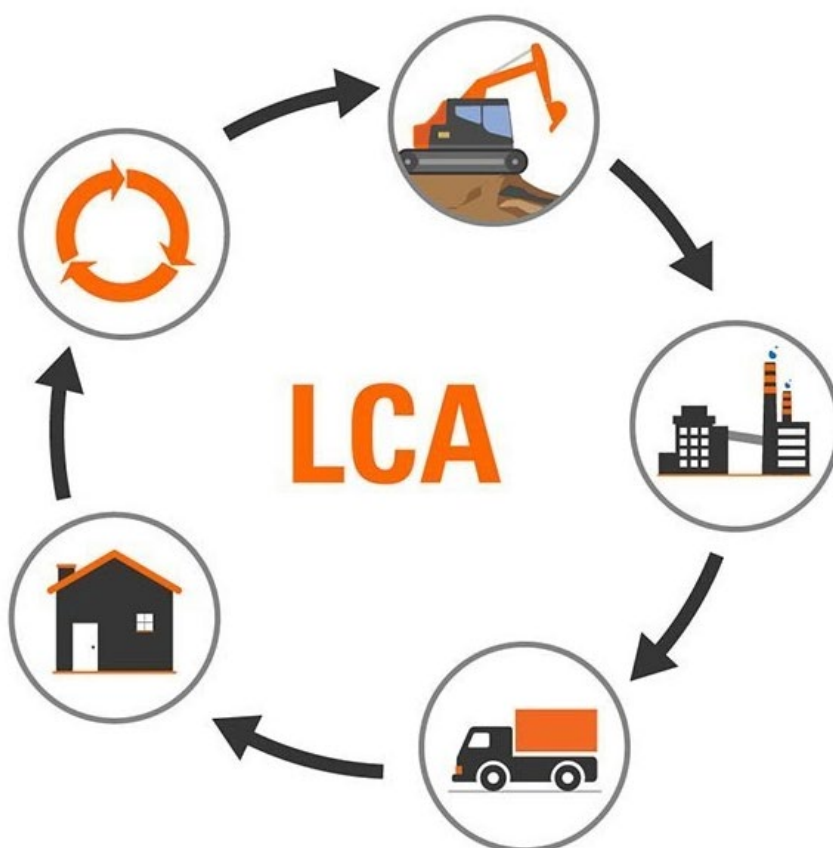




LCA – Verwerken bermmaaisel

Krinkels B.V.

20 september 2024

PROJECT LCA – VERWERKEN BERMMAAISEL

Doel
Opdrachtgever LCA conform de NMD Bepalingsmethode 1.0
Krinkels B.V.

Uitgevoerd door
Mail SGS Search Consultancy
nl.search.LCA@sgs.com

Toetser Niet extern getoetst

Datum
Status 20 september 2024
Concept rapport

Aantal pagina's 23 (ex. Bijlagen)

INHOUD

INHOUD	1
1. ALGEMEEN	2
1.1. Introductie	2
1.2. Bedrijfsgegevens	2
1.3. LCA informatie	2
1.4. Status van het rapport	2
1.5. Calculatie gegevens	2
1.6. Projectteam	2
1.7. Gebruikte afkortingen	2
2. DOEL EN REIKWIJDTE	3
2.1. Doel en doelgroep	3
2.2. Functionele eenheid	3
2.3. Representativiteit	3
2.4. Reikwijdte	3
2.5. Levensduur	3
2.6. Cut-off criteria	4
2.7. Overzicht rapportage	4
2.8. Procesbeschrijving	4
2.9. Stroomdiagram	5
3. LEVENSCYCLUS INVENTARISATIE	6
3.1. Composteren	6
3.2. Vergisten (Biogas)	8
3.3. Bokashi (fermenteren)	10
3.4. Vezel productie (GrassBloxxx)	12
4. IMPACTANALYSE EN RESULTATEN	16
4.1. Koolstofvoetafdruk	16
5. LCA INTERPRETATIE	17
5.1. Compleetheid en consistentie	17
5.2. Gevoeligheidsanalyse	17
6. BRONNENLIJST	18
BIJLAGE A ENERGIEVERBRUIK BIOGASINSTALLATIE	19

1. ALGEMEEN

1.1. Introductie

Dit rapport beschrijft de werkwijze en resultaten van een ketenanalyse. Het rapport is onderverdeeld in de volgende hoofdstukken die corresponderen met de fasen van een LCA¹.

1. Doel en reikwijdte
2. Productbeschrijving en procesboom
3. Levenscyclus Inventarisatie
4. Impact assessment
5. Interpretatie

Het rapport beschrijft een ketenanalyse van vier processen voor het verwerken van bermmaaisel, zoals uitgevoerd in opdracht van Krinkels B.V.

1.2. Bedrijfsgegevens

Opdrachtgever:	Krinkels B.V.
Adres:	Rithsestraat 87, 4813GW Breda
Contact:	Daan.vanSchijndel@krinkels.nl

1.3. LCA informatie

Producten:	Verwerken bermmaaisel
Datum van oplevering:	20-09-2024

1.4. Status van het rapport

Dit rapport is getoetst door een onafhankelijke derde partij.

1.5. Calculatie gegevens

LCA Software	SimaPro 9.5
Karakterisatiemethode	IPCC AR5
LCA database	Ecoinvent versie 3.6 en de Nationale milieu(processen)database 3.9

1.6. Projectteam

Het projectteam voor deze LCA bestaat uit de volgende personen:

Krinkels B.V.	Daan van Schijndel
SGS Search Consultancy	Martijn van Hövell en Max Molhuizen

1.7. Gebruikte afkortingen

EPD	Environmental Product Declaration
NMD	Nationale Milieu Database
LCA	Life Cycle Assessment
MKI	Milieu Kosten Indicator
AVI	Afvalverbrandingsinstallatie
LHV	Lower Heating Value

¹ Onderdeel 2 wordt in de ISO14040/44 niet als los onderdeel genoemd en behoort eigenlijk tot onderdeel 1 en 3, maar is voor de leesbaarheid van het rapport als los onderdeel beschreven.

2. DOEL EN REIKWIJDTE

2.1. Doel en doelgroep

Deze ketenanalyse is opgesteld in opdracht van Krinkels B.V. (hierna vermeld als Krinkels). Het betreft een analyse van vier processen voor het verwerken van bermmaaisel.

Het onderzoek geeft inzicht in de milieu-impact in de keten ten gevolge van de processen, transport en verwerking van het vrijgekomen gras en geeft daarmee inzicht in aangrijpingspunten voor verdere verbetering. Het doel van dit rapport is om de koolstofvoetafdruk van de werkzaamheden te bepalen zodat de resultaten gebruikt kunnen worden voor de CO₂ prestatieladder.

Deze LCA is opgesteld aan de hand van de NMD Bepalingsmethode versie 1.1. inclusief wijzigingsbladen [1]. Dit document beschrijft een standaard werkwijze voor het opstellen van een LCA van een Nederlands bouwproduct, in aanvulling op de EN 15804 [2], ISO 14040 [3], ISO 14044 [4] en ISO14025 [5].

De doelgroep van deze LCA studie betreft:

- Krinkels B.V., om inzicht te verkrijgen in de milieuprestaties van de processen en het inkaart brengen van mogelijk verbeteringen.

2.2. Functionele eenheid

Voor het verwerken van bermmaaisel is de functionele eenheid **1 ton bermmaaisel met een droge stof gehalte van 40%**.

