

I. Life cycle analyse (LCA)

Eén manier om de ecologische impact van verschillende mest- of digestaatnabehandeling te becijferen en met elkaar te vergelijken is het (laten) uitvoeren van een LCA. In dit kader verwijzen we naar 2 studies:

LCA-STUDIE DIGESTAATNABEHANDELINGSTECHNIEKEN (UNIVERSITEIT HOHENHEIM)¹

De ecologische impact en energie-efficiëntie van 7 verschillende digestaatbehandelingen werden berekend en met elkaar vergeleken: meer bepaald van een conventioneel scenario van open opslag en uitrijden van digestaat, versus 6 scenario's gaande van stabilisatie (composteren), drie droogtechnieken (band-, trommel- en zonnedroger), indikking en tot slot fysico-chemische behandeling (scheiden+ultra-filtratie, RO en ionen-uitwisseling). Er werd gescoord op Primaire Energie Vraag (PEV), Globaal Opwarmings Potentieel (GOP) en Verzurend Potentieel (VP) per kg digestaat input (u). Hierbij had men telkens oog voor de invloed van verschillende feedstocks, energiebronnen, emissiereductie-technieken en logistieke ketens. Globaal genomen bleken droging met zonne-energie, composteren en de fysico-chemische behandeling de meest geschikte nabehandelingen om energieverbruik én milieu-impacten te verminderen in vergelijking met het conventioneel scenario. De banddroger bleek anderzijds de hoogste PEV, GOP en VP te hebben van alle behandelingsalternatieven. De PEV varieerde van -0,09 MJ/u (composteren) tot 1,3 MJ/u (banddroger). Het GOP schommelde tussen 0,06 kg CO₂ eq/u (zonnedroger) en 0,1 kg CO₂ eq/u (banddroger). Het VP ging van 2,7 g SO₂ eq/u (composteren) tot 7.1 g SO₂ eq/u (banddroger). De resultaten gaven aan dat de ecologische impact grotendeels afhangt van de stikstof gerelateerde emissies van de nabehandeling, opslag en verspreiding. Een andere belangrijk aspect is de gebruikte energiebron voor warmte (biogas, aardgas) en de gekozen allocatie van energie (warmte vs stroom). Dit geeft onder meer aan dat bij drogen met een banddroger met biogas als brandstof en een performante nabehandeling van de luchtuitstoot aan (WKK en) de drooginstallatie de milieuimpact geminimaliseerd kan worden.

LCA-STUDIE LUXEMBOURG INSTITUTE OF SCIENCE AT TECHNOLOGY²

Soortgelijk in haar studie-object kwam men ook hier tot een soortgelijke eindconclusie namelijk dat nabehandelen ecologisch beter kan zijn dan rechtstreeks uitrijden van het ruw digestaat op land – in grote mate door de grote impact van (vermeden) stikstof-emissies. Het instituut onderzocht meer bepaald de nabehandelingsopties (A) nacomposteren, (B) drogen en

¹ Resources, Conservation and Recycling, volume 56, issue 1, nov 11, pp 92-104, LCA of biogas digestate processing technologies (T.Rehl, J. Müller), Universität Hohenheim, Institute of Agricultural Engineering

² Studie uitgevoerd i.k.v. ARBOR: Golkowska, K., Vázquez-Rowe, I., Koster D., Lebuf, V., Benetto, E., Vaneekhaute, C., Meers, E. (2015). Life Cycle Assessment on selected processes of nutrient recovery from digestate, in The recovery and use of mineral nutrients from organic residues (eds. Meers, E., Velthof, G.), John Wiley & Sons.

pelletiseren , (D) biologie+RO en drogen , en (F) NH₃-strippen van ruw digestaat : zie figuren 20 & 21.

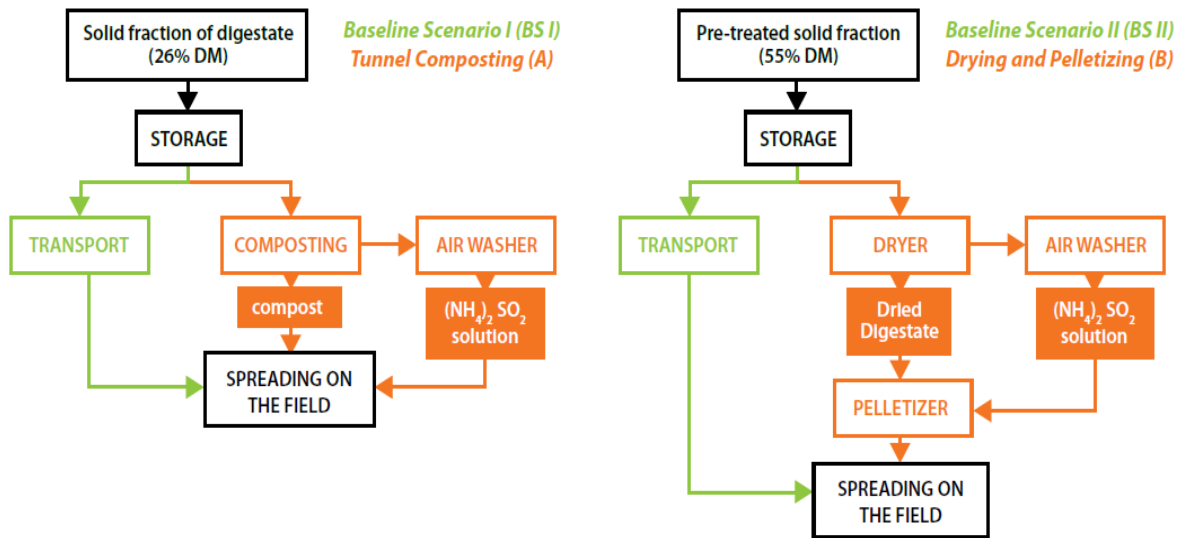


Figure 20

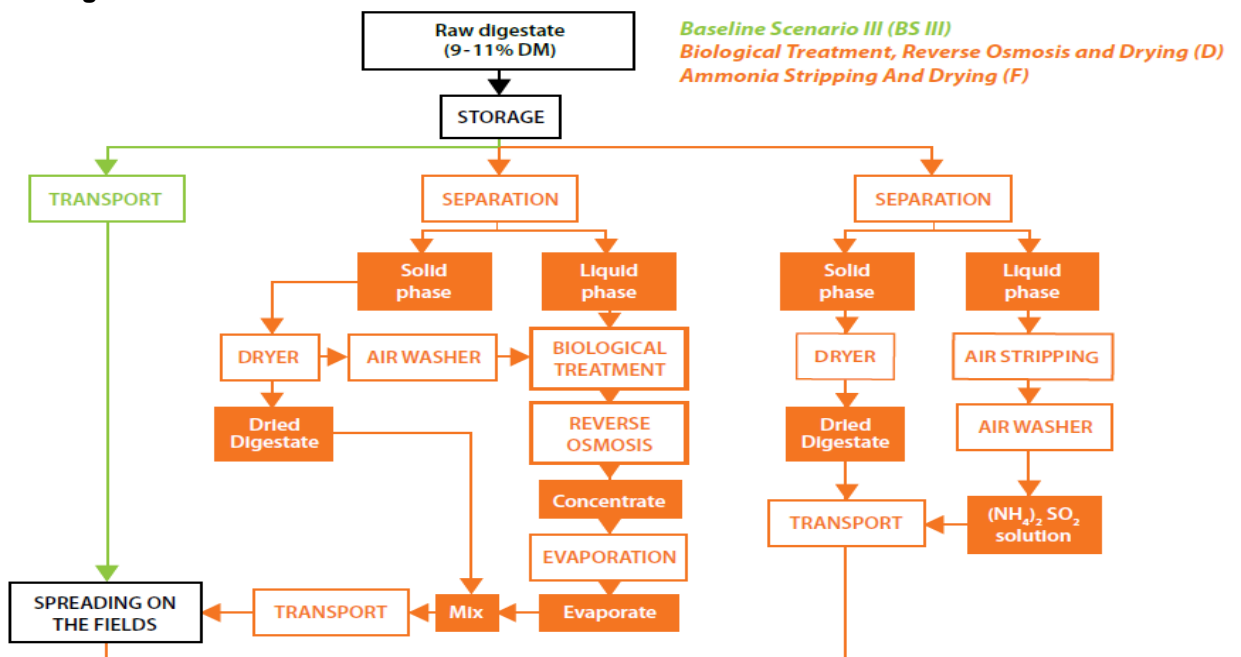


Figure 21

Onderlinge vergelijking was niet mogelijk wegens assumptie van nabehandelingen uitgaand van verschillende digestaatfracties (ruw, dik, deels ingedroogd) vandaar dat elke nabehandeling telkens werd vergeleken met basisscenario (BS) waarin het ruw digestaat werd opgeslaan, getransporteerd en uitgereden.

Voor de berekeningen werd beroep gedaan op gemiddelde Vlaamse digestaatkarakteristieken, massa-balansen van de type-installaties, ecoinvent® v2.2 inzake nabehandlungsprocessen, literatuurstudie en tot slot op de ReCiPe calculatiemethode (Goedkoop et al., 2009). Naar

toxiciteit toe werden de impacts geanalyseerd met de USEtox calculatiemethode (EC, 2010). Concrete invloeden die werden berekend zijn klimaatverandering, ozon-aantasting, bodemverzuring, vermessing waterlichamen, menselijke toxiciteit, fijne stof, ecotoxiciteit, landgebruik, water- en metaalontginning, gebruik fossiele brandstoffen,..

Deze studie concludeerde (Figuur 22) dat nabehandelingen b, d en f lagere emissies genereerde t.o.v. een rechtstreekse verspreiding op landbouwbodem (basisscenario's II en III). De grootste ecologische winsten bleken gelegen in nabehandeling van ruw digestaat. Hierbij bleken telkens ook de impacts klimaatverandering, fijn stof en fossiele uitputting de doorslaggevende elementen van de finale LCA-indicator te zijn.

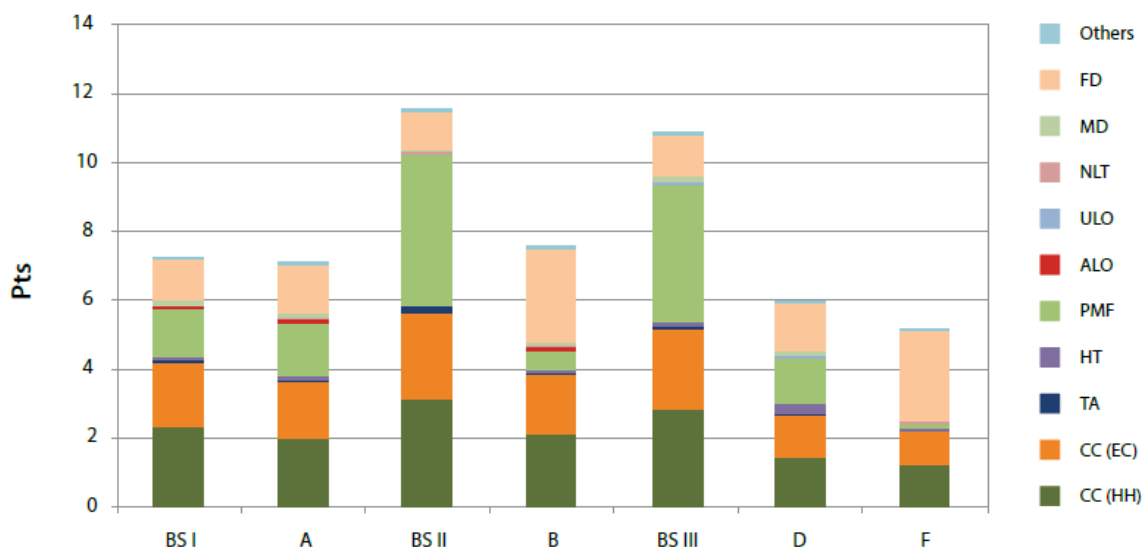


Figure 2: Results of the LCA assessment for the analysed treatment systems and baseline;
 FD - Fossil depletion, MD - Metal depletion, NLT - Natural land transformation,
 ULO - Urban land transformation, ALO - Agricultural land transformation, PMF - Particulate matter
 formation, HT - Human toxicity, TA - Terrestrial acidification, CC(EC) – Climate change ecosystem,
 CC(HH) – Climate change human health (according to Golkowska et al., 2015)

Figure 22

De behandeling van deels voorgedroogde dikke fractie tot volledig gedroogde en gepelletiseerde meststof (b) verlaagt de ecologische impact met 35% t.o.v. het basisscenario II³. Nabehandeling van ruw digestaat (d en f) geeft impactverlaging van respectievelijk 45% en 52% t.o.v. basisscenario III.

In tegenstelling dus tot de eerste LCA (Universiteit Höhenheim) zou volgens de LCA van het Luxemburg Institute geen wezenlijke ecologische verbetering te realiseren zijn door composteren. De concrete keuze van parameters en achterliggende assumpties en berekeningen spelen dus een cruciale rol in de interpretatie en betrouwbaarheid van LCA-resultaten. De complexiteit en

³ Waarbij de betere score in klimaatverandering door grote vermindering in NH₃-emissies niet tenietgedaan werd door grotere inzet van fossiele brandstoffen in de verschillende verwerkingsstappen.

kost van een LCA-oefening maken bovendien dat dit instrument met omzichtigheid moet toegepast worden.

II. Berekening OS- en nutriëntvervangingswaarde van digestaat

INLEIDEND

In de literatuur teruggevonden LCA's vergelijken niet de impact van (productie en gebruik van) digestaatgebaseerde organische producten t.o.v. die van minerale en fossielgebaseerde meststoffen en bodemverbeteraars. Daarenboven zullen LCA's veelal niet de waarde van (werkzame) nutriënten, de (effectieve) organische stof en andere afgeleide bodemverbeterende voordelen in rekening nemen. In dit luik van de waardebepaling van digestaat en als opstap naar de bespreking van mogelijke duurzaamheidslabels willen we de ecologische en economische voordelen van digestaat dan ook anders benaderen:

In 2009 bracht Vlaco een eerste maal een studie uit met onderbouwde ramingen van de ecologische en economische waarde van compost⁴. Hierbij werd de ecologische waarde ingevuld vanuit eigenschappen veenvervanging, nutriëntvervanging, ziektevermindering, meeropbrengsten, C-sequestratie, waterberging, erosievermindering en energetische bijdrage (voorvergisting gft en biomassa): hierop werden waar mogelijk cijfers toegekend veelal in termen van uitgespaarde CO₂-uitstoot of vastgehouden koolstof. Evenzo werden onderbouwde monetaire waarden gelinkt aan compost omwille van eigenschappen van veen- en minerale nutriëntvervanging, lagere noodzaak tot pesticidenaanwending, lagere irrigatie vereiste, minder erosie en potentiële energetische synergieën: met als resultaat een economische waarde van 55€/ton groencompost en 65€/ton gft-compost.

Vlaco bracht in 2012 een 2^{de} ecologische en economische waarde-berekening uit ditmaal van digestaat⁵ meer bepaald ruw digestaat en gedroogd digestaat. Hierin wordt enerzijds de ecologische waarde uitgedrukt – o.b.v. een met minerale meststof evenwaardige hoeveelheid werkzame NPK-inhoud – in termen van uitgespaarde CO₂-equivalenten (kg CO₂ eq. per kg digestaat). Anderzijds werd de economische waarde berekend als zijnde de werkzame nutriëntwaarde + effectieve OS-waarde: zo vertegenwoordigden ruw digestaat en gedroogd digestaat een monetaire waarde van respectievelijk 11,5 en 131€/ton. In wat volgt zal Vlaco met de laatste data inzake nutriënt- en OS-waarden en minerale NPK-prijzen een geüpdate berekening maken van de ecologische en economische waarde van ruw digestaat, dunne fractie, effluent, concentraat, dikke fractie en gedroogd digestaat.

ECOLOGISCHE EN ECONOMISCHE WAARDEN VAN DIGESTAAT ANNO 2016

De samenstelling van de digestaatproducten is sterk afhankelijk van de inputstromen. Bij (co-) vergisting worden geen nutriënten afgescheiden. Alle nutriënten in de inputproducten die in de

⁴ <http://www.vlaco.be/professionele-verwerking/eindproducten/econ-en-ecol-voordelen-compostgebruik>

⁵ <http://www.vlaco.be/professionele-verwerking/eindproducten/eampe-digestaat>

vergister gaan, worden teruggevonden in het digestaat. Het gehalte op zich kan wel veranderen omdat het droge-stofgehalte daalt door de omzetting naar biogas. Bij vergisting zal een deel van de organisch gebonden stikstof als ammoniumstikstof vrijkomen en dus de werkzaamheid van de totale N-inhoud verhogen. Een overzicht van de invloed van vergisting op de samenstelling van de ingaande inputstromen wordt getoond in onderstaande tabel.

Tabel 10

PARAMETER	INVLOED VAN VERGISTING
droge stof	Daalt
organische stof	wat overblijft na vergisting bestaat uit een gedeelte slecht afbreekbaar organisch materiaal + biomassa (micro-organismen)
stikstof (N)	gedeelte van organisch gebonden stikstof wordt omgezet in ammoniumstikstof
P,K,Mg, Ca, Na, spoorelementen	mineralen blijven aanwezig keuze van inputproducten in geval van co-vergisting van mest heeft invloed op mineralengehalte
Zout	zouten blijven aanwezig + extra ammonium wordt vrijgesteld
Basenequivalent	Neutraal
zware metalen	blijven aanwezig
Andere	effect op homogeniteit minder geur fytosanitair effect

Bepalend voor de nutriënt- en organische stofwaarden en –verhoudingen zijn de verdere nabehandelingen van het digestaat. Zo brengt het nieuwe mestactieprogramma de verschillende (nabehandelde) digestaatproducten onder in 3 types meststof met verschillende te hanteren werkingscoëfficiënten⁶:

- **Type 1:** digestaten met (VLM-) attest traagwerkende meststof ($N_{min}/N_{tot} < 15\%$ en werkingscoëfficiënt $< 30\%$) – hieronder kunnen mits attest zowel **dikke fracties digestaat** als **gedroogd digestaat** vallen. Werkingscoëfficiënt N cfr MAP V: 30%
- **Type 2:**
 - * dikke fractie digestaat (zonder attest traagwerkende meststof).
Werkingscoëfficiënt N cfr MAP V: 30%
 - * ruw digestaat en dunne fractie digestaat. Werkingscoëfficiënt N cfr MAP V: 60%
- **Type 3:** effluent, concentraat, spuistroom. Werkingscoëfficiënt N cfr 100%

⁶ De voedingsstoffen (N, P, K, ...) uit digestaat zitten deels vast in een organische matrix en komen desgevallend niet integraal beschikbaar in het jaar van toediening. De bemestende waarde van een nutriënt in een digestaat/organische meststof is dan ook kleiner dan het totale gehalte. De bemestingswaarde of 'werkingscoëfficiënt' geeft aan welk deel van het totale gehalte meststoffen van een element dezelfde werking heeft als de anorganische meststof. Voor stikstof, fosfor en kalium wordt de benutting vergeleken met respectievelijk ammoniumnitraat, tripelsuperfosfaat en chloorkali of kaliumsulfaat.

Op basis van het 'Oriënterend onderzoek naar de invullingen van de begrippen mineralenrijk – mineralenarm, humusrijk' (OVAM (2002)) en de hieruit door Vlaco⁷ overgenomen methode om organische eindproducten als **bodemverbeteraars** of **meststof** in te delen, kon geconcludeerd worden dat ruw digestaat en gedroogd digestaat organische meststoffen zijn daar waar dikke fractie digestaat (cfr compost) eerder een bodemverbeteraar is: tabel 11. Cfr het huidige MAPV werden zowel dikke fractie als gedroogd digestaat tevens ook als 'traagwerkende meststof' gekarakteriseerd. Dit impliceert

- enerzijds dat gedroogd digestaat en dikke fractie digestaat zowel organische stof als nutriënten aanbrengen en doorgaans probleemloos ook in het najaar kunnen toegediend worden, en
- anderzijds dat men voor een sterker uitgesproken bodemverbeterend hetzij bemestend karakter een opmenging kan overwegen met andere specifieke organische of (organo-)minerale stromen.

Tabel 11

TYPE PRODUCT	BODEMVERBETEREND MIDDEL OF MESTSTOF? ¹⁴	TRAAGWERKENDE MESTSTOF?
Gft-compost	Bodemverbeterend middel	Ja
Groencompost	Bodemverbeterend middel	Ja
Ruw digestaat	Organische Meststof	Neen
Biothermisch gedroogde OBA-mest	Organische meststof	Neen
Gedroogd digestaat	Organische meststof ¹⁵	Ja
Dikke fractie	Bodemverbeterend middel	Ja

Vlaco karakteriseert digestaatproducten om, naast een onderbouwing van de werkingscoëfficiënten, ook de kennis van de (E)OS en nutriëntwaarden te consolideren. Annex II is een overzicht van de agronomische mediaanwaarden van verschillende karakterisaties (2009, 2011, 2014) van digestaatproducten⁸. Deze data gebruiken we in dit rapport als bouwstenen voor de ecologische en economische waarde van verschillende digestaatproducten te becijferen:

In onderstaande tabellen worden aldus berekend:

- de **ecologische waarden** (lichtblauw): *uitgespaarde CO₂-equivalenten – o.b.v. CO₂-emissie per (werkzame) nutriëntwaarde,*
- de **economische waarden** (geel): *monetaire waarde van (werkzame)nutriënt-inhoud en effectieve organische stof*

meer bepaald van de (digestaat)producten:

- *ruw digestaat,*
- *gedroogd digestaat,*
- *dikke fractie digestaat,*

^{93, 94} Zie o.a. Vlaco-rapport 'Update 2015 karakterisatie eindproducten biologische verwerking' :

<http://www.vlaco.be/professionele-verwerking/eindproducten/karakterisering-eindproducten>

- dunne fractie digestaat,
- effluent,
- concentraat,
- spuiwater (amoniumsulfaat),
- tevens wordt biothermisch gedroogde oba-mest⁹ getoond als referentie.

Zoals reeds vermeld is deze berekening gebaseerd op data uit Annex II en verder onderstaande assumpties van CO₂-equivalenten (vermeden CO₂ productie minerale meststof¹⁰) en prijzen minerale meststoffen en EOS 2015¹¹ (tabel 12).

Tabel 12

	CO ₂ equivalenten (kg/kg element)	prijs/kg	
N	5,29	0,73	
P ₂ O ₅	0,52	0,87	
K ₂ O	0,38	1,16	
EOC		0,19	hetzij 0,10€/kg EOS

BEREKENDE OS- EN NUTRIËNTVERVANGINGSWAARDEN

1. Ruw digestaat

	ruw digestaat				
	totaal (kg/ton)	WC	werkzaam (kg/ton)	kg CO ₂ equivalenten /ton	prijs (euro/ton)
N	4,5	88%	4,0	20,9	2,88
P ₂ O ₅	2,9	100%	2,9	1,5	2,52
K ₂ O	5,1	100%	5,1	1,9	5,93
EOS	40,9				4,21
				24,4	15,55

Merk op dat i.o.v. Vlaco uitgevoerde incubaties op ruw digestaat wijzen op een hogere N-werkzaamheid van stikstof (88%) dan de werkzaamheid verondersteld door MAP V (60%). Het gebruik van (de werkzame nutriënten uit) één ton ruw digestaat i.p.v. het gebruik van minerale mest voor een zelfde nutriëntaanbreng betekent een uitsparing of een ecologische waarde van ruim 24kg CO₂ equivalenten. Daar waar afzet van ruw digestaat vandaag een kost

⁹ O.b.v. (dikke) fracties mest, oba's en soms ook dikke fractie of gedroogd digestaat

¹⁰ EU-studie Waste management options and climate change (2001), http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/climate_change.pdf , p155

¹¹ Prijzen minerale meststoffen: <http://www.agrimatie.nl> & <http://ageconomists.com/2015/10/19/are-lower-fertilizer-prices-in-the-cards-for-2016/> ; 1 ton stro (426 kg EOC) à 79€ (<https://www.boerenbond.be/kenniscentrum/markten/akkerbouw/stro>) geeft een theoretische waarde per kg EOC van 0,185€/kg EOC.

(inclusief transport) van 10 à 30€/ton betekent¹², is de intrinsieke bodemverbeterende en bemestende waarde in feite 16€/ton.

2. Thermisch gedroogd digestaat

	thermisch gedroogd digestaat				
	totaal (kg/ton)	WC	werkzaam (kg/ton)	kg CO2 equivalenten /ton	prijs (euro/ton)
N	17,6	8%	1,4	7,4	1,02
P2O5	29,6	61%	18,1	9,4	15,70
K2O	28,0	89%	24,9	9,5	28,99
EOS	437,4				45,06
				26,3	90,78

Eerdere incubaties (1 staal in 2011 en 4 stalen in 2014) gaven gezamenlijk een gemiddelde N-werkingscoëfficiënt van slechts 8% hetgeen gevoelig lager ligt dan de door MAP V veronderstelde 30% (type 1) N-bemestingscoëfficiënt. Indien enkel de incubaties van verschillende gedroogde digestaten in 2014 wordt in overweging genomen komt de N-werkingscoëfficiënt reeds op 13,9% hetgeen wellicht een meer representatief cijfer is, en hetgeen de waarden in de volgende kolommen gevoelig verhoogt. Niettemin, de ecologische waarde is voorzichtig becijferd op 26,3 CO₂-equivalenten per ton gedroogd digestaat, daar waar de intrinsieke waarde 112€/ton bedraagt – vele malen hoger dan de prijzen die voor gedroogd digestaat vandaag verkregen worden (Annex I).

3. Biothermisch gedroogde oba-mest

	biothermisch gedroogde oba-mest				
	totaal (kg/ton)	WC	werkzaam (kg/ton)	kg CO2 equivalenten/ ton	prijs (euro/ton)
N	17,4	46%	8,0	42,2	5,80
P2O5	23,4	64%	14,9	7,8	12,99
K2O	14,2	100%	14,2	5,4	16,52
EOS	290,0				29,88
				55,4	65,20

Onder voorgaande assumpties heeft biothermisch gedroogde oba-mest t.o.v. gedroogd digestaat een hogere ecologische waarde maar een lagere economische waarde.

4. Dikke fractie digestaat

	dikke fractie digestaat				
	totaal (kg/ton)	WC	werkzaam (kg/ton)	kg CO2 equivalenten /ton	prijs (euro/ton)
N	6,2	30%	1,9	9,8	1,35
P2O5	8,9	90%	8,0	4,2	6,97
K2O	4,3	90%	3,9	1,5	4,50
EOS	222,0				22,87
				15,5	35,69

¹² Annex I

5. Dunne fractie digestaat

	dunne fractie digestaat				
	totaal (kg/ton)	WC	werkzaam (kg/ton)	kg CO2 equivalenten /ton	prijs (euro/ton)
N	7,7	80%	6,2	32,6	4,48
P2O5	3,2	100%	3,2	1,7	2,78
K2O	5,5	100%	5,5	2,1	6,40
EOS	23,5				2,42
				36,3	16,08

Hier werd uitgegaan van een effectieve organische stofgehalte van 50% (tegen bvb 79,5% bij ruw digestaat). Met een organische stofgehalte van 4,7% op vers gewicht, geeft dit EOS van 23,5 kg/ton. De respectievelijk ecologische en economische waarde van dunne fractie zijn zo geraamd op circa 36 kg CO2/ton en 15 €/ton.

6. Effluent

	effluent				
	totaal (kg/ton)	WC	werkzaam (kg/ton)	kg CO2 equivalenten/ton	prijs (euro/ton)
N	0,5	100%	0,5	2,6	0,36
P2O5	0,4	100%	0,4	0,2	0,35
K2O	2,5	100%	2,5	1,0	2,91
EOS	2,7				0,27
				3,8	3,89

Ook bij effluent veronderstellen we (cfr dunne fractie en concentraat) een effectiviteit van 50% van de organische stof. Met een OS-gehalte van 0,53% bedraagt het gehalte EOS 2,7 kg /ton effluent. Ongeacht de relatief lage nutriënt- en organische stof-waarden heeft effluent een positieve ecologische waarde van ca 4 kg CO2/ton alsook een economische waarde – voornamelijk de K-bemestingswaarde – van bijna 3€/ton die ook hier hoger ligt dan de feitelijk betaalde afzetprijs.

7. Concentraