

Levenscyclusanalyse groencompost



bioKennis →

Levenscyclusanalyse groencompost

Grootschalig en zelf composteren

Ir. P.H.M. Dekker, ing. M. van Zeeland en ing. J.G.M. Paauw

© 2010 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

In Nederland vindt het meeste onderzoek voor biologische landbouw en voeding plaats in de, voornamelijk door het ministerie van LNV gefinancierde, cluster Biologische Landbouw. Aansturing hiervan gebeurt door Bioconnect, het innovatienetwerk voor biologische agroketens (www.bioconnect.nl). Hoofduitvoerders van het onderzoek zijn de instituten van Wageningen UR en het Louis Bolk Instituut. Dit rapport is binnen deze context tot stand gekomen. De resultaten van de verschillende kennisprojecten vindt u op de website www.biokennis.nl. Voor vragen en/of opmerkingen over dit onderzoek aan biologische landbouw en voeding kunt u mailen naar: info@biokennis.nl. Heeft u suggesties voor onderzoek dan kunt u ook terecht bij de loketten van Bioconnect op www.bioconnect.nl of een mail naar info@bioconnect.nl.

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van het LNV-programma Beleidsondersteunend Onderzoek cluster Biologische Landbouw, Thema Energie en broeikasgassen (BO-04-008).



Ministerie van Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

PPO-projectnummer: 3250109709

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

Businessunit Akkerbouw, Groente Ruimte en Vollegrondsgroente

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 291111
Fax : 0320 - 230479
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING	4
1 INLEIDING	5
2 COMPOSTEREN OP HET AGRARISCH BEDRIJF	6
2.1 Algemeen.....	6
2.2 Composteerproces.....	6
2.3 Onderzoek en demo's	8
2.4 Emissies broeikasgassen in Fase 1	11
2.5 Energieverbruik in Fase 1	11
2.6 CO ₂ -equivalenten in Fase 1	13
2.7 Energieverbruik, gasvormige emissies op de akker (Fase 2)	14
3 REGIONAAL COMPOSTEREN.....	15
3.1 Algemeen.....	15
3.2 Emissies broeikasgassen	21
3.3 Energieverbruik	22
3.4 Energieverbruik en gasvormige emissies op de akker (Fase 2).....	23
4 CONCLUSIES	24
5 LITERATUUR.....	25
BIJLAGE 1. ZELF COMPOSTEREN	26
1. PPO-Vredepeel.....	26
2. Demo Telen met toekomst.....	26

Samenvatting

Door PPO-AGV is in 2009 een studie uitgevoerd om in een levenscyclusanalyse (LCA) de bereiding van groencompost op het agrarisch bedrijf te vergelijken met de bereiding van groencompost op regioschaal door gespecialiseerde composteerbedrijven. Bereiding van groencompost op het agrarisch bedrijf heeft het voordeel dat flink bespaard kan worden op energieverbruik en vrachtvervoer op de weg. Daar staat tegenover dat gespecialiseerde groencomposteerders gebruik kunnen maken van schaalgroottesvoordelen, betere sturing kunnen geven aan gewenste composteercondities en dat zij gebruik kunnen maken van groenafval van natuurgebieden.

De studie bouwt voort op de studie die in 2008 is uitgevoerd, waarbij o.a. een LCA voor GFT-compost is opgesteld. Voor zover dat mogelijk is, zijn de kengetallen voor de bereiding van groencompost vergeleken met die van GFT-compost.

De volgende conclusies zijn getrokken:

- Het is niet mogelijk om via een LCA-studie het zelf composteren op het agrarisch bedrijf op een verantwoorde manier te vergelijken met composteren op regioschaal door composteerbedrijven.
- De kengetallen voor het energieverbruik en de emissies van broeikasgassen ontbreken of zijn slechts gedeeltelijk op basis van praktijkinformatie dan wel buitenlandse literatuur in te vullen.
- Uit oogpunt van beperking van energieverbruik en beperking van transport op de weg gaat een duidelijke voorkeur uit naar het zelf composteren van groenafval op het agrarisch bedrijf.
- Het is echter niet bekend of het niveau van emissies van broeikasgassen bij composteren op het agrarisch bedrijf verschilt van dat bij regionaal composteren op composteerbedrijven.
- Bij bereiding van groencompost op regioschaal kan van schaalgroottesvoordelen geprofiteerd worden en heeft men meer mogelijkheden om sturing te geven aan de gewenste condities voor een optimaal composteerproces.
- De samenstelling van groencompost is sterk afhankelijk van het groenafval dat als grondstof voor de compostering is gebruikt. De variatie in samenstelling van de groencompost is erg groot. Dit geldt zowel bij bereiding van groencompost op het agrarisch bedrijf als bij regionale bereiding van groencompost. Het is niet mogelijk om een betrouwbaar verschil aan te geven in de samenstelling van GFT-compost, zelfgemaakte groencompost en regionaal gemaakte groencompost.
- Verondersteld mag worden dat de toegepaste dosering op de akker van beide wijzen van groencompostbereiding gemiddeld genomen overeenkomt met de toegepaste dosering van GFT-compost en dat ook de aanvullende bemesting overeenkomt met die bij toepassing van GFT-compost.
- Een beoordeling van groencompost kan beperkt blijven tot de productiefase van de groencompost tot aan het moment dat de groencompost op het veld wordt toegediend. Vervolgonderzoek is nodig om kengetallen te verzamelen betreffende het energieverbruik en de emissies van broeikasgassen bij zowel composteren van groenafval op het agrarisch bedrijf als op regionale composteerbedrijven.

1 Inleiding

Dit project is een vervolg op de LCA-studie (levenscyclusanalyse) die door PPO-AGV in 2008 is uitgevoerd (Dekker, 2009) en richt zich nu met name op de productie en het gebruik van groencompost. In de studie van 2008 zijn meerdere organische en anorganische meststoffen beoordeeld, waaronder GFT-compost. Het doel van de studie was toen om inzicht te krijgen in de duurzaamheid van de productiewijze van een aantal sterk uiteenlopende meststoffen en bemestingsstrategieën. Dit was nodig om voor de biologische en de gangbare landbouw een betere afweging te kunnen maken in de toepassing van deze meststoffen. Daarbij is het belangrijk een juiste balans te vinden tussen milieueffecten (broeikasgasemissies, energieverbruik etc.) en agronomische effecten (bemestende waarde, bodemvruchtbaarheid op korte en langere termijn, opbrengst en kwaliteit van de geoogste producten etc.). In de studie van 2008 was daarbij tevens een onderscheid gemaakt in de fase van meststofbereiding en de fase van toepassing op de akker.

Groencompost was in de LCA-studie van 2008 niet opgenomen. Juist in de biologische landbouw is er veel belangstelling voor het gebruik van groencompost. Bij de productiewijze van groencompost gaat het om twee productiemethoden; het zelf composteren op het agrarisch bedrijf en het composteren op grootschalige composteerbedrijven. De grootschalige productie van groencompost wordt uitgevoerd door composteerders die voor het composteren van 'afval van natuurterreinen' een vergunning hebben. Bij grootschalige productie van groencompost kunnen schaalvoordelen behaald worden en bij composteren op het eigen bedrijf kan een milieu- en energievoordeel worden gehaald uit de sterke beperking in transport van groenafval en van groencompost.

Getracht is om voor de grootschalige productie van groencompost en de productie van groencompost op het eigen bedrijf dezelfde milieuaspecten en dezelfde agronomische aspecten te beoordelen als in de LCA-studie van 2008. De aspecten die in de studie van 2008 zijn beoordeeld, zijn weergegeven in Tabel 1.1. Er is hierbij een onderscheid gemaakt in twee fasen. Fase 1 is de productiefase van de meststof/compost en deze fase eindigt met het transport van de meststof/compost tot de akker. Fase 2 richt zich op landbouwkundige fase als de meststof/compost en begint bij het uitrijden van de meststof/compost op de akker. In Fase 2 is dan ook nog een onderscheid gemaakt naar toepassing van de meststof/compost in een gangbaar en in een biologisch bedrijfssysteem.

Tabel 1.1. Milieu- en agronomische aspecten die meegenomen zijn in de LCA-analyse van 2008.

	Productie proces Fase 1	Toepassing op de akker Fase 2
Gebruik van fossiele energie (elektriciteit, diesel)	X	X
Uitstoot broeikasgassen	X	X
Aantal kilometers vrachtvervoer	X	
Uitputting van abiotische grondstoffen		X
Ammoniakemissie (NH ₃)	X	X
Uitspoeling van nitraat (NO ₃)		X
Vastlegging CO ₂ in de bodem		X
Bodemvruchtbaarheid op korte en langere termijn		X
Hoeveelheid zware metalen		X
Geur	X	X

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt de compostbereiding op het eigen bedrijf besproken en in hoofdstuk 3 de grootschalige bereiding van groencompost op composteerbedrijven. In hoofdstuk 4 worden de conclusies verwoord.

2 Composteren op het agrarisch bedrijf

2.1 Algemeen

Onder zelf composteren wordt verstaan het composteren van groenafval dat ontstaat op het eigen agrarische bedrijf. Te denken valt aan loof van gewassen, afval van bloembollen, maaisel, snoeiafval van bomen of windsingels. Daarbij kan dierlijke mest, maaisel uit natuurterreinen, bermmaaisel, gras of stro worden toegevoegd. Dit levert talrijke combinatiemogelijkheden op.

Het composteren van maaisel uit natuurgebieden is toegestaan buiten een 'inrichting', dus bijvoorbeeld op de rand van een akker, mits het totale volume niet meer bedraagt dan 600 m³. De compostering op het eigen bedrijf moet worden uitgevoerd overeenkomstig de 'Handreiking composteringsplaats voor bedrijven met bloembollenteelt'. Voor gebruik van product uit natuurterrein geldt een maximale transportafstand van 1 km. Bij grotere afstand is voor gebruik van 'afval uit natuurterreinen' een vergunning nodig.

Als een composthoop langer dan twee weken en korter dan negen maanden op dezelfde plaats heeft gelegen, mag deze plaats na het verwijderen van de compost gedurende twee jaar en drie maanden niet als composteringsplaats worden gebruikt. Een compostplaats moet meer dan 5 meter van een sloot liggen en meer dan 50 meter van de eigen woning of van woningen van derden. De composthoop moet ook minimaal 100 meter van andere 'gevoelige' objecten liggen (scholen, ziekenhuizen, etc.). Tussen 1 november en 1 maart moet de composthoop worden afgedekt met een compostdoek om het risico van uitspoeling van nutriënten te beperken.

2.2 Composteerproces

In het composteerproces kunnen drie fases worden onderscheiden: een broeifase, afkoelingsfasen en rijpingsfase. Deze fases onderscheiden zich in met name de temperatuur en de samenstelling van soorten organismen die voor het composteren zorgen. In elk van de fasen spelen andere biologische processen.

2.2.1 Broeifase

In de beginfase, ook broeifase of thermofiele fase genoemd, zorgen bacteriën en schimmels (actinomyceten) voor een intensieve afbraak van gemakkelijk afbreekbare, enkelvoudige organische stoffen. Door de afbraak van het materiaal wordt zuurstof verbruikt en komt CO₂, water en warmte vrij. De temperatuur in de composthoop loopt op en zorgt ervoor dat het proces versnelt. De maximale processnelheid treedt op bij 55°C (Akkerman, 2000, referentie Van Ginkel 1999). Wanneer er niet wordt ingegrepen kan de temperatuur oplopen tot 75-80°C. Te hoge temperatuur is ongewenst. Bij temperaturen boven de 70°C sterven de micro-organismen en dit kan tot een ongewenste vervluchtigen van ammoniak leiden. Om de compost ziektevrij te maken, moet het gedurende 3 dagen met minstens 40 % vocht op 65°C worden gehouden (Akkerman, 2000 referentie Amlinger, 1993, Duits voorschrift).

2.2.2 Afkoelingsfase

Naarmate het composteerproces vordert, worden de moeilijkere afbreekbare stoffen afgebroken. Hierdoor zal de processnelheid en de temperatuur gaan dalen. Onder de 50°C kunnen zich schimmels ontwikkelen die cellulose afbreken. De optimale temperatuur voor celluloseafbraak ligt tussen de 30 en 50°C (Akkerman, 2000, referentie Amlinger, 1993).

2.2.3 Rijpingsfase.

In deze fase vestigen nematoden, mijten, springstaarten en mestwormen zich in de composthoop. Deze organismen leven van bacteriën, schimmels en van plantaardig materiaal. In hun darmkanaal worden uit onverteerbare organische verbindingen complexe humusachtige verbindingen opgebouwd (humificatie). De optimale temperatuur voor humificatie ligt rond de 27°C. Boven de 45°C is de humusproductie nihil. Doordat er bij 27°C ook humus wordt afgebroken, ligt de maximale humusaccumulatie niet bij 27°C, maar rond de 15°C (Akkerman, 2000, referenties Holwerda en Van der Werff, 1994).

2.2.4 Nutriëntenverliezen

Tijdens het composteerproces gaan nutriënten verloren. Het nutriëntenverlies is allereerst afhankelijk van de

samenstelling van het uitgangsmateriaal, maar ook van de wijze van composteren. Belangrijk daarbij is de C/N-verhouding van het uitgangsmateriaal. Een C/N-verhouding van 20 tot 35 wordt als optimaal beschouwd. Bij een lagere C/N verhouding (stikstofrijk materiaal) wordt de kans op verlies van stikstof groter. Belangrijk punt is dat bij de bepaling van de C/N-verhouding van het uitgangsmateriaal alleen gekeken moet worden naar de organische verbindingen die hydrolyseerbaar zijn door micro-organismen. Het is dan ook aan te raden de gewasresten eerst chemisch te laten analyseren. Tevens is de activiteit van de gewenste micro-organismen van belang. De activiteit wordt o.a. beïnvloed door de temperatuur, het zuurstofgehalte, de zuurgraad en het vochtgehalte in de composthoop.

Tijdens het composteringsproces verdwijnt 30-40% van de droge stof en 30-50% van het water. Met name stikstof ontsnapt snel, vooral in de vorm van ammoniak. Tabel 2.1 geeft aan in welke vormen en hoeveelheden er nutriënten verloren kunnen gaan. De bronnen die geraadpleegd zijn voor deze tabel maken gebruik van composteren in de open lucht met verschillend uitgangsmateriaal (plantaardig en dierlijk). In vergelijking met andere nutriënten gaat er vooral stikstof verloren. Het totale N-verlies kan wel behoorlijk variëren. Het is van vele factoren afhankelijk. Meestal ligt het tussen de 10 en 30 % (Akkerman, 2000, referentie Blokhorst, 1999). De stikstof- en kaliverliezen kunnen beperkt worden door de composthoop goed af te dekken; in de broeifase met stro en daarna met waterdicht materiaal (Akkerman, 2000, referentie Gotschall, geen datum). Het afdekken van de composthoop is in de winterperiode verplicht.

Tabel 2.1 Nutriëntenverlies bij composteren (*verslag Mirjam Akkerman*).

nutriënt	Via lucht	Via percolaatwater	Totaal verlies
C	CO ₂ , CH ₄		40-65 %
N	NH ₃ , N ₂ , N ₂ O, NO ₂ , NO	NH ₄ , NO ₃ , NO ₂	5-40%
K		K ₂ O	5-55%
P		P ₂ O ₅	1-10%
S	H ₂ S		
Ca		CaO	0,5-2,5%
Mg		MgO	0,5-2,5%

Nutriëntenverliezen via de lucht

Stikstof gaat vooral in de broeifase als ammoniak (NH₃) verloren en in mindere mate tijdens de rijpingsfase in de vorm van stikstofoxiden (NO) en stikstofgas (N₂). De laatste twee gassen ontstaan alleen onder zuurstofarme omstandigheden en bij aanwezigheid van NO₃ of te wel nitrificatie gevolgd door denitrificatie. Nitrificerende bacteriën worden bij temperaturen onder de 38°C actief. De optimale temperatuur voor nitrificatie is 37°C. Vervolgens kan onder zuurstofarme omstandigheden en bij een temperatuur van 25°C denitrificatie optreden. Dit gaat gepaard met stijging van de pH (zuurgraad). Sommige auteurs adviseren de compost tijdens de rijpingsfase uit te rijden, zodat het laatste deel van de rijping in de bodem plaatsvindt.

Methaan (CH₄) ontstaat alleen wanneer geen zuurstof of geen nitraat aanwezig is.

Zwavel (S) komt in eiwitten voor en is ook van belang voor micro-organismen. Vooral onder anaerobe omstandigheden kan H₂S ontsnappen. Dit kan vooral gebeuren bij het composteren van zwavelrijk materiaal zoals uien, prei en knoflook (Akkerman, 2000, referentie Van Ginkel, 1999).

Nutriëntenverliezen via percolaatwater

Bij het composteringsproces komt er water vrij door de afbraak van organische stof door micro-organismen. Bij hoge temperaturen verdampt dit water. Als er onvoldoende waterdamp uit de hoop kan, bijvoorbeeld door een te dichte afdekking, lekt het water uit de composthoop. Nutriënten die in anorganische vorm in dit percolaatwater zijn opgelost, spoelen zo uit. Ook kan de organische stof zelf uitspoelen. Bij neerslag kan er nog meer percolaatwater ontstaan en kunnen er aanzienlijke hoeveelheden nutriënten uit de composthoop spoelen.

In proeven uitgevoerd op proefboerderij De Noord (Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Wondergem, 2000) werden gewasresten van bloembolgewassen gecomposteerd. De composthopen werden afgedekt met luchtdoorlatend vezeldoek. Dit doek is niet waterdicht, maar omdat het onder een helling ligt, stroomt het meeste water er wel af. Vastgesteld is dat van de aanwezige N, P en K er met het percolaatwater resp. 3%, 1% en 14% verloren gaat.

2.3 Onderzoek en demo's

Voor het uitvoeren van de LCA zijn kengetallen nodig. Deze zijn gedeeltelijk verzameld in proeven die door onderzoekinstellingen zijn uitgevoerd en gedeeltelijk bij demo's die in diverse sectoren op particuliere bedrijven zijn uitgevoerd. In deze proeven en demo's is vooral gekeken of de beschikbare materialen zich goed laten composteren. Soms werden daarbij metingen naar de samenstelling van het uitgangsmateriaal en/of de compost gedaan. Bij enkele proeven zijn emissiemetingen naar bodem en lucht uitgevoerd. In de volgende paragrafen worden relevante proeven en demo's besproken.

2.3.1 Onderzoek Laboratorium voor bloembollen onderzoek

In 2000 is in opdracht van het Doelgroepenoverleg Bloembollensector onderzoek gedaan naar de uitspoeling van nutriënten uit composthoven. Het onderzoek werd uitgevoerd op Proefbedrijf De Noord en op vier praktijkbedrijven (Wondergem, 2000). Het te composteren materiaal bestond uit bloembollenafval. Het wel en niet afdekken van de composthoop werd ook in de proefopzet meegenomen. De informatie over het gebruikte materiaal en de gebruikte methodes is divers en incompleet. Ten aanzien van de emissie is in het verslag het volgende geconcludeerd: "Het percolaatwater bevatte in alle gevallen stikstof. De belasting t.g.v. percolatie varieerde van 6-90 g N/m² composthoop; dat is omgerekend 60-900 kg N/ha. Afdekking van de composthoop met vezeldoek resulteerde in een kleinere stikstofbelasting van de bodem dan wanneer de composthoop niet was afgedekt. De stikstof was voor een gedeelte aanwezig in de vorm van nitraat (ca 25-50 %) en gedeeltelijk als organisch-N (ca 40-75 %). In de met vezeldoek afgedekte composthoven was N relatief minder aanwezig in de vorm van nitraat en meer in de vorm van organisch N".

2.3.2 PPO-Vredepeel

In het kader van een stage van een HAS-student is in 2006 het composteringsproces op locatie PPO-Vredepeel beschreven (Hanssen, 2006). Deze proefboerderij composteert sinds korte tijd het eigen groenafval. Binnen het project Nutriënten Waterproof, waarin het terugdringen van nutriëntenuitspoeling centraal staat, worden ook meetresultaten aan deze composthoven verzameld.

In dit stageverslag is het composteringsproces van twee composthoven beschreven. De composthoop die opgezet is in het voorjaar bestond uit prei, stro en bermmaaisel. De composthoop die opgezet is in het najaar bestond uit astilbe, stro, aardappel, ijsla en broccoli. Nagenoeg al het materiaal werd betrokken van het eigen bedrijf. Alleen het bermmaaisel werd betrokken uit de directe omgeving. De composthoop die opgezet is in het voorjaar werd 18 keer omgezet met een compostfrees. De benodigde tijd voor het omzetten is onbekend. De compost werd op het eigen bedrijf benut.

Voor en na compostering werd het drogestofgehalte en het stikstof-, fosfaat- en kaligehalte (g/kg) gemeten. In Tabel 2.2 zijn de analyseresultaten van de compost gegeven.

Tabel 1.2 Blgg-analyse resultaten (kg per ton compost) van composthoop opgezet in voorjaar en in najaar PPO-Vredepeel 2006.

	Droge stof	N	N-NH ₃	N-org	P ₂ O ₅	K ₂ O
voorjaar	536	7,3	0,2	7,1	4,7	10,3
najaar	548	6,4	0,1	6,3	4,4	11,0
gemiddeld	542	6,9	0,2	6,7	4,6	10,7

2.3.3 Demo Telen met toekomst

Deze demo werd in september 2007 aangelegd op drie praktijkbedrijven in de omgeving van Zundert (Rovers, PPO mondelinge informatie). Alle drie de bedrijven hadden twee composthoven. Elke composthoop bestond voor ongeveer ¾-deel uit aardbeilooft (450 m³) en voor ¼-deel uit houtsnippers (150 m³). De houtsnippers werden door een loonwerker bij de gemeente opgehaald. De composteertijd was 8-12 weken. Ongeveer eenmaal per week werd de composthoop met een compostfrees omgezet. Dit kostte per keer omzetten 3 uur. De compost werd op het eigen bedrijf benut. Verdere gegevens over deze compostdemo zijn te vinden in bijlage 1.

Voor en na composteren werd het drogestofgehalte (g/kg product), het organische stof gehalte (% van de droge stof), het stikstof-, fosfaat- en kaligehalte (g/kg droge stof) gemeten. Er werden geen afzonderlijke emissies naar lucht en/of bodem gemeten. Het verlies aan N-totaal bedroeg 757 kg stikstof of te wel 44 % van de ingebrachte hoeveelheid stikstof (zie bijlage 1). Dit is meer dan de 5-40 % die in het verslag van Akkerman wordt aangegeven. Bij alle drie bedrijven werd voor en na compostering het N-min gehalte van de grond onder de composthoop gemeten op

0-30, 30-60 en 60-90 cm. Onder alle composthoopen werd een stijging van het N-min gehalte gemeten.

2.3.4 Compostering van gewasresten van groenten

In het kader van het project Telers Mineraal Paraat is door het NMI (R. Postma) in samenwerking met Lucel (S. Smits) en WUR (A. Veeken) onderzoek gedaan naar compostering van gewasresten van groenten (Postma, 2008). Er werden vier composthoopen opgezet met afval van vollegrondsgroenten (zie voor details bijlage 1). Het is niet bekend hoe de composthoop is omgezet en hoe vaak er is omgezet. Voor en na composteren werd het drogestofpercentage, het organische stof gehalte en het stikstof-, fosfaat- en kaligehalte gemeten. Het verlies aan stikstof varieerde per composthoop van 4-17 %. Analyseresultaten van de compost zijn weergegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3. Analyses resultaten uitgedrukt in kg per ton compostdiverse composthoopen onderzoek NMI, Postma 2008.

	droge stof	kg N	kg P ₂ O ₅	kg K ₂ O
prei	520	8,3	3,1	8,4
aardbei	490	5,1	2,0	5,5
broccoli	480	9,9	4,5	11,5
prei+stro	340	6,5	2,8	8,9
gemiddelde	460	7,5	3,1	8,6

2.3.5 Compostering in de boomkwekerij

In het kader van het project Telen met toekomst werd in 2008 bij een sierheesterkweker in de regio Zundert een demo aangelegd. Er werden zes verschillende combinaties van afvalmateriaal met andere organische materialen zoals gras, houtsnippers en mest bekeken. Het te composteren materiaal bestond dat voor ongeveer 2/3 deel bestond uit gewasresten, potgrondresten en houtsnippers, voor ongeveer 1/3 deel uit gras en voor ongeveer 5% drijfmest, leverde de beste combinatie op. Het gras en de drijfmest werden geleverd door een rundveehouder uit de buurt van het bedrijf. De demo werd met name uitgevoerd om te zien of de schimmels in de potgrond door composteren konden worden gedood. Er werden geen metingen naar gehalten van nutriënten voor en na composteren uitgevoerd.

2.3.6 Informatie loonwerkers

Er is informatie ingewonnen bij twee loonwerkers die beiden bij ongeveer 5 telers de compost omzetten. Bij de ene loonwerker gaat het jaarlijks in totaal om ongeveer 25000 m³ en bij de ander om ongeveer 6000 m³. De gemiddelde afstand tussen loonwerker en teler is 3 km. De capaciteit om compost om te zetten is 200 tot 500 m³ compost per uur. Dit is exclusief de reistijd. Voor het opzetten van een composthoop wordt een kraan gebruikt en de composthoop wordt 5 á 6 maal omgezet met een compostfrees of met de kraan. De breedstrooier wordt eenmalig gebruikt voor het opzetten van de composthoop (goed mengen van de afvalproducten) en bij het uitrijden van de compost op het land. Het brandstofgebruik van de breedstrooier is 25 liter diesel per uur en dat van de kraan 12 tot 15 liter diesel/uur. Het gewicht van de breedstrooier is 5.000 kg en dat van de kraan ongeveer 14.000 kg. De levensduur wordt op 10 jaar gesteld. Het aantal m³ compost dat gedurende de levensduur van de kraan wordt omgezet wordt door de loonwerkers op 100.000 m³ tot een onbepaalde hoeveelheid aangegeven. Gedurende de levensduur van de breedstrooier wordt 32.000 m³ compost omgezet. De kraan en de breedstrooier worden voor ongeveer 10% van alle werkzaamheden die ermee verricht worden, gebruikt voor het omzetten van de compost. Het composteren bij de telers gebeurt zowel op een betonplaat als op onverharde bodem. Bij composteren op een onverharde bodem wordt stro gebruikt om het lekwater op te vangen. De compost blijft 2 tot soms wel 8 maanden op de hoop liggen. De hoop wordt over het algemeen niet afgedekt.

2.3.7 Veel kengetallen ontbreken

In de gesprekken met de diverse personen betrokken bij de demo's bleek dat het zelf composteren maar door een enkele teler wordt toegepast. Door het opzetten van demo's wordt het zelf composteren meer onder de aandacht van de telers gebracht. Er zijn nauwelijks kengetallen verzameld die voor het opzetten van een LCA van belang zijn. Er zijn geen of nauwelijks metingen gedaan naar de emissies van N₂O, CH₄, NH₃ en CO₂ naar de lucht en de bodem. Ook informatie over het energieverbruik, het aantal machine-uren, al dan niet met de inzet van een loonwerker of een collega teler, en de retourafstanden van en naar het bedrijf is spaarzaam vastgelegd.

Uit analyseresultaten van groencompost blijkt dat de bemestende waarde sterk kan wisselen. In tabel 2.4 wordt de samenstelling van groencompost uit het onderzoek op Vredepeel en onderzoek uitgevoerd door Postma vergeleken met die van GFT-compost. Weergegeven is het percentage drogestof en de gehalten van N, P₂O₅ en K₂O. In de weergave in tabel 2.4 is het drogestofgehalte bij zelf composteren en ook het stikstof- en fosfaatgehalte lager dan dat

van GFT-compost. Vanwege de grote spreiding in gehalten van N, P₂O₅ en K₂O kan echter geen duidelijke conclusie getrokken worden over een eventueel verschil in samenstelling tussen groencompost en GFT-compost. De bemestende waarde van een ton groencompost zal ongeveer gelijk zijn aan die van een ton GFT-compost. Dit betekent dat het LCA van composttoepassing op de akker voor zelfgemaakte groencompost niet verschilt van die voor GFT-compost.

In de onderlinge vergelijking van de LCA van zelfgemaakte compost met die van GFT-compost kan de vergelijking beperkt blijven tot de fase van compostbereiding. In de fase van toepassing op de akker zal er geen wezenlijk verschil bestaan tussen de milieukundige en agronomische beoordeling van GFT-compost en die van zelf gemaakte compost.

Tabel 4. **Vergelijking bemestende waarde GFT-compost en zelfgemaakte groencompost. Gehalten uitgedrukt in kg per ton compost**

Bron	Organisch materiaal	Droge stof	N-min	N-organisch	N-totaal	P ₂ O ₅	K ₂ O
	GFT*	650	0,8	7,8	8,5	3,7	6,4
PPO-Vredepeel	voorjaar	540	0,2**	7,1	7,3	4,67	10,3
PPO-Vredepeel	najaar	550	0,1**	6,4	6,4	4,43	11
NMI	prei	520			8,3	3,1	8,4
NMI	aardbei	490			5,1	2,0	5,5
NMI	broccoli	480			9,9	4,5	11,5
NMI	prei+stro	340			6,5	2,8	8,9
Vredepeel en NMI	gemiddeld	460			7,5	3,1	8,6

* Bron: Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouwgewassen, maart 2008

2.3.8 Uitgangspunten voor opzetten van LCA

Om een LCA voor eigen compostbereiding te kunnen maken, moet een uitgangssituatie beschreven worden. Het te composteren materiaal zal meestal van het eigen bedrijf afkomstig zijn en in beperkte mate van elders betrokken worden. Geschat wordt dat de afstand van de plaats waar groenafval van elders wordt betrokken tot het eigen bedrijf ongeveer 5 km is. Het aantal keren dat een composthoop wordt omgezet is o.a. afhankelijk van de methode en de composteertijd. Er kan met een kraan of met een compostfrees worden omgezet.

Niet alle telers die zelf composteren zullen een compostfrees of kraan op het eigen bedrijf hebben. Soms wordt een compostfrees met een groep telers aangeschaft. In een LCA zal daarom iedere keer dat de composthoop wordt omgezet ook rekening moeten worden gehouden met het transport van de kraan of compostfrees. In het algemeen zal de composthoop korter dan 9 maanden blijven liggen. Wanneer de composthoop langer blijft liggen moet tussen 1 november en 1 april vezeldoek worden aangebracht. In het rekenvoorbeeld dat hierna volgt wordt het aanbrengen van vezeldoek niet meegenomen.

De volgende uitgangspunten zijn aangehouden:

- Fase 1 van de LCA begint op het moment dat het composteren begint, waarbij het transport van organisch materiaal dat van buiten het bedrijf komt en wordt mee gecomposteerd wel is meegenomen.
- 1/3-Deel van de totale hoeveelheid groenafval wordt van buiten het bedrijf aangevoerd.
- Groenafval van buiten het bedrijf wordt aangevoerd met een vrachtauto met een brandstofverbruik van 0,37 liter diesel per km en er wordt 35 ton groenafval per transport vervoerd.
- 1 Ton groenafval levert 600 kg groencompost op.
- De composthoop wordt door een loonwerker opgezet waarbij een breedstrooier en een kraan worden gebruikt. Tijdens het composteren wordt de composthoop 6 maal omgezet met de kraan en op het eind van het composteerproces worden kraan en breedstrooier gebruikt voor het transport van de groencompost naar het veld. De kraan en de breedstrooier worden beide voor 10% van de werkzaamheden ingezet voor de compostbereiding.
- Het opzetten van de composthoop met de kraan kost 2 uur en heeft een dieserverbruik van 15 liter/uur. De composthoop wordt omgezet met de breedstrooier. Per keer omzetten kost het omzetten van de composthoop gemiddeld 2 uur met een dieserverbruik van 25 liter/uur.
- De levensduur van de kraan is 10 jaar en met de kraan wordt jaarlijks 10.000 ton compost (eindproduct) omgezet. Het gewicht van de kraan is gesteld op 15 ton.
- Voor de afstand van de loonwerker naar de teler wordt een retourafstand van 5 km aangehouden en het transport heeft een dieserverbruik van 5 km/liter.
- De omvang van de composthoop is op 500 ton eindproduct gesteld. Per keer omzetten kost het omzetten van de composthoop gemiddeld 2 uur met een dieserverbruik is 15 liter/uur.

- Voor het transport van de compost naar de akker is 1 km retourafstand aangehouden. Het transport naar de akker gebeurt met de breedstrooier. Er wordt per keer 10 ton compost vervoerd en het dieselverbruik is op 0,25 liter/km gesteld.

2.4 Emissies broeikasgassen in Fase 1

In de literatuur zijn geen Nederlandse kengetallen gevonden van broeikasgasemissies bij het composteren van groenafval in de open lucht. Ook vanuit buitenlandse literatuur is geen onderscheid te maken tussen emissies bij zelf composteren en bij grootschalige compostering. Onderzoek van Amlinger (2003 en 2008) heeft wel belangrijke kengetallen opgeleverd. Deze worden nu gepresenteerd.

2.4.1 Methaanemissie

De emissie van methaan (CH_4) varieerde voor groencompost (tuin- en parkafval) van 0,049 - 0,6 kg CH_4 /ton vers materiaal (Amlinger, 2008). In het onderzoek van Amlinger leverde 1 ton vers materiaal 740 kg groencompost op. Omgerekend is de methaanemissie dan 0,066 – 0,8 kg CH_4 /ton groencompost; met een gemiddelde van 0,43 kg CH_4 /ton groencompost. Uit dit onderzoek blijkt dat de spreiding groot is en dat de hoogte van de methaanemissie met een factor 12 kan variëren. In het LCA-rapport (Dekker, 2009) was de CH_4 -emissie van GFT-compost op 0,425 kg CH_4 /ton compost gesteld. De gemiddelde waarde die door Amlinger is gevonden, komt hiermee goed overeen.

2.4.2 Lachgasemissie

De emissie van lachgas (N_2O) varieerde voor groencompost (tuin- en parkafval) van 0,025 - 0,178 kg N_2O /ton vers materiaal (Amlinger, 2008). Omgerekend per ton compost (1 ton vers materiaal leverde in zijn onderzoek 740 kg groencompost) is dit 0,034 – 0,24 kg N_2O /ton groencompost; met een gemiddelde waarde van 0,14 kg N_2O /ton compost. Ook de spreiding van lachgasemissie is groot en kan met een factor 7 variëren. In het LCA-rapport (Dekker, 2009) was de N_2O -emissie van GFT-compost op 0,173 kg N_2O /ton compost gesteld. De emissie die door Amlinger wordt gevonden, komt hiermee redelijk goed overeen. Zowel voor de emissie van methaan als die voor lachgas werden in het artikel van Amlinger uit 2003 vergelijkbare kengetallen gevonden.

2.4.3 Factoren die emissie van broeikasgas beïnvloeden

De samenstelling van het gebruikte materiaal en het procesmanagement tijdens het composteren bepalen in belangrijke mate de hoogte van de broeikasgasemissies. Bij het composteerproces zijn van belang: beluchting, mechanische omzetting van het materiaal, vochtgehalte en temperatuurregime (Amlinger en Peyr, 2008). Bij grotere, extensief beheerde composthoven (niet of nauwelijks omzetten) werd in vergelijking met kleinere, intensief omgezette composthoven hoge concentraties CH_4 en vluchtige verzadigde vetzuren in het compostgas gevonden. Ook werden dan hogere temperaturen gemeten. Dit wijst erop dat naast aerobe ook anaerobe omzetting heeft plaatsgevonden. Naarmate de compost langer lag (ouder werd) nam de N_2O -emissie toe (Beck-Friis, 2000).

Professionele bedrijven die groencompost maken, zijn verplicht de compost ziektevrij af te leveren. Daardoor moet de compost in de beginfase een aantal dagen boven de 45-50°C worden gehouden. Telers die zelf composteren geven aan dat het ziektevrij maken van zelfgemaakte compost mogelijk minder van belang is. Dit zou kunnen betekenen dat bij zelf composteren de emissie van CH_4 lager is dan bij grootschalig compostering. Lagere temperaturen kunnen de vorming van N_2O echter weer doen toenemen.

Ook hoge ammoniumconcentraties en een lage C/N verhouding ($\text{C/N} < 17$) kunnen de emissie van N_2O drastisch verhogen (Amlinger, 2008).

2.5 Energieverbruik in Fase 1

Er zijn geen kengetallen gevonden van het energieverbruik bij de productie van groencompost op het eigen bedrijf. Getracht wordt om hier in de onderstaande paragrafen wel een beeld van te krijgen. In paragraaf 2.3.8 zijn de gehanteerde uitgangspunten weergegeven.

2.5.1 Fase 1. Energieverbruik tijdens productieproces

Fase 1 begint op het moment dat het composteren begint, waarbij het transport van organisch materiaal dat van

buiten het bedrijf komt en wordt mee gecomposteerd nog wel is meegenomen. Het oogsten en verzamelen van groenafval van het eigen bedrijf en van groenafval van buiten het eigen bedrijf is niet opgenomen in de energiebalans. Dit wordt toegerekend aan een productiedoel dat buiten de LCA van groencompost ligt. Het transport van het groenafval van buiten het eigen bedrijf naar de composthoop is wel in de energiebalans meegenomen.

2.5.1.1 Transport groenafval naar het eigen bedrijf

Aangenomen wordt dat 1/3-deel van de totale hoeveelheid groenafval van buiten het bedrijf wordt aangevoerd. Dit wordt aangevoerd met een vrachtauto met een brandstofverbruik van 0,37 liter diesel per km en er wordt 35 ton groenafval per transport vervoerd. Voor berekening van het energieverbruik is verder aangenomen dat 1 ton groenafval 600 kg groencompost oplevert. Het diesilverbruik van de vrachtauto uitgedrukt per ton groenafval is 0,05 liter ($5 \text{ km} * 0,37 \text{ liter/km} : 35 \text{ ton}$). Het energieverbruik per ton groenafval is $0,05 * 42,4 \text{ MJ/L} = 2,1 \text{ MJ}$. Daar het groenafval van buiten het bedrijf 1/3-deel van het te composteren materiaal uitmaakt en 1 ton groenafval 0,6 ton groencompost oplevert is het energieverbruik van de vrachtauto $2,1 : 3 : 0,6 = 1,2 \text{ MJ}$ per ton groencompost. De indirecte energie gekoppeld aan het gebruik van de vrachtauto om het groenafval naar het bedrijf te vervoeren is verwaarloosbaar klein, omdat dit gebruik maar een fractie van het totale tijdsbeslag van de vrachtauto bedraagt.

2.5.1.2 Assemblage kraan en breedstrooier

Er is vanuit gegaan dat het opzetten van de composthoop door een loonwerker gebeurt en dat daarbij een kraan en de een breedstrooier worden gebruikt. Aangenomen wordt dat de levensduur van de kraan 10 jaar is, dat de kraan voor 10% van de werkzaamheden voor de compostbereiding wordt ingezet en dat met de kraan jaarlijks 10.000 ton compost (eindproduct) wordt opgezet. Het gewicht van de kraan is gesteld op 15 ton en de gemiddelde energiebehoefte voor de assemblage bedraagt 150 MJ/kg staal. Het indirecte energieverbruik voor de assemblage van de kraan dat toegerekend wordt aan de compostbereiding is $15.000 \text{ kg} * 150 \text{ MJ/kg} * 0,10 : 100.000 \text{ compost} = 2,3 \text{ MJ/ton compost}$. Het gewicht van de breedstrooier is 5000 kg, de breedstrooier wordt voor 10% van de werkzaamheden voor de compostbereiding ingezet en in totaal wordt met de breedstrooier 32.000 ton compost verwerkt. Dit heeft betrekking op het opzetten van de composthoop en op het uitrijden van de compost op het veld. Het indirecte energieverbruik voor de assemblage van de breedstrooier dat toegerekend wordt aan de compost is $5.000 \text{ kg} * 150 \text{ MJ/kg} * 0,10 : 32.000 \text{ compost} = 2,3 \text{ MJ/ton compost}$. De totale hoeveelheid indirecte energie voor de assemblage van kraan en breedstrooier is 4,6 MJ/ton groencompost.

2.5.1.3 Composteerproces

Voor de berekening van het energieverbruik tijdens het composteerproces is ervan uitgegaan dat een loonwerker de composthoop opzet met gebruik van kraan en breedstrooier en dat de composthoop met de kraan 6 maal wordt omgezet. Op het einde van de compostering worden kraan en breedstrooier gebruikt voor het opladen en het transport van de compost naar het veld. In totaal is er 8 maal transport met de kraan en 2 maal met de breedstrooier. Voor het transport van de kraan en de breedstrooier van de loonwerker naar de teler wordt een retourafstand van 5 km aangehouden en een diesilverbruik van 5 km/liter. Dit betekent voor de gehele composteringsperiode een diesilverbruik van 10 liter voor het transport van de kraan en de breedstrooier. De omvang van de composthoop is op 500 ton eindproduct gesteld. Het op- en omzetten van de composthoop kost gemiddeld 2 uur per keer en het diesilverbruik voor de kraan is 15 liter/uur en voor de breedstrooier 25 liter/uur. Voor de gehele composteringsperiode is $(8 * 2 \text{ uur} * 15 \text{ liter}) + (1 * 2 \text{ uur} * 25) = 290 \text{ liter diesel}$ nodig. Het totale diesilverbruik voor transport naar de teler en het op- en omzetten van de composthoop is 300 liter. Uitgedrukt per ton groencompost is dit 0,6 liter diesel. Het energieverbruik is $0,6 * 42,4 \text{ MJ/liter} = 25,4 \text{ MJ/ton compost}$.

2.5.1.4 Transport compost naar de akker

Voor het transport van groencompost vanaf het eigen bedrijf naar de akker is 1 km retourafstand aangehouden. Het transport gebeurt met de breedstrooier. Er wordt 10 ton compost vervoerd en het diesilverbruik is op 0,25 liter/km gesteld. Het energieverbruik is $0,25 \text{ liter} * 42,4 \text{ MJ/liter} : 10 \text{ ton compost} = 1,1 \text{ MJ/ton compost}$. De benodigde indirecte energie voor de breedstrooier is al meegenomen bij de post opzetten van de composthoop met de breedstrooier.

In totaal is de benodigde directe energie voor het transport van groenafval van buiten het bedrijf naar de teler, de productie van groencompost en het transport van groencompost naar de akker $1,2 + 25,4 + 1,1 = 27,7 \text{ MJ/ton}$ en de totaal toegerekende indirecte energie 4,6 MJ/ton. Het totaal van directe en indirecte energie wordt aldus berekend op 32,3 MJ/ton compost.

In tabel 2.5 is het energieverbruik in Fase 1 van groencompost vergeleken met dat van Fase 1 bij GFT-compost. De tabel laat zien dat het totale energieverbruik (directe en indirecte energie) nodig voor de productie en transport van GFT-compost ongeveer 25 keer hoger is dan dat van compost bereid op het eigen bedrijf.

Tabel 2.5. Energieverbruik in MJ per ton compost in Fase 1 van GFT-compost en in Fase 1 van groencompost bij zelf composteren

Compost	Onderdeel	Directe energie (MJ/ton compost)	Indirecte energie (MJ/ton compost)	Totaal energie (MJ/ton compost)
GFT-compost	Transport GFT-afval naar composteerder	84,2		84,2
	Indirecte energie bouw composteerinstallatie		0,0	0,0
	Energie verbruik tijdens composteren	720,0		720,0
	Transport van compost naar de akker	15,7		15,7
	totaal	819,9	0,0	819,9
Zelf composteren	Transport van groenafval naar teler	1,2		1,2
	Assemblage kraan en breedstrooier		4,6	4,6
	Energie verbruik tijdens composteren	25,4		25,4
	Transport compost naar de akker	1,1		1,1
	totaal	27,7	4,6	32,3

2.6 CO₂-equivalenten in Fase 1

2.6.1 Fase 1. Emissie tijdens productieproces

De hoeveelheid directe en indirecte energie die nodig is voor het transport van groenafval van elders naar het eigen bedrijf, voor het op- en omzetten van de composthoop en het transport van de compost naar de akker betreft 27,7 MJ/ton voor het dieserverbruik en 4,6 MJ/ton voor de assemblage van de kraan. Voor het dieserverbruik wordt gerekend met een CO₂ emissie van 0,074 kg CO₂-equ /MJ en voor de assemblage met 0,069 kg CO₂-equ/MJ. In totaal is dit $(27,7 * 0,074) + (4,6 * 0,069) = 2,4$ kg CO₂-equ/ton groencompost.

De emissie van methaan is gemiddeld op 0,43 kg CH₄ per ton compost gesteld en de emissie van lachgas op 0,14 kg N₂O per ton compost. Gezamenlijk is dit 52,5 kg CO₂-equivalenten per ton groencompost. In tabel 2.6 worden deze kengetallen van groencompost vergeleken met die van GFT-compost uit rapport Dekker, 2009.

Tabel 2.6. Emissie (kg CO₂-equ/ton compost) t.g.v. directe en indirecte energie en t.g.v. broeikasgassen (CH₄ en N₂O) tijdens productie van GFT-compost (Dekker, 2009) en van zelf gemaakte groencompost.

		direct en indirect energieverbruik	CH ₄ en N ₂ O	Totaal
GFT-compost	transport	7,4	0	7,4
	composteren	43,4	62,1	105,5
	totaal	50,8	62,1	112,9
Zelfgemaakte compost	transport	0,1	0	0,1
	composteren	2,3	52,5	54,8
	totaal	2,4	52,5	54,9

Met de nodige voorzichtigheid, omdat de berekening op veel aannames is gebaseerd, kan uit tabel 2.6 worden afgeleid dat het energieverbruik bij het maken van groencompost op het eigen bedrijf veel lager is dan dat bij de productie van GFT-compost en dat de emissie van methaan en lachgas uitgedrukt in CO₂-equ op hetzelfde niveau ligt.

2.7 Energieverbruik, gasvormige emissies op de akker (Fase 2)

2.7.1 Toediening op de akker

Aangezien gemiddeld genomen de samenstelling en de bemestende waarde van de zelf gemaakte compost niet of slechts in geringe mate verschilt van die van GFT-compost. In de praktijk betekent dit dat een teler die compost gebruikt voor zowel GFT-compost als voor groencompost dezelfde dosering aanhoudt en dat ook de aanvullende bemesting bij gebruik van deze twee compostsoorten gelijk zal zijn. Voor de opzet van de LCA in de fase van toepassing op de akker kan daarom verwezen worden naar rapport Dekker (2009). In dit genoemde rapport is voor energieverbruik (directe plus indirecte energie) voor het toedienen van de compost op de akker een waarde van 37,3 MJ/ton compost berekend.

Wanneer ook in Fase 2 de kengetallen worden uitgedrukt per ton compost dan betreft het de volgende waarden. Emissie van broeikasgassen 51 kg CO₂-equivalenten/ton compost en bijdrage aan organische stofvoorziening 143 kg effectieve organische stof/ton compost.

3 Regionaal composteren

3.1 Algemeen

Groencompost is een product uit natuurterreinen dat geheel of grotendeels bestaat uit één of meer organische afvalstoffen die met behulp van micro-organismen worden afgebroken en omgezet tot een stabiel eindproduct. Compost moet wettelijk meer dan 20% organische stof (op droge stofbasis) bevatten. Het composteren van maaisel afkomstig uit natuurgebieden is aan wet- en regelgeving gebonden. Maaisel uit openbaar groen mag tot maximaal 1 kilometer worden verplaatst vanaf het brongebied (door de grondeigenaar of uitvoerder) naar een afnemer (o.a. composteerder). Wanneer het natuurgras binnen het natuurterrein wordt gestort en vervolgens wordt gecomposteerd, wordt aan het maaisel het karakter van 'afvalstof' ontnomen. Hierdoor vervalt de 1 km-regel; de compost mag dan vrij worden vervoerd. Leveranciers en afnemers van compost moeten zich sinds januari 2008 bij Dienst Regelingen laten registreren. Daarnaast moet de compost bemonsterd worden op fosfaat en stikstof. Tijdens het vervoer van compost moet altijd een ingevuld Vervoersbewijs Zuiveringsslib en Compost (VZC) op het voertuig aanwezig zijn. Meer informatie over deze regelgeving staat op www.minlnv.nl/loket.

Bij het uitrijden van compost op landbouwgrond is het gebruiksnormenstelsel van toepassing. Er mag een onbeperkte hoeveelheid compost worden gebruikt, zolang het past binnen het gebruiksnormenstelsel. Daarbij telt de hoeveelheid stikstof in compost voor 10% mee en fosfaat voor 50%. Bij fosfaat geldt deze 50% tot een gehalte van 7 kg fosfaat per 1000 kg droge stof. Boven de 7 kg fosfaat telt voor 100% mee. Het hoge organisch stofgehalte van (groen)compost levert een belangrijke bijdrage aan de instandhouding van het organisch stofgehalte van de bodem en aan de voeding van het gewas. Kenmerkend van (groen)compost is dat de voedingsstoffen langzaam vrijkomen, verdeeld over vele jaren.

Het energieverbruik voor de groei en productie van groenafval wordt toegekend aan de gebruikersfase. Er is daarom geen analyse nodig van de productie van groenafval. Tijdens het composteerproces van groenafval naar groencompost ontstaan drie producten: groencompost, afvalproduct dat gestort wordt en afvalproduct dat verbrand wordt. Het afval dat gestort dan wel verbrand wordt, wordt niet in de beoordeling meegenomen.

De levenscyclusanalyse begint bij het transport van groenafval van de natuurterreinen naar de composteerder en eindigt bij de lange termijnbeoordeling van het gebruik van groencompost als meststof op de akker.

In de composteerhoop wordt het groenafval van de natuurterreinen omgezet in groencompost, gesorteerd en vervolgens tijdelijk opgeslagen. Vanuit de opslagplaats wordt het gedistribueerd naar de telers. Op het akkerbouwbedrijf wordt de groencompost door een loonwerker op het veld uitgereden en met het ploegen ingewerkt in de bouwvoor. Het composteerproces van groenafval zoals dat door Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR) wordt omschreven, is uitgelegd in de paragrafen 3.1.1 t/m 3.1.4.

3.1.1 Het composteren van groenafval

Het composteren vindt in aparte composteerinrichtingen plaats, gescheiden van GFT-afval. De redenen hiervoor zijn:

- Het composteren kan in de open lucht plaatsvinden, omdat er, in tegenstelling tot GFT-afval, nauwelijks geuroverlast is;
- De tijdsduur van het composteren van groenafval langer is dan bij GFT-afval;
- Groenafval minder verontreinigingen (glas, plastic) bevat;
- Groenafval gemiddeld minder zout en minder zware metalen bevat dan GFT-afval;
- Groenafval geen gevaar voor verspreiding van dierziekten oplevert omdat het geen materiaal van dierlijke oorsprong bevat.

3.1.2 Het composteerproces

In de natuur

Planten bestaan hoofdzakelijk uit organische verbindingen, mineralen en water. Een groeiende plant betreft de bouwstoffen uit de lucht en uit de bodem en zo ontstaan wortel, stengel en blad. In het najaar sterven delen van de plant af. Dit materiaal komt op de bodem terecht en verteert. De vertering, de afbraak van het materiaal, vindt plaats door de micro-organismen (bacteriën en schimmels).

In de composteerinrichting

Door het bedrijfsmatig composteren van organisch materiaal verloopt het afbraakproces grondig en sneller dan wanneer het groenafval op de bodem blijft liggen. Dat komt omdat er in een composteerinrichting ideale omstandigheden voor micro-organismen gecreëerd worden. Bovendien treden er, doordat er grote hoeveelheden tegelijk gecomposteerd worden, hoge temperaturen op waardoor ziektekiemen en onkruidzaden worden afgedood. In de natuur gebeurt dat niet.



Foto 1. **Opslagterrein aangevoerd groenafval.**

Het groenafval dat naar een groencomposteerinrichting wordt afgevoerd, wordt daar eerst gewogen op een weegbrug en worden o.a. leverancier, vervoerder en plaats van herkomst geregistreerd overeenkomstig de Provinciale Milieu Verordening. Vervolgens wordt het gestort op het opslagterrein voor aangevoerd materiaal (foto 1). Voordat het aangevoerde materiaal op hopen (rillen of tafels) wordt gezet, wordt het verkleind met een verkleiningsmachine (foto 2). Stobben e.d. worden eerst bewerkt met een stobbenschaar (foto 3).



Foto 2. **Verkleiningsmachine groenafval.**



Foto 3. **Bewerking stobben met een stobbenschaar.**

De afmetingen van de hopen is afhankelijk van de afmetingen van het terrein. In het algemeen is een hoop 10 á 15 meter breed en 40 á 100 meter lang. Bij het opzetten van de hopen wordt extra aandacht besteed aan de luchtigheid van de hoop, zodat voldoende zuurstof aanwezig kan zijn. Ook het vochtgehalte is hierbij een belangrijk aspect. De samenstelling van het te composteren materiaal is eveneens van groot belang. Een bepaald mengsel is gewenst om de juiste koolstof/stikstof verhouding (C/N-quotiënt) te bereiken. Een ideale verhouding is ongeveer 30:1.

Door de activiteit van de bacteriën loopt de temperatuur in de hoop op tot 60 á 70°C, waardoor ziektekiemen en onkruidzaden onschadelijk worden gemaakt. De aanwezigheid van zuurstof is in het gehele proces erg belangrijk voor de bacteriën die het composteerwerk doen. Het meten van het zuurstofgehalte en van de temperatuur is belangrijk bij het sturen van het composteerproces.

Geforceerde beluchting en het regelmatig omzetten geven een goede garantie voor een aerob proces. Er bestaan verschillende typen omzetmachines (foto 4 en 5).



Foto 4. **Omzetmachine groenafval.**



Foto 5. **Omzetmachine groenafval.**

Geforceerde beluchting is met eenvoudige hulpmiddelen te realiseren door met een ventilator lucht te blazen door een buizenstelsel dat in de vloer, waarop wordt gecomposteerd, aanwezig is.

Micro-organismen gedijen alleen in vochtig milieu. Door de hoge temperatuur en het doorblazen van lucht verdampt water uit de hoop. Voor het goed verlopen van het composteerproces kan het daarom nodig zijn om water aan de hopen toe te voegen.

Regenwater dat op het terrein valt, wordt via een rioleringsstelsel, dat zich onder de vloer van het terrein bevindt, opgevangen in een zogenaamd percolaatbassin (foto 6) omdat het organische verbindingen kan bevatten. Dit water wordt weer gebruikt voor het besproeien van de composthopen.



Foto 6. **Percolaatbassin voor opvang van (regen)water.**

Na het composteringsproces zijn de plantenresten verteerd en omgezet in stabiele humusverbindingen en zijn onkruidzaden en ziektekiemen gedood. Tenslotte wordt het gecomposteerde materiaal met een speciale zeefmachine gezeefd, waardoor een homogeen waardevol eindproduct wordt verkregen (foto 7). Het eindproduct moet voldoen aan de eisen van de Meststoffenwet.



Foto 7. Zeefmachine voor verkrijgen homogeen eindproduct.

Compost kan rechtstreeks worden gebruikt als bodemverbeteraar. Allerlei grondproducten, zoals bomenzand, kunnen worden gemaakt door compost te mengen met zand. De compost moet dan aan vooraf bepaalde specificaties voldoen. Groencompost wordt tegenwoordig ook gebruikt als vervanger van veen in potgrond.

3.1.3 Definities groenafval

Er zijn verschillende definities van soorten groenafval.

Groenafval:

Plantaardige afvalstoffen die vrijkomen bij de aanleg en het onderhoud van particulier en openbaar groen, bos- en natuurterreinen en watergangen (NEN 5880,1997).

Bermmaaisel; bermroofofsel:

Groenafval dat vrijkomt bij het maaien van groenstroken en wegbermen (NEN 5880, 1997).

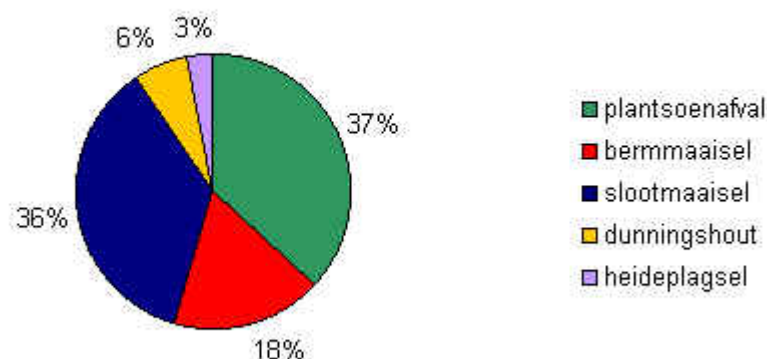
Snoeihout:

Groenafval dat vrijkomt bij het snoeien van bomen, struiken in particulier en openbaar groen, bos en natuurterrein (NEN 5880, 1997).

De hoeveelheid groenafval in Nederland wordt geraamd op ca. 3.200.000 ton per jaar, bestaande uit:

- Plantsoenafval 1.180.000 ton 37%
- Bermmaaisel 563.000 ton 17%
- Sloopmaaisel 1.159.000 ton 36%
- Dunningshout 200.000 ton 6%
- Heideplagsel 100.000 ton 3%

Hoeveelheid groenafval in Nederland (per jaar)



Het inzamelen van groenafval is niet door de overheid geregeld. Het wordt aan de markt overgelaten. Dit in tegenstelling tot het GFT-afval.

3.1.4 Gemiddelde kwaliteit groencompost BVOR-leden

In tabel 3.1 is de gemiddelde samenstelling van groencompost van de BVOR-leden vergeleken met de normen van het BVOR-keurmerk. De normen voor zware metalen en arseen van het BVOR-keurmerk zijn gelijk aan de wettelijke eisen van compost.

Tabel 3.1. Gemiddelde samenstelling groencompost BVOR-leden en normen BVOR-keurmerk.

Parameter	Norm BVOR-certificaat	Gemiddelde BVOR-leden *)
Algemeen:		
Droge stof (%)	opgave	59,8
Organische stof (%)	≥ 10	31,1
Zware metalen en arseen (mg/kg ds):		
Cadmium	≤ 1	0,42
Chroom	≤ 50	20,5
Koper	≤ 90	27,0
Kwik	≤ 0,3	0,12
Nikkel	≤ 20	10,1
Lood	≤ 100	38,4
Zink	≤ 290	126,6
Arseen	≤ 15	4,6
Zoutgehalte:		
Chloridegehalte (mg/kg ds)	opgave	1280
Geleidbaarheid (mS/cm)	opgave	1,91
Nutriënten (g/kg ds):		
Stikstof (N-totaal)	opgave	8,60
Fosfaat (P ₂ O ₅)	opgave	3,73

Kalium (K ₂ O)	opgave	6,97
Calciumcarbonaat (CaCO ₃)	opgave	
Magnesium (MgO)	opgave	3,16
Zwavel (S-totaal)	opgave	1,63
Diversen:		
pH-KCl	opgave	7,5
Stabiliteit (Oxitop) (mmol O ₂ /kg o.s./uur)	opgave	
Onkruidkiemen (aantal/l)	≤ 2	0
Plantpathogenen		
Plantparasitaire nematoden/aaltjes	vrij	vrij
Verontreinigingen		
Glas 2 - 20 mm (%)	< 0,2	0,05
Glas > 20 mm	vrij	vrij

*) Gemiddelde waarden van analysesresultaten van de jaren 2002 t/m 2005

3.2 Emissies broeikasgassen

In de literatuur zijn geen Nederlandse kengetallen gevonden van broeikasgasemissies bij het composteren van groenafval in de open lucht. Ook bij de composteerbedrijven zijn deze niet bekend. In paragraaf 2.4 zijn reeds kengetallen weergegeven uit het onderzoek van Amlinger. Het is niet mogelijk om daarbij een onderscheid te maken tussen de emissie van broeikasgassen bij zelf composteren van groencompost en de emissie bij grootschalig composteren bij composteerbedrijven. Onderstaand worden deze kengetallen herhaald.

3.2.1 Methaanemissie

De emissie van methaan (CH₄) varieerde voor groencompost (tuin- en parkafval) van 0,049 - 0,6 kg CH₄/ton vers materiaal (Amlinger, 2008). In het onderzoek van Amlinger leverde 1 ton vers materiaal 740 kg groencompost op. Omgerekend is de methaanemissie dan 0,066 – 0,8 kg CH₄/ton groencompost; met een gemiddelde van 0,43 kg CH₄/ton groencompost. Uit dit onderzoek blijkt dat de spreiding groot is en dat de hoogte van de methaanemissie met een factor 12 kan variëren. In het LCA-rapport (Dekker, 2009) was de CH₄-emissie van GFT-compost op 0,425 kg CH₄/ton compost gesteld. De gemiddelde waarde die door Amlinger is gevonden, komt hiermee goed overeen.

3.2.2 Lachgasemissie

De emissie van lachgas (N₂O) varieerde voor groencompost (tuin- en parkafval) van 0,025 - 0,178 kg N₂O/ton vers materiaal (Amlinger, 2008). Omgerekend per ton compost (1 ton vers materiaal leverde in zijn onderzoek 740 kg groencompost) is dit 0,034 – 0,24 kg N₂O/ton groencompost; met een gemiddelde waarde van 0,14 kg N₂O /ton compost. Ook de spreiding van lachgasemissie is groot en kan met een factor 7 variëren. In het LCA-rapport (Dekker, 2009) was de N₂O -emissie van GFT-compost op 0,173 kg N₂O /ton compost gesteld. De emissie die door Amlinger wordt gevonden, komt hiermee redelijk goed overeen. Zowel voor de emissie van methaan als die voor lachgas werden in het artikel van Amlinger uit 2003 vergelijkbare kengetallen gevonden.

3.2.3 Factoren die emissie van broeikasgas beïnvloeden

De samenstelling van het gebruikte materiaal en het procesmanagement tijdens het composteren bepalen in belangrijke mate de hoogte van de broeikasgasemissies. Bij het composteerproces zijn van belang: beluchting, mechanische omzetting van het materiaal, vochtgehalte en temperatuurregime (Amlinger en Peyr, 2008). Bij grotere, extensief beheerde composthoven (niet of nauwelijks omzetten) werd in vergelijking met kleinere, intensief omgezette composthoven hoge concentraties CH₄ en vluchtige verzadigde vetzuren in het compostgas gevonden. Ook werden dan hogere temperaturen gemeten. Dit wijst erop dat naast aerobe ook anaerobe omzetting heeft plaatsgevonden. Naarmate de compost langer lag (ouder werd) nam de N₂O-emissie toe (Beck-Friis, 2000).

Professionele bedrijven die groencompost maken, zijn verplicht de compost ziektevrij af te leveren. Daardoor moet de compost in de beginfase een aantal dagen boven de 45-50°C worden gehouden. Tevens die zelf composteren geven aan dat het ziektevrij maken van zelf gemaakte compost mogelijk minder van belang is. Dit zou kunnen betekenen dat bij zelf composteren de emissie van CH₄ lager is dan bij grootschalig compostering. Lagere temperaturen kunnen de vorming van N₂O echter weer doen toenemen.

Ook hoge ammoniumconcentraties en een lage C/N verhouding (C/N<17) kunnen de emissie van N₂O drastisch verhogen (Amlinger, 2008).

3.3 Energieverbruik

Van het energieverbruik voor, tijdens en na het composteren van groencompost op een professioneel bedrijf zijn onvoldoende kengetallen in de literatuur gevonden. Ook composteerbedrijven hebben die gegevens niet voorhanden. Het energieverbruik is in een LCA een belangrijke parameter. Het ontbreken van kengetallen over het energieverbruik maakt het opzetten van een LCA voor centrale bereiding van groencompost op composteerbedrijven onmogelijk. Er zal eerst vervolgonderzoek moeten plaatsvinden om zicht te krijgen op deze waarde. In de volgende paragrafen worden een aantal punten waar sprake is van energieverbruik nader aangeduid. Aangenomen is dat de LCA begint bij het transport van het verzamelde groenafval vanaf natuurterreinen, bermen, bosgebieden, parken van gemeenten. Het energieverbruik op de natuurterreinen dat aan het transport voorafgaat wordt niet toegerekend aan de productie van groencompost.

3.3.1 Transport groenafval naar het composteerbedrijf

Groenafval wordt op verschillende manieren en door verschillende bedrijven en instanties afgeleverd op de composteerbedrijven. Het energieverbruik voor het transport kan op basis van de volgende uitgangspunten berekend worden. De gemiddelde retourafstand bedraagt 70 km, het brandstofverbruik is 0,37 liter diesel/km, er wordt gemiddeld 35 ton groenafval getransporteerd, 1 ton groenafval levert gemiddeld 450 kg groencompost op en de energie-inhoud van 1 liter diesel is 42,4 MJ. Het dieselverbruik voor het transport van het groenafval is dan 70 km * 0,37 liter diesel = 25,9 liter. Een hoeveelheid van 35 ton groenafval levert 15,75 ton groencompost op. Het dieselverbruik per ton groencompost is 1,64 liter. De energie-inhoud hiervan is 69,7 MJ/ton groencompost.

3.3.2 Composteerproces

Op de composteerbedrijven vinden er veel meer bewerkingen plaats vóór, tijdens en na het composteerproces dan bij zelf composteren op het agrarisch bedrijf. Echter ook tussen de bedrijven bestaan grote verschillen in de wijze van composteren en daarmee in het energieverbruik. De verschillen hangen samen met de omvang van het bedrijf, de aard van het groenafval dat wordt gecomposteerd, de voorbereidingen (sorteren en verkleinen) van het groenafval, het wel of niet geforceerd beluchten, de opvang van het percolaatwater en het aantal malen dat berekend wordt, het aantal malen dat de composthoop wordt omgezet, de machines die voor het omzetten gebruikt worden, de hoogte en breedte van de composthoop, de composteertijd en het eventueel zeven/sorteren van de compost om de groencompost op specifieke deelmarkten af te kunnen zetten.

Ondanks de inspanningen die gedaan zijn om in het energieverbruik op de composteerbedrijven inzicht te krijgen, is dit niet gelukt. Er is dus geen informatie bekend over het energieverbruik op de composteerbedrijven. Het betreft dan zowel de directe energie als de indirecte energie die samenhangt met het gebruik van de composteerplaats en de gebruikte machines.

3.3.3 Transport groencompost naar het agrarisch bedrijf

Voor het transport van groencompost van de composteerder naar het agrarisch bedrijf is een gemiddelde retourafstand van 35 km aangehouden. Als wordt uitgegaan van dezelfde rekenregels als bij het transport van groenafval naar de composteerder komt dit neer op een brandstofverbruik van 0,37 liter diesel per ton groencompost en dit komt overeen met een energie-inhoud van 15,7 MJ per ton groencompost.

3.4 Energieverbruik en gasvormige emissies op de akker (Fase 2)

Aangezien gemiddeld genomen de samenstelling en de bemestende waarde van de zelf gemaakte compost niet verschilt van die van GFT-compost zal ook de dosering van de groencompost (in ton/ha), de bemestingsstrategie en de aanvullende bemesting niet verschillen van de situatie waarbij GFT-compost wordt gebruikt. Voor de opzet van de LCA in de fase van toepassing op de akker kan daarom verwezen worden naar rapport Dekker (2009). In dit rapport is voor energieverbruik (directe plus indirecte energie) voor het toedienen van de compost op de akker een waarde van 37,3 MJ/ton compost berekend.

Wanneer ook in Fase 2 de kengetallen worden uitgedrukt per ton compost dan betreft het de volgende waarden. Emissie van broeikasgassen 51 kg CO₂-equivalenten/ton compost en bijdrage aan organische stofvoorziening 143 kg effectieve organische stof/ton compost.

4 Conclusies

- Het is niet mogelijk om via een LCA-studie het zelf composteren op het agrarisch bedrijf op een verantwoorde manier te vergelijken met composteren op regioschaal door composteerbedrijven.
- De kengetallen voor het energieverbruik en de emissies van broeikasgassen ontbreken of zijn slechts gedeeltelijk op basis van praktijkinformatie dan wel buitenlandse literatuur in te vullen.
- Uit oogpunt van beperking van energieverbruik en beperking van transport op de weg gaat een duidelijke voorkeur uit naar het zelf composteren van groenafval op het agrarisch bedrijf.
- Het is echter niet bekend of het niveau van emissies van broeikasgassen bij composteren op het agrarisch bedrijf verschilt van dat bij regionaal composteren op composteerbedrijven.
- Bij bereiding van groencompost op regioschaal kan van schaalgroottevoordelen geprofiteerd worden en heeft men meer mogelijkheden om sturing te geven aan de gewenste condities voor een optimaal composteerproces.
- De samenstelling van groencompost is sterk afhankelijk van het groenafval dat als grondstof voor de compostering is gebruikt. De variatie in samenstelling van de groencompost is erg groot. Dit geldt zowel bij bereiding van groencompost op het agrarisch bedrijf als bij regionale bereiding van groencompost. Het is niet mogelijk om een betrouwbaar verschil aan te geven in de samenstelling van GFT-compost, zelfgemaakte groencompost en regionaal gemaakte groencompost.
- Verondersteld mag worden dat de toegepaste dosering op de akker van beide wijzen van groencompostbereiding gemiddeld genomen overeenkomt met de toegepaste dosering van GFT-compost en dat ook de aanvullende bemesting overeenkomt met die bij toepassing van GFT-compost.
- Een beoordeling van groencompost kan beperkt blijven tot de productiefase van de groencompost tot aan het moment dat de groencompost op het veld wordt toegediend. Vervolgonderzoek is nodig om kengetallen te verzamelen betreffende het energieverbruik en de emissies van broeikasgassen bij zowel composteren van groenafval op het agrarisch bedrijf als op regionale composteerbedrijven.

5 Literatuur

- Akkerman, M., Nutriëntenverliezen bij composteren van gewasresten, PPO-stageverslag 2000 (intern document).
- Amlinger, F., S. Peyr, Umweltrelevanz der dezentralen kompostierung, Klimarelevante Gasemissionen, Flüssige Emissionen, Massenbilanz, Hygienisierungsleistung, Kompost-Entwicklung & Beratung, Institut for Land, Umwelt, und Energietechnik (Iluet), Perchtoldsdorf, Duitsland, endbericht, Dezember 2003. pp.150.
- Amlinger, F., S. Peyr, Green house gas emissions from composting and mechanical biological treatment, Waste Management Research, 2008, 26:46-60.
- Beck-Friis, B., M. Pell, N. Sonesson, H. Jönsson, H. Kirschmann, Formation and emission of N₂O and CH₄ from compost heaps of organic household waste, Environmental Monitoring and Assessment, 2000, 62: 317-331.
- Dekker, P.H.M., E.S.C. Stilma, W.C.A. van Geel en A. Kool. LCA-meststoffen, PPO-AGV en Blonk Milieu Advies, 2009, pp. 87.
- Hanssen, R., Stageverslag binnenland PPO-Vredepeel, Den Bosch, 2006
- Postma, R., S. Smits, A. Veeken, Compostering van gewasresten van vollegrondsgroentegewassen, rapport 1101, NMI Wageningen, conceptverslag november 2008, pp. 20.
- Wondergem, M., Vorming van percolaatwater en uitspoeling van nutriënten bij composthoppen van bloembollenafval, rapport bloembollenonderzoek nr. 118, Proefboerderij De Noord, november 2000, pp. 55.

Bijlage 1. Zelf composteren

1. PPO-Vredepeel

Omgezet met compostfrees
Aantal keren omzetten: 18 keer
13 maart- 24 maart (bij temp >65 C): dagelijks
24 maart- april: wekelijks

2. Demo Telen met toekomst

Versnipperen van het hout is niet opgenomen in de berekening

Composteerproces

600 m³ vers materiaal (stro 150 m³, aardbeiloof 450 m³)
Aangenomen wordt dat de bulkdichtheid van stro (lage bulkdichtheid) en aardbeiloof (hoge bulkdichtheid) samen 0,7 is. Voor GFT-compost is de bulkdichtheid 0,8.

600 m³ * 0,7 komt overeen met 420 ton vers materiaal
420 ton vers materiaal * 0,6 (omrekeningsfactor van vers naar compost) = 252 ton compost

Energiebehoefte voor composteerproces

De composthoop werd 8-10 keer omgezet met een Zandberger-compostfrees (2,5 m breed, snelheid 100 m/uur).
Afmetingen compost hoop: lengte 300 m, breedte 2,5 m, oppervlakte 750 m², inhoud 600 m³
Compostfrees verwerkt 2-2,5 m³ per stekkende meter rug
Dieselverbruik: 10 L/uur, om composthoop om te zetten 3 uur bezig = 30 L diesel (€ 9,5 /uur)

10 * omzetten * 30 L diesel = 300 L diesel.

Voor omzetting van 252 ton compost werd 300 L verbruikt = 0,84 L diesel/ton compost
0,84 L diesel/ton compost * 42,4 MJ/L diesel = 35,6 MJ (zie hier onder)
35,6*0,074 kg CO₂-equ = 2,6 kg CO₂-equ/ton compost

De benodigde energie voor de productie en het gebruik van diesel is 50,5 MJ/kg (Gaillard, 1997). 1 liter diesel komt overeen met 0,84 kilogram diesel en 50,5 MJ/ kg is gelijk aan 42,4 MJ/ liter diesel. (rapport LCA, blz 47), 1MJ = 0,074 kg CO₂-equ

Bij 40 L extra dieselverbruik wanneer loonwerker moet komen om compost om te zetten:
ingeschatte retourafstand van 20 km van bedrijf tot loonbedrijf
dieselverbruik tijdens transport van trekker en compostfrees van 1:5
het dieselverbruik bij 10 keer omzetten 40 L (20 * 10 = 200 km /5).
40 L/252 ton compost * 42,4 MJ/L diesel = 6,7 MJ / compost * 0,074 kg CO₂-equ = 0,5 kg CO₂-equ/ton compost

Emissies:

Er vanuit gegaan dat dit zowel emissie is naar lucht en bodem. In ieder geval niet duidelijk wat emissie naar lucht en bodem is.

Stikstof = Ntot, voor Nmin en Norg geen metingen aangedaan

Gemiddelde van 3 locaties met elk 2 composthoven

	Droge stof g/kg product	Organische stof g/kg droge stof	Stikstof g/kg droge stof	fosfaat g/kg droge stof	kali g/kg droge stof
Voor composteren	636	239	6,4	2,6	6,7
Na composteren	663	170	5,7	2,6	6,0

Berekening stikstof in vers materiaal:

$600 \text{ m}^3 * 0,7$ komt overeen met 420 ton vers materiaal

$420 \text{ ton vers materiaal} * 63,6 \% \text{ ds} = 267 \text{ ton ds}$

$267 \text{ ton ds} * 6,4 \text{ kg N-tot/ton ds} = 1709 \text{ kg N-tot}$

Berekening stikstof in compost:

$420 \text{ ton vers materiaal} * 0,6$ (omrekeningsfactor van vers naar compost) = 252 ton compost

$252 \text{ ton compost} * 66,3 \% \text{ ds} = 167 \text{ ton ds}$

$167 \text{ ton ds} * 5,7 \text{ kg N-tot/ton ds} = 952 \text{ kg N-tot}$

Stikstofverlies:

$1709 \text{ kg N-tot} - 952 \text{ kg N-tot} = 757 \text{ kg N-tot}$

$757 \text{ kg N-tot}/1709 \text{ kg N-tot} * 100 = 44 \%$