2.3. Representativiteit

Voor het verwerken van het maaisel is, omdat dit niet door Krinkels uitgevoerd wordt, gebruik gemaakt van gegevens uit literatuur en LCA databases zoals Ecoinvent. In toevoeging daarop zijn voor twee processen gegevens aanvulde gegevens gevraagd aan de betreffende bedrijven.

2.4. Reikwijdte

Het betreft een LCA, opgesteld aan de hand van de levenscyclusfases zoals beschreven in de EN 15804. In Tabel 1 is met X aangegeven welke van de levenscyclusfases inbegrepen zijn in deze LCA:

Tabel 1 EN15804 modules

A1	A2	A3	A4	A5	B1-B5	C1	C2	C3	C4	D
-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X

2.5. Levensduur

Levensduur is niet van toepassing, het betreft enkel processen.

2.6. Cut-off criteria

Er zijn geen aanwijzingen dat relevante gegevens buiten beschouwing zijn gelaten. De volgende processen zijn niet opgenomen in deze LCA:

- Aangenomen is dat onderhoud en gebruik van hulpmaterieel/-apparatuur een te verwaarlozen bijdrage hebben aan het totaal (<1%). Om die reden zijn deze processen niet opgenomen in deze LCA met uitzondering van dergelijke processen die opgenomen zijn in de gebruikte Ecoinvent achtergrondprocessen en de overige LCA-data.
- Ook voor kapitaalgoederen en infrastructuur is aangenomen dat deze minder dan 1% bijdrage aan het totaal. Deze processen zijn vandaar niet opgenomen in deze LCA, tenzij dergelijke processen opgenomen zijn in de gebruikte Ecoinvent achtergrondprocessen.

2.7. Overzicht rapportage

Het rapport is in de volgende hoofdstukken onderverdeeld:

- Hoofdstuk 3: Product beschrijving
- Hoofdstuk 4: Levenscyclus Inventarisatie
- Hoofdstuk 5: Impact analyse & resultaten
- Hoofdstuk 6: Levenscyclus Interpretatie

Daarnaast zijn de volgende bijlagen toegevoegd:

- Bijlage A: Energieverbruik Biogasinstallatie

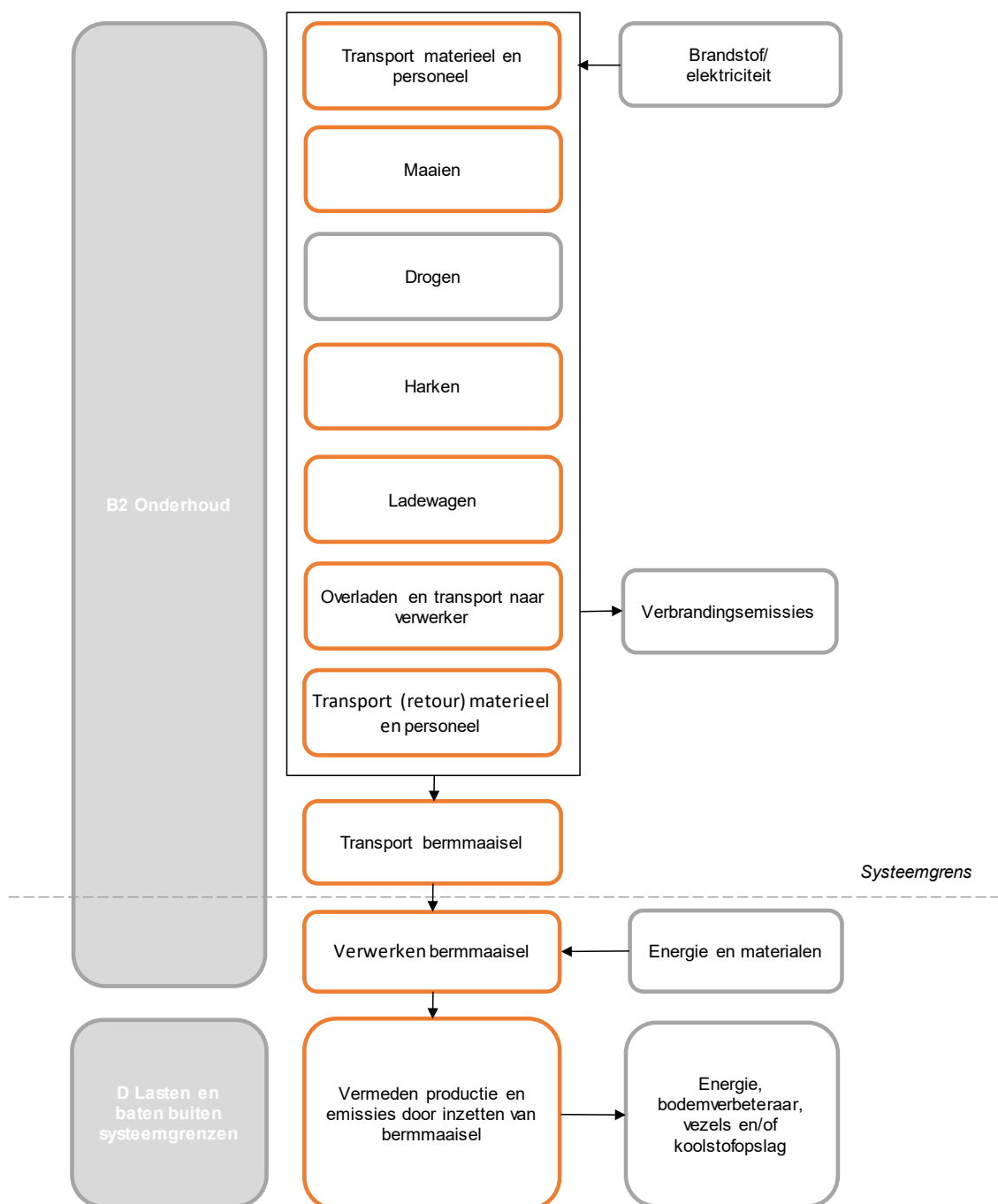
2.8. Procesbeschrijving

Er zijn verschillende manieren om bermmaaisel te verwerken. In deze LCA zijn berekeningen gemaakt voor de volgende processen: composteren, vergisten (biogas), bokashi (fermenteren) en productie van isolatiemateriaal (GrassBloxxx). Het composteren en bokashi zijn gebaseerd op generieke data, het vergisten en de productie van isolatiemateriaal zijn aangevuld met specifieke informatie van de betreffende bedrijven.

Omdat de afstand van projectlocatie naar de bedrijven die het maaisel verwerken kan variëren, dienen de transportprocessen los toegevoegd te worden per ton kilometer.

2.9. Stroomdiagram

Het volgende figuur toont het stroomdiagram van de gehele levenscyclus.



Figuur 1 Procesboom levenscyclus bermonderhoud

3. LEVENSCYCLUS INVENTARISATIE

Dit onderdeel is verdeeld in de vier verwerkingsmethode. Per methode worden de uitgangspunten, bronnen en aannames beschreven. Daarbij is voor alle methodes uitgegaan van maaisel met een droge stof gehalte van 40%. Dit droge stof gehalte kan volgens opgave van Krinkels B.V. variëren van 30-60%, waarbij gemiddeld 40% een veilige inschatting is.

3.1. Composteren

Het proces voor composteren is gebaseerd op een afvalbewerkingsproces uit Ecoinvent. Dit proces beschrijft het composteren van plantaardig afval met een droge stofgehalte van 40%. Tabel 11 laat zien welke processen en hoeveelheden gehanteerd zijn.

Het transport van de project locatie naar verwerk locatie is niet opgenomen in dit proces en dient los berekend te worden.

Tabel 2 Composteren, processen (B2)

Proces	Eenheid	Hoeveelheid	Referentie proces (Ecoinvent 3.5 en NMD 3.2)	Toelichting
Composteren	ton	1	Biowaste {CH} treatment of biowaste, industrial composting Cut-off, U	Één op één verwijzing naar Ecoinvent proces. Proces voor het composteren van plantaardig afval met 40% droge stof.

Het compost dat afkomstig is uit dit proces kan dienen als vervanger van veen in bodemverbeteraars en substraten. Veen wordt echter steeds minder toegepast waardoor compost slechts voor een deel vervanger is van veen. Momenteel wordt nog voor slechts 50% van de substraten veen gebruikt [6]. Er zijn ook toepassingen waar compost helemaal niet als veenvervanger gezien wordt, zoals in akkerbouw, vollegronds tuinbouw en boomteelt. Verder kunnen de nutriënten in compost in bepaalde toepassingen ook als kunstmest vervanger van kunstmest dienen [7].

Om te bepalen in welke toepassingen groencompost veen en kunstmest vervangt zijn de bevindingen uit een studie van BVOR en IVAM gebruikt [7]. Deze studie vermeldt enkel in welke toepassingen compost veen en kunstmest vervangt, maar niet hoeveel groencompost ingezet wordt voor de genoemde toepassingen. Deze informatie is overgenomen uit een BVOR publicatie over de markcijfers voor compost producten in 2019 [8]. De markverdeling die gemaakt wordt in deze publicatie komt overeen met het overzicht uit de eerder genoemde studie van BVOR en IVAM [7]. Tabel 12 beide rapporten gecombineerd en zijn de hoeveelheden veen en kunstmest die vervangen wordt bepaald.

Voor het berekenen van vermeden kunstmestproductie wordt ook de werkwijze uit de studie van BVOR en IVAM [7] gevolgd. Hierin wordt vermeld dat in totaal 60%, 90% en 100% voor respectievelijk stikstof, fosfaat en kalium beschikbaar zal zijn als voedingstof voor planten. Voor toepassing van compost in potgrond wordt echter uitgegaan van 15% stikstof omdat hier met name de opname van stikstof in het eerste jaar van belang is. Hiermee is rekening gehouden door voor de hoeveelheid compost die gebruikt wordt in potgrond 15% stikstof te rekenen en voor de overige toepassingen 60%. Het gewogen gemiddelde is 48%. De hoeveelheid nutriënten (NPK) in bermgras zijn gevonden in een rapport over biogasproductie opgesteld door Alterra [9]. Dit is berekend per ton droge stof op basis van het rekenkundig gemiddelde van voor- en najaar gras: 14,7 kg stikstof (N), 7,0 kg fosfaat (P_2O_5) en 22,2 kg kalium (K_2O).

Tabel 3 Berekening vermeden veen

	Toepassingen groencompost 2019 [8]	Toepassing vermijd veen (- alternatieven) [7]	Totaal vermeden veen ² productie	Toepassing vermijd kunstmest productie [7]	Totaal vermeden kunstmest productie
A Akker/landbouw	50%	0%	0%	50%	25%
B Hoveniers	11%	100%	11%	100%	11%
C Gemeente	9%	50%	4,5%	0%	0%
D Potgrond	16%	100%	16%	100%	16%
E Overige ³	14%	50%	7,5%	50%	7%
Totaal	100%		39%		59%

Bij het inzetten van gras als bodemverbeteraar zal een groot gedeelte van het organisch materiaal binnen 100 jaar afbreken. Deze emissies zijn niet gemodelleerd, koolstof opname van het gras is immers ook niet opgenomen in de berekening. Alleen de koolstof die na 100 jaar nog niet gemineraliseerd is, wordt verrekend. De verwachte hoeveelheid koolstof die na 100 jaar nog in de bodem zal zitten is 10% van de hoeveelheid koolstof die wordt toegepast [7]. In bermmaaisel bestaat voor 0,4461 kg/kg droge stof uit koolstof [10]. Er wordt 339 kg droge stof als compost ingezet per ton maaisel, dit resulteert in 151 kg koolstof. Daarbij staat 1 kg koolstof in plantaardig materiaal gelijk aan het vastleggen van 3,67 kg koolstofdioxide (CO₂). Koolstof opslag wordt berekend voor alle toepassingen van compost [7].

Tabel 4 Composteren, vermeden productie (D)

Proces	Eenheid	Hoeveelheid	Referentie proces (EcoInvent 3.6 en NMD 3.8)	Toelichting
Veen	ton	-0,0661	Peat moss {RoW} peat moss production, horticultural use Cut-off, U (proces heeft 100 kg droge stof als output, dit is eerst terug gerekend naar 1 kg droge stof)	Proces voor één kubieke meter veen met in totaal 100 kg droge stof. 6% koolstof verlies in composteerproces (0,22 CO ₂ emissies * 0,27 kg C/ kg CO ₂ + 0,001 kg CH ₄ = 0,061 ton). Bij 0,4 ton droge stof input, resulteert dit in een output van 0,339 ton droge stof compost. Hiervan dient 39% als veenvervanger (of primaire grondstoffen die veen vervangen). Op basis van [6] is aangenomen dat dit 50% veen is en de rest hout- en kokosvezel (25 en 25% resp.)
Kokosvezel	ton	-0,0331	Coconut husk {GLO} market for coconut husk Cut-off, U	Omdat veen als medium steeds meer vervangen wordt door andere stoffen is hier nog slecht 50% veen vermeden. Daarbij wordt 25% vervangen door kokosvezel en 25% door hout(vezel) [6]
Hout(vezel)	ton	-0,0331	Bark chips, wet, measured as dry mass {RER} debarking, softwood, in forest Cut-off, U	Omdat veen als medium steeds meer vervangen wordt door andere stoffen is hier nog slecht 50% veen vermeden. Daarbij wordt 25% vervangen door kokosvezel en 25% door hout(vezel) [6]
Kunstmest	ton	-0,236	Gecombineerd proces per ton droge stof, bestaande uit 7,06 kg Nitrogen fertiliser, as N {RER} calcium ammonium nitrate production Cut-off, U, 6,3 kg Phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅ {RER} triple superphosphate production Cut-off, U en 22,2 kg	40% droge stof, aangenomen dat nutriënten niet verloren gaan in het composteerproces. 59% vermeden kunstmest productie.

² Of primaire grondstoffen die als veenvervanger ingezet worden

³ Omvat glastuinbouw, GWW, gemengde grond, veehouderij en export, aangenomen is ten minste 50% glastuinbouw en gemengde grond.

Proces	Eenheid	Hoeveelheid	Referentie proces (EcoInvent 3.6 en NMD 3.8)	Toelichting
			Potassium chloride, as K2O {RER} potassium chloride production Cut-off, U	
Koolstof opslag	ton	-0,055	Emissie naar lucht, koolstofdioxide	0,4461 kg C / kg * 339 kg * 3,67 kg CO ₂ / kg C * 10%.

3.2. Vergisten (Biogas)

Het proces voor vergisting gebaseerd op Ecoinvent proces voor anaeroob vergisten. In Ecoinvent is ook een proces dat specifiek is voor het vergisten van gras, dit omvat echter ook opwerken van vezels na vergisting en is daarom niet gebruikt. Het gebruikte proces omvat enkel het vergisten plantaardig materiaal waaronder ook "park waste" vermeld wordt.

Het transport van de project locatie naar verwerk locatie is niet opgenomen in dit proces en dient los berekend te worden.

Tabel 5 Vergisten, processen (B2)

Proces	Eenheid	Hoeveelheid	Referentie proces (EcoInvent 3.6 en NMD 3.8)	Toelichting
Vergisten	ton	1	Biowaste {CH} treatment of biowaste by anaerobic digestion Cut-off, U	Proces voor het composteren van plantaardig afval met 40% droge stof. Het proces is aangepast op het werkelijke energieverbruik van de betreffende vergister. Het proces is zelfvoorzienend voor elektriciteit en warmte. De hoeveelheid energie wordt gebruikt in het proces wordt is vrij van milieulast en wordt in module D niet meegerekend als vermeden energieproductie. Het proces verbruikt 30,3 kW per ton gras (zie ook bijlage A). Ondanks dat een gedeelte van de warmte geëxporteerd wordt naar een nabij gelegen bedrijf, is uitgegaan van de meest veilige scenario waarin alle warmte gebruikt wordt ten behoeve van biogas productie en het opwerken/ drogen van disgestaat. Verder zijn in deze proceskaart de directe emissies voor CO₂ en CH₄ aangepaste. Op basis van een studie over biogas door TNO is 2% verlies van het geproduceerde biogas aangenomen [11]. Het biogas bestaat voor 45 vol% uit CO₂ en 55 vol% uit CH₄ (CO₂ 1,97 kg/m³ * 45vol% + CH₄ 0,66 kg/m³ * 55vol%). Bij een verlies (gemodelleerd als directe emissie) van 2% is dat per ton gras 0,003 kg biogeen CO₂ en 0,0013 kg biogeen CH₄. De overige directe emissies zijn onaangepast gebleven.

De biogas opbrengst uit grasvergisting is gemiddeld 170 m³ biogas per ton gras. De werkelijke opbrengst kan verschillen door de kwaliteit van het gras, waar met name onderscheid gemaakt wordt tussen voor- en najaar gras [9]. Over deze hoeveelheid wordt 2% verlies berekend [11], dit is gemodelleerd als directe emissie. De netto output is daarmee 166,6 m³ biogas/ ton bermmaaisel.

Verbrandingsemissies uit biogas zijn gebaseerd op het Ecoinvent proces voor verbranding van biogas (met 55vol% CH₄ en 45vol% CO₂). De infra- en kapitaalprocessen zijn ook overgenomen uit deze kaart (Electricity, high voltage {NL}| heat and power co-generation, biogas, gas engine | Cut-off, U). In dit proces is de input biogas 0,344 m³ / kWh. Om die reden zijn per m³ biogas de emissies uit deze kaart voor 0,344 kWh gerekend. De input van het biogas is verwijderd uit de kaart.

Het biogas wordt verbrand in een Warmte Kracht Koppeling (WKK). Voor de energiewinning uit verbranding is de bovenste verbrandingswaarde overgenomen uit het Ecoinvent proces voor verbranden van biogas. De bovenste verbrandingswaarde is gebruikt om dat het warmteverlies door

verdamping van water opgenomen is in het rendement van de WKK. Het elektrisch rendement van een WKK met biogas is 38% [12, 13]. Aangenomen is dat de warmte die geproduceerd wordt verloren gaat of gebruikt wordt in het proces. Warmte is onder ander nodig voor het op temperatuurhouden van de vergistings-installatie. Daarnaast wordt warmte gebruik voor het pasteuriseren van het digestaat om pathogenen en onkruidkiemen te inactiveren alsmede voor het indrogen van digestaat. Beide processen zijn nodig zijn voor het toepassen van digestaat als bodemverbeteraar.

Het digestaat dat overblijft na vergisting wordt gescheiden in twee fracties doormiddel van decanteren. De droge fractie wordt verder gedroogd (tot 85% droge stof) en ingezet worden als fosfaat rijke bodemverbeteraar en vervangt daarmee net als compost een gedeelte kunstmest. Beide fracties worden met name toegepast in de akkerbouw, volgens de gegevens zoals opgenomen bij het onderdeel compost, wordt hierbij geen veen uitgespaard.

De vermeden productie van kunstmest is bepaald op basis van de beschrijving bij het onderdeel compost. In overeenstemming met de aannames voor compost wordt hier in 50% van de gevallen kunstmest mee uitgespaard. De correctie voor het toepassen van compost als meststof in potgrond (waarbij alleen de beschikbare direct beschikbare stikstof gerekend wordt) is hier niet meegenomen, aangenomen is dat er 60% stikstof beschikbaar zal zijn als voedingsstof voor planten [7].

Tabel 6 Vergisten, vermeden productie (D)

Proces	Eenheid	Hoeveelheid	Referentie proces (EcolInvent 3.6 en NMD 3.8)	Toelichting
Kunstmest natter fractie	ton	-0,2	Gecombineerd proces per ton droge stof, bestaande uit 8,82 kg Nitrogen fertiliser, as N {RER} calcium ammonium nitrate production Cut-off, U, 6,3 kg Phosphate fertiliser, as P2O5 {RER} triple superphosphate production Cut-off, U en 22,2 kg Potassium chloride, as K2O {RER} potassium chloride production Cut-off, U	40% droge stof, aangenomen dat nutriënten niet verloren gaan in het vergistproces. 50% vermeden kunstmest (stikstof, fosfaat en kalium) productie.
Vermeden energie	MJ	-1347	Electricity, high voltage {NL} heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014 Cut-off, U	Proces voor vermeden energie verbranden biomassa, zoals ook voorgeschreven door de bepalingsmethode. $170 \text{ m}^3 \text{ gas} \cdot 2\% \cdot 21,85 \text{ MJ/m}^3 \cdot 38\% \text{ rendement} = 1456,1 \text{ MJ}$ Systeem verbruikt per ton bermmaaisel 30,3 kW of 109,2 MJ. Totaal $-1456,1 + 109,2 = 1346,9 \text{ MJ}$.

3.3. Bokashi (fermenteren)

Het bokashiproces is gebaseerd op Ecoinvent proces voor compostering. Dit proces is aangepast op het bokashi methode. Bokashi is een anaeroob proces en wordt in tegenstelling tot compost alleen in de eerste dagen van het proces gemixt. Dit is enkel ten behoeve van temperatuurbeheersing en het doormengen van inoculant. Soms wordt bokashi ten onrechte vergeleken met inkuilen, ondanks dat het in beide gevallen fermentatie betreft onderscheiden beide processen zicht weldegelijk op een aantal vlakken, al zijn definities onduidelijk [14].

De emissie van broeikasgassen van het proces zijn minimaal, echter wordt er in sommige gevallen een laatste aerobe stap toegevoegd om het materiaal te stabiliseren. In deze stap is er alsnog sprake van broeikasgasemissies [15, 16]. In andere gevallen zal het materiaal bij toepassing als bodemverbeteraar verder afbreken, waardoor het aannemelijk is dat de totale uitstoot van broeikasgassen vergelijkbaar is met composteren. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het bij de CO₂ emissies om biogeen koolstof gaat en dit niet gekarakteriseerd wordt (opname van koolstof is ook niet toegerekend). Overige emissies van broeikasgassen worden wel gekarakteriseerd.

Verder wordt aan bokashi doorgaans klei, kalk en een inoculant toegevoegd [16]. In onderstaande tabel is weergegeven hoe het bokashi proces gemodelleerd is.

Het transport van de project locatie naar verwerk locatie is niet opgenomen in dit proces en dient los berekend te worden.

Tabel 7 Bokashi, processen (B2)

Proces	Eenheid	Hoeveelheid	Referentie proces (Ecoinvent 3.6 en NMD 3.8)	Toelichting
Bokashi	ton	1	Biowaste {CH} treatment of biowaste by anaerobic digestion Cut-off, U	Proces voor het composteren van plantaardig afval met 40% droge stof. Omdat Bokashi minder vaak gemengd wordt is het diesel verbruik met 80% verlaagd. Ondanks dat er tijdens het fermentatieproces aanzienlijk minder broeikasgassen uitgestoten worden, zal er bij een laatste beluchtingsstap of bij het toepassen van het materiaal als bodemverbeteraar alsnog sprake zijn van broeikasgas emissies, daarom zijn daar geen aanpassingen in gemaakt.
Inoculum	kg	0,00231	¹ / ₆ Urea, as N {GLO} market for Cut-off, U, ¹ / ₆ Phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅ {GLO} market for Cut-off, U, ¹ / ₆ Potassium fertiliser, as K ₂ O {GLO} market for Cut-off, U & ¹ / ₂ Potato starch {GLO} market for Cut-off, U	Toevoeging voor het proces [16]. Proxy voor het inoculum, alleen voedingsstoffen gerekend gebaseerd op aannames.
Water	kg	0,0231	Tap water {Europe without Switzerland} market for Cut-off, U	Toevoeging voor het proces [16]. Om inoculum in op te lossen.
Klei	kg	0,0231	Clay {RoW} market for clay Cut-off, U	Toevoeging voor het proces [16]. Klei.
Kalk	kg	0,0231	Lime {RER} market for lime Cut-off, U	Toevoeging voor het proces [16]. Proxy voor zeeschelpenkalk.

Voor het eindproduct wordt aangenomen dat dit vergelijkbare toepassingen kent als compost. Anderzijds wordt het gebruik van Bokashi compost als bodemverbeteraar afgeraden omdat het onbekend is of onkruidzaden en plantpathogenen het Bokashi proces overleven [14]. Aangenomen is dat de hoeveelheid Effectieve Organische Stof over de gehele keten gelijk is met die van compost en dat er met de zelfde hoeveelheid veen gerekend kan worden. Vermeden productie van kunstmest is ook op basis van de beschrijving bij compost alsmede de 10% koolstof opslag in resterende droge stof na 100 jaar.

Tabel 8 Bokashi, vermeden productie (D)

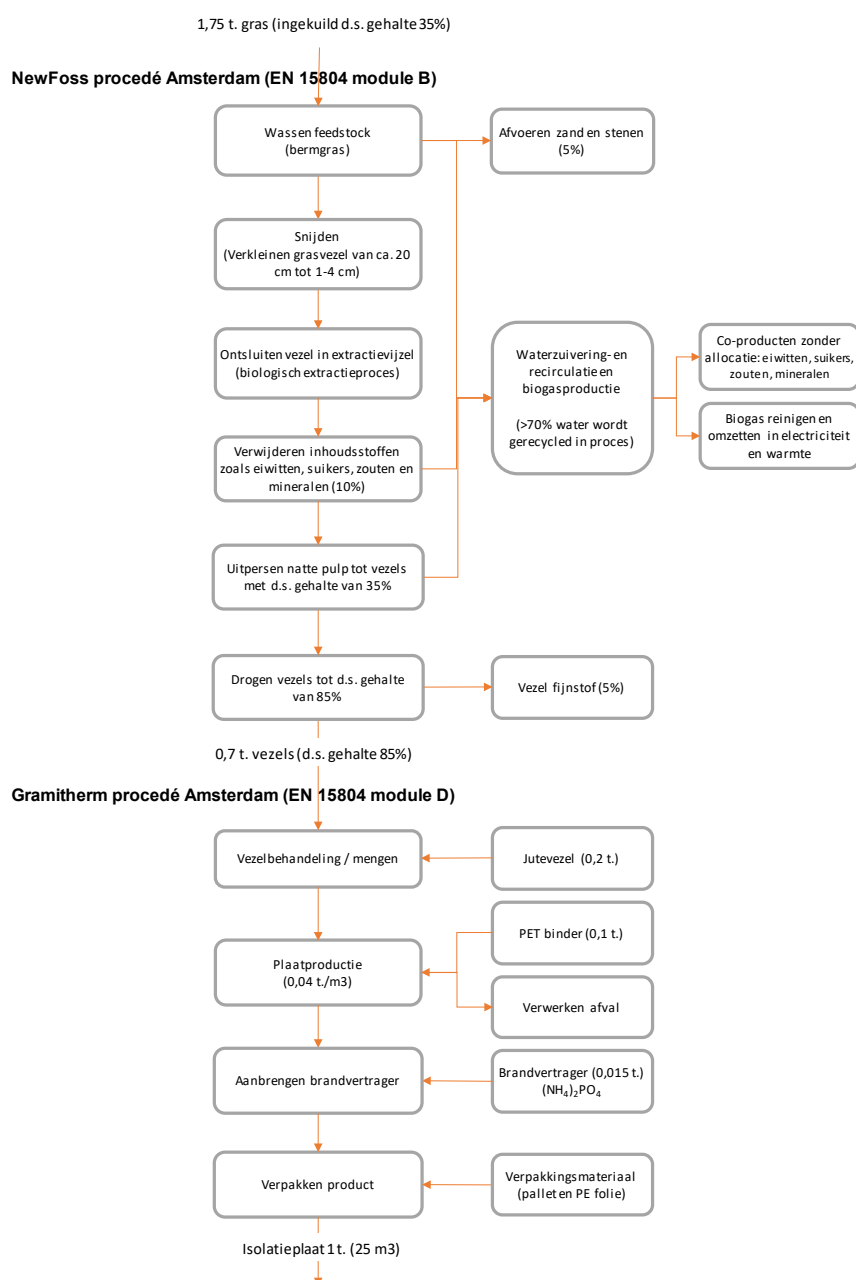
Proces	Eenheid	Hoeveelheid	Referentie proces (EcoInvent 3.5 en NMD 3.2)	Toelichting
Veen	ton	-0,0661	Peat moss {RoW} peat moss production, horticultural use Cut-off, U (proces heeft 100 kg droge stof als output, dit is eerst terug gerekend naar 1 kg droge stof)	Proces voor één kubieke meter veen met in totaal 100 kg droge stof. 6% koolstof verlies in composteerproces (0,22 CO ₂ emissies * 0,27 kg C/ kg CO ₂ + 0,001 kg CH ₄ = 0,061 ton). Bij 0,4 ton droge stof input, resulteert dit in een output van 0,339 ton droge stof compost. Hiervan zal 20% als veenvervanger dienen.
Kokosvezel	ton	-0,0331	Coconut husk {GLO} market for coconut husk Cut-off, U	Omdat veen als medium steeds meer vervangen wordt door andere stoffen is hier nog slecht 50% veen vermeden. Daarbij wordt 25% vervangen door kokosvezel en 25% door hout(vezel)
Hout(vezel)	ton	-0,0331	Bark chips, wet, measured as dry mass {RER} debarking, softwood, in forest Cut-off, U	Omdat veen als medium steeds meer vervangen wordt door andere stoffen is hier nog slecht 50% veen vermeden. Daarbij wordt 25% vervangen door kokosvezel en 25% door hout(vezel)
Kunstmest	ton	-0,236	Gecombineerd proces per ton droge stof, bestaande uit 7,06 kg Nitrogen fertiliser, as N {RER} calcium ammonium nitrate production Cut-off, U, 6,3 kg Phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅ {RER} triple superphosphate production Cut-off, U en 22,2 kg Potassium chloride, as K ₂ O {RER} potassium chloride production Cut-off, U	40% droge stof, aangenomen dat nutriënten niet verloren gaan in het vergistproces. 59% vermeden kunstmest productie.
Koolstof opslag	ton	-0,055	Emissie naar lucht, koolstofdioxide	0,4461 kg C / kg * 339 kg * 3,67 kg CO ₂ / kg C * 10%

3.4. Vezel productie (GrassBloxxx)

Het LCA model voor de productie van isolatiemateriaal uit maaisel is overgenomen uit de 'quick scan' voor GrassBloxxx die SGS in 2019 opstelde. Dit rapport is verkregen via Krinkels. De bewerkingen en bijbehorende referentieprocessen zijn overgenomen uit dit LCA rapport en onderstaande per procesfase beschreven.

Het transport van de project locatie naar verwerk locatie is niet opgenomen in dit proces en dient los berekend te worden.

Alle bewerkingen die nodig zijn voor gras om de einde afvalstatus te bereiken zijn opgenomen in module B. Dit betreft het opwerken van gras tot vezels. De stappen die daarna volgen, om van de grasvezel een bruikbaar product te maken zijn opgenomen in module D. Vervolgens wordt de productie van GrassBloxxx verrekend met een gelijkwaardig materiaal. Figuur 2 laat een schematisch overzicht van de processtappen zien.



Figuur 2 Schematische weergave productie GrassBloxxx

Productie grasvezel (B)

Eerst wordt het bermgras verwerkt tot bruikbare vezel (zoals te zien is in Figuur 2), dit onderdeel is opgenomen in fase B. Onderstaande Tabel 9 laat de processtappen zien met de gebruikte referentieprofielen voor het verwerken van gras tot vezels. Biogasproductie, wat onderdeel is van dit proces, is opgegeven door NewFoss. Dit biogas wordt verbrand in een WKK en de gewonnen elektriciteit en warmte wordt gebruikt voor het verwerken en drogen van grasvezels. Hiermee is het proces zelfvoorzienend. Aangenomen is dat alle warmte of elektriciteit gebruikt wordt ten behoeve van de vezel productie. De hoeveelheid te zuiveren water is ingeschat op 1 m³ per ton GrassBloxxx.

Tabel 9 Processen voor de productie van grasvezel (per ton bermmaaisel) B2

Proces	Eenheid	Hoeveelheid	Referentie proces (Ecoinvent 3.5 en NMD 3.2)
Biogas productie	m ³	47,6	Biogas, from grass {GLO} market for Cut-off, U
Verbranden biogas (tbv. Elektriciteit en warmte voor het proces)	m ³	47,6	Verbrandingsemissies uit biogas zijn gebaseerd op het Ecoinvent proces voor verbranding van biogas (met 55vol% CH ₄ en 45vol% CO ₂). De infra- en kapitaalprocessen zijn ook overgenomen uit deze kaart (0,344 kWh Electricity, high voltage {NL} heat and power co-generation, biogas, gas engine Cut-off, U, input biogas is 0,344 m ³ en verwijderd uit deze kaart).
Water zuiveren	m ³	0,57	Wastewater from grass refinery {GLO} market for Cut-off, U

Het gras en de jute bestaan gedeeltelijk uit (biogeen) koolstof . De presentatie “Gramitherm helps the climate!” geeft aan dat er 2,08 kg CO₂ opgenomen per kg Gramitherm plaat is opgenomen. Volgens de onder de Europese norm EN 15804 liggende normen moet opname en emissie van biogeen CO₂ worden meegerekend in de sub-module waar deze ingrepen plaats vinden. Er wordt echter ook gesteld dat over de hele levenscyclus gezien de balans 0 is.

Verwerking tot product equivalent (D)

Voor de productie van GrassBloxxx zijn naast de vezel uit bermgras ook andere materialen nodig alsmede een aantal bewerkingen. Omdat het gras op dit punt geen afval meer is, zijn de productie van de overige grondstoffen, transport van de grondstoffen en bewerkingen van grasvezel tot GrassBloxxx gedeclareerd in module D.

De grasvezels worden in deze stap vermengd met de jute vezel en tot platen geperst samen met de PET-binder. Deze platen worden bewerkt met een brandvertrager die als nevel aangebracht wordt. De laatste stap in het proces is het verpakken, hiervoor worden de isolatieplaten op pallets gestapeld en omwikkeld met PE-folie.

Er is, op basis van “Specificatie GrassBloxxx isolatiematten”, aangenomen dat 20% van de massa van de plaat bestaat uit jute, 10% uit thermoplastische polyester (PET) en op de geproduceerde platen wordt 1 tot 1,5 % di-ammonium fosfaat (brandvertrager) aangebracht. Onderstaande tabel laat de gebruikte materialen en de gebruikte referentieprofielen uit Ecoinvent en de NMD-processendatabase zien.

Tabel 10 Grondstoffen D (per ton bermmaaisel)

Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Referentieproces (Ecoinvent 3.5 en NMD 3.2)
Ingekuild gras	kg	1	Zoals aangeleverd door Krinkels, geen impact toegekend aan het inkuielen. 1 ton bermmaaisel levert 0,4 ton vezels op met 85% droge stof.
Jute	kg	115	Leeg proces, want vrij van milieulast. De gebruikte jutevezel is een afvalproduct.
Polyethyle terephthalate	kg	100	Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous {RER} production Cut-off, U
Di-ammonium fosfaat	kg	15	Phosphate fertiliser, as P2O5 {RoW} diammonium phosphate production Cut-off, U

Transport afstanden van de PET-binder en de brandvertrager zijn 150 km, dit is op basis van conservatieve inschattingen. De herkomst van de jutevezel kan op dit moment nog niet geverifieerd worden, vermoedelijk zal de jute uit India komen. Gezien de meeste jute in Oost-India geproduceerd wordt is uitgegaan van de afstand van Channai haven (grootste haven in oost India) naar Amsterdam.

Tabel 4 toont de transportafstanden (enkele reis) voor transportprocessen. Als dat transport per vrachtwagen plaatsvindt, dan is er gebruik gemaakt van het volgende NMD profiel: 0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market for | Cut-off, U). De jute wordt, die waarschijnlijk uit India afkomstig is, wordt gedeeltelijk vervoerd per schip. Hiervoor is het NMD 0290-tra&Transport, vrachtschip, zee (o.b.v. Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO}| market for | Cut-off, U) gebruikt.

Tabel 11 Transport D

Product	Gewicht (kg) per ton GrassBloxxx	Transportmiddel	Afstand (km)	Gewicht*afstand (ton*km)
Jutevezel	115	Zeeschip	13592	2720
Jutevezel	100	Vrachtwagen	50	10
PET binder	15	Vrachtwagen	150	15
Brandvertrager	1	Vrachtwagen	150	2,25

*wordt los berekend als stap tussen het maaien en verwerken

In het Gramitherm-proces worden de platen geperst, de in Tabel 12 weergegeven processen zijn hiervoor berekend. Gebruikte data is afkomstig uit het rapport Graswärmedämmung Gramitherm Ökologische Begutachtung und Transferkonzept [17]. Doordat productieafval volledig wordt teruggevoerd in de productie is er netto geen productieafval.

Tabel 12 Processen voor de productie van isolatieplaten (per ton bermmaaisel) D

Proces	Eenheid	Hoeveelheid	Referentieproces (Ecoinvent 3.5 en NMD 3.2)
Warmte (aardgas)	m ³	0,57	0111-pro&Aardgas, gebruik, per m3 (o.b.v. 31,7 MJ Heat, district or industrial, natural gas {GLO} market group for Cut-off, U)
Kapitaalgoederen	p (stuks)	4,76E-07	Wooden board factory, organic bonded boards {RER} construction Cut-off, U

Voor het verpakken is volgens opgaven van Gramitherm per 152 kg een EURO-pallet nodig, (3,8 m3 per pallets en 40 kg/m3 isolatieplaat). Verder worden de isolatieplaten omwikkeld met PE-folie. Hierbij is uitgegaan van 3 lagen folie met een dikte van 20 µm en dichtheid van 94 g/m³. Onderstaande tabel laat de zien welke hoeveelheden en referentieprofielen gebruikt zijn.

Tabel 13 Processen voor het verpakken van isolatieplaten (per ton bermmaaisel) D

Proces	Eenheid	Hoeveelheid	Referentieproces (Ecoinvent 3.5 en NMD 3.2)
Pallets (Euro)	stuks	3,76	EUR-flat pallet {GLO} market for Cut-off, U
PE-folie	kg	0,75	Packaging film, low density polyethylene {GLO} market for Cut-off, U

Vermeden product (D)

Als vermeden product wordt vlaswol aangenomen, omdat dit de laagste MKI waarde heeft (na correctie voor R waarde) en daarmee een worst-case inschatting. Voor de hoeveelheid vermeden vlaswol is ook uitgegaan van de R-waarde per kg product. GrassBloxxx heeft een R waarde van 625 per kg en vlaswol heeft een R waarde 978 per kg. Op basis hiervan is aangenomen dat 1 kg GrassBloxxx 0,639 kg vlaswol kan vervangen. Van 1 ton bermmaaisel kan 0,57 ton GrassBloxxx gemaakt worden.

Tabel 14 Vergelijking isolatiematerialen op basis van R waarde

Product	R waarde per 0,1 m	kg per 0,1 m ³	R waarde per kg	MKI per kg	MKI per R
GrassBloxxx	2,5	4	0,625	0,122	0,19
Vlaswol ⁴	2,7	2,8	0,978	0,175	0,20
Steenwol	2,4	3,5	0,680	0,197	0,29
Glaswol	2,1	3,5	0,602	0,328	0,55
EPS	2,7	2,5	1,096	0,348	0,32

Vermeden producten en bijbehorende referentieprocessen zijn opgenomen in Tabel 15 Gezien de toepassing van GrassBloxxx (in gebouwen) is een levensduur van 75 jaar aangenomen en wordt er geen koolstofopslag toegerekend.

Tabel 15 GrassBloxxx, vermeden productie (D)

Proces	Eenheid	Hoeveelheid	Referentieproces (Ecoinvent 3.5 en NMD 3.2)	Toelichting
Vlaswol	ton	-0,35	0022-fab&Vlas	Vermeden productie van vlaswol omdat dit materiaal de laagste MKI per R waarde heeft en het meeste vergelijkbare materiaal is. Verder is er 1,75 ton maaisel nodig voor 1 ton GrassBloxxx. Geen RER productieproces beschikbaar, daarom CH (welke lager scoort dan RoW, dus worst-case in dit geval).

⁴ Op basis van **Invalid source specified**. is de thermische conductiviteit van vlas isolatie tussen de 0,035 en 0,040 W/m·K, Een van de fabrikanten van vlas isolatiemateriaal vermeld waardes van 0,035 tot 0,038 W/m·K. Het gemiddelde van de tweede bron is gebruikt als uitgangspunt, 0,0365 is aangehouden in de berekening. De dichtheid is 28 kg/m³ **Invalid source specified**., de fabrikant vermeld geen informatie over dichtheid op haar website.

4. IMPACTANALYSE EN RESULTATEN

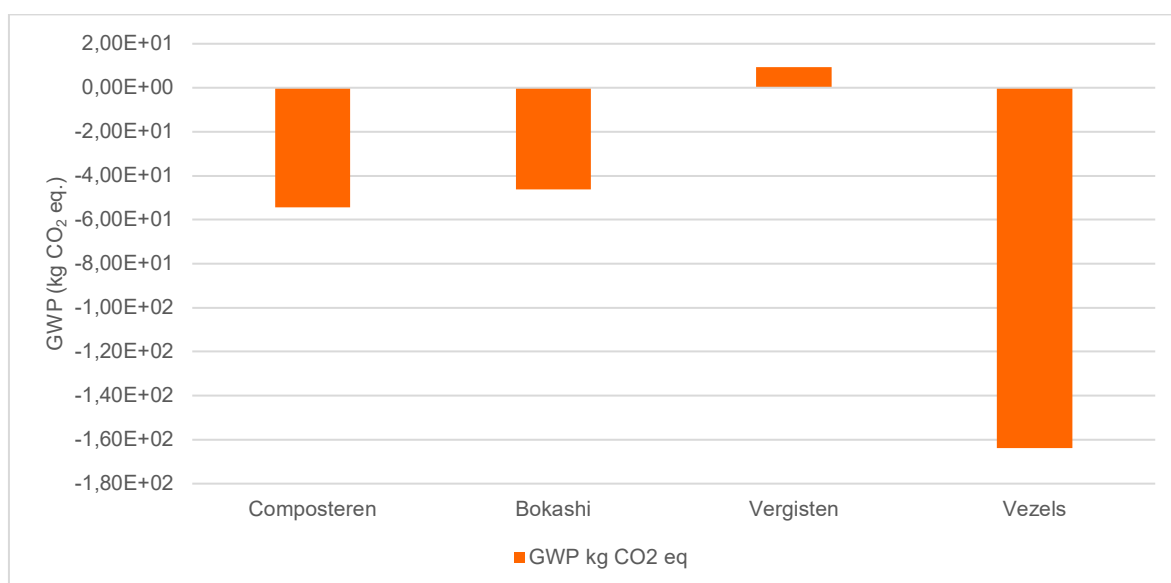
Dit hoofdstuk toont de resultaten per methode, gekarakteriseerd met de IPCC AR5 (GWP 100) factoren. Er is een recentere versie van de IPCC factoren, omdat nog niet alle achtergrond data beschikbaar was op basis van deze methode is omwille van consistentie overal de AR5 versie gebruikt. Tijdelijke koolstof opslag in biobased materialen is niet opgenomen in de berekeningen.

4.1. Koolstofvoetafdruk

In Tabel 26 en Figuur 4 zijn de resultaten weergegeven van het verwerken van maaisel (inclusief vermeden productie).

Tabel 16 Resultaten, koolstof voetafdruk per verwerkoctie per ton gras (zonder transport, zonder maaiwerkzaamheden)

Impactcategorie	Eenheid	Composteren	Bokashi	Vergisten	Vezelproductie
Global Warming Potential	kg CO ₂ eq	-5,43E+01	-4,63E+01	9,43E+00	-1,64E+02



Figuur 3 Resultaten, koolstofvoetafdruk per dag bermonderhoud (inclusief verwerking van maaisel)

5. LCA INTERPRETATIE

5.1. Compleetheid en consistentie

Er zijn geen vermoedens van het ontbreken van relevante inputs of outputs. De representativiteit van de data is toegelicht in onderdeel 2.3.

5.2. Gevoeligheidsanalyse

Tabel 32 laat de resultaten zien van de gevoeligheidsanalyse zien. In deze analyse wordt de invloed van onzekerheden per onderdeel gecontroleerd. Ten eerste wordt bepaald of er onzekerheden zijn, wanneer dit het geval is wordt de invloed hiervan beoordeeld. In de tabel wordt per onderdeel beschreven of er een analyse nodig is en wanneer dit het geval is, hoe de analyse is uitgevoerd en wat de resultaten zijn. Voor de gevoeligheidsanalyse zijn alleen berekeningen gemaakt op basis van het bermonderhoud en zijn de verwerkingsmethodes buiten beschouwing gelaten.

Tabel 17 Gevoeligheidsanalyse

Onderwerp	Omschrijving
Spreiding bij groepsgemiddelden	Gegevens zijn afkomstig van één bedrijf. Geen gevoeligheidsanalyse nodig.
Geografische spreiding	Werkzaamheden worden enkel uitgevoerd in Nederland, waar mogelijk is referentiedata specifiek voor Nederland gebruik. Wanneer er geen data voor Nederland beschikbaar is, zijn Europese of Wereld gemiddelde gebruikt. Naar alle waarschijnlijkheid zal geografische spreiding zeer weinig invloed hebben op de resultaten. Daarom is hier geen gevoeligheidsanalyse gedaan.
Technologische spreiding	Geen gevoeligheidsanalyse nodig.
Spreiding in samenstelling	Geen gevoeligheidsanalyse nodig.
Afvalverwerking scenario's	Geen gevoeligheidsanalyse nodig.
Invloed van allocatie	Geen gevoeligheidsanalyse nodig.

6. BRONNENLIJST

- [1] NMD Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.0, NMD juli 2020..
- [2] NEN-EN 15804 Duurzaamheid van bouwwerken - Milieuverklaringen van producten - Basisregels voor de productgroep bouwproducten.
- [3] ISO, 2006. "Environmental management. Life cycle assessment - Principles and framework". ISO 14040:2006.
- [4] ISO, 2006. "Environmental management. Life cycle assessment – Requirements and Guidelines". ISO 14044:2006.
- [5] ISO 2000, ISO/TR 14025, "Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations",..
- [6] Horticultural Trades Association (2022). Growing Media Monitor Report. Trends in the Composition of UK Growing Media Supplies 2011 to 2022.
- [7] BVOR & IVAM (2013) CO₂-effecten van het opwerken van groenafval, Achtergrond document bij de BVOR CO₂-rekentool, gevonden via <https://bvor.nl/wp-content/uploads/Achtergronddocument-CO2rekentool-groenafval-V1.1.pdf>.
- [8] BVOR (juni 2020) Marktcijfers grondstoffen uit organische reststromen in 2019, gevonden via: <https://bvor.nl/download/marktcijfers-grondstoffen-uit-organische-reststromen-in-2019/>.
- [9] Zwart, K. B., & de Boer, D. (2015). Droge vergisting van berm-en natuurgas (No. 2661). Alterra, Wageningen-UR.
- [10] Faaij, A., Van Ree, R., Waldheim, L., Olsson, E., Oudhuis, A., Van Wijk, A., ... & Turkenburg, W. (1997). Gasification of biomass wastes and residues for electricity production. Biomass and Bioenergy, 12(6), 387-407. Via Phyllis2 database.
- [11] Kroon, P., Bleuhaus, S., Hensema, A., Mesman, P., Bos, B., & Kadijk, G. (2011). Well-to-tank broeikasgas emissies van aardgas, biogas en diesel in Nederland-analyse van 2010 en project naar de toekomst.
- [12] EMIS VITO (geen datum) Warmte-kracht-koppeling (WKK), gevonden via <https://emis.vito.be/nl/node/23815>.
- [13] ClarkeEnergy (geen datum) CHP efficiency for biogas, gevonden via <https://www.clarke-energy.com/2013/chp-cogen-efficiency-biogas/>.
- [14] BVOR (februari 2020) De bokashi-hype ontrafeld, gevonden via <https://bvor.nl/bokashi-de-hype-ontrafeld/>.
- [15] Quiroz, M., & Céspedes, C. (2019). Bokashi as an Amendment and Source of Nitrogen in Sustainable Agricultural Systems: a Review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 19(1), 237-248.
- [16] Bosch, M., Hitman, A., & Hoekstra, J. F. (2015) Fermentation (Bokashi) versus Composting of Organic Waste Materials: Consequences for Nutrient Losses and CO₂-footprint..
- [17] De Giacomo C. (2015) Graswärmedämmung Gramitherm Ökologische Begutachtung und Transferkonzept, Zürcher.
- [18] Spijker, J. H., Bakker, R. R. C., Ehlert, P. A. I., Elbersen, H. W., de Jong, J. J., & Zwart, K. B. (2013). Toepassingsmogelijkheden voor natuur-en bermmaaisel: stand van zaken en voorstel voor een onderzoeksagenda (No. 2418). Alterra, Wageningen-UR.
- [19] F. Ligthart (1996) Bedagglomeratie en asafzetting tijdens wervelbedvergassing en -verbranding van biomassa. Rapportage van een literatuurstudie naar de achtergronden (confidential, in Dutch), Petten, ECN, 44 p, via phyllis2 database.

BIJLAGE A ENERGIEVERBRUIK BIOGASINSTALLATIE

LCA-analyse		100 ton grasverwerking A7 en vergisting in Holwerd, Gjaalt de Haan				
	40 % drogestof					
	9,4 kg fosfaat per ton droge stof gras					
VERGISTING (25% gras)		kWh	min/250kg voeding	min/ton gras	kW/ton gras	Aantekeningen
Vaste Stof Invoer	dwarsvijzel 1	4,00	2,5	10	0,66666667	Toegerekend naar aandeel gras in vergisting
	dwarsvijzel 2	2,20	1	4	0,14666667	
	stijgvijzel	9,20	2,5	10	1,53333333	170 m3 gas per ton ingekuild gras
	topvijzel	2,20	2,5	10	0,36666667	suiker naar melkzuur, verzuring
	hydromotor	7,50	4	16		2 eerste ontsluiting gas komt beter beschikbaar
				totaal	4,71333333	
		kWh	min/uur	min/ton gras	kW/ton gras	
Roerwerken V1	biobull 1	22,00	30	7,5	2,75	
	biobull 1	22,00	30	7,5	2,75	
Roerwerken V2	flyght 1	12,00	30	7,5	1,5	
	flyght 2	12,00	30	7,5	1,5	
				totaal	8,5	
DIGESTAATSCHIEDING (25% gras)		kWh	uur/40m3 (28% ds)		kW/ton gras	
	toevoerpomp börger	6,20	3		0,372	massabalans: 20% vast, 80% dun, gras 100% in vaste fractie
	wedo snijmolen	4,00	3		0,24	dus: 40m3 gescheiden = 200 ton digestaat = 50 ton gras
	toevoerpomp decanter	4,00	8		0,64	
	afvoerpomp decanter	4,00	3		0,24	haalt fosfaat eruit
	decanter	18,50	8		2,96	
				totaal	4,452	
DROGEN (van 28% ds naar 85% ds)		kWh	uur/15 ton gedroogd digestaat		kW/ton gras	
	invoerband	0,55	6		0,066	kg fosfaat per ton gescheiden digestaat:
	motoren droogband	0,75	6		0,09	125,33 kg/ton digistaat
	ventilatoren	2,2	100		4,4	vervanging fosfaat winning
	warmtepomp	2,2	150		6,6	rest warmte om te drogen.
	verdeelschroef	0,75	6		0,09	
	woelers	0,75	6		0,09	haalt organische stof en mineralen euit
	blazer container	7,5	8		1,2	
	afvoerschroef	0,75	8		0,12	
				totaal	12,656	
				totaal kwh/ton gras		30,3
				Totaal MJ/ton gras		109,2

www.sgssearch.com

ABOUT SGS

SGS is the world's leading inspection, verification, testing and certification company and is recognized as the global benchmark for quality and integrity. With more than 85.000 employees, SGS operates a network of over 1.200 offices and laboratories around the world.

SGS Search Consultancy is een onderdeel van SGS Search Ingenieursbureau B.V.

WHEN YOU NEED TO BE SURE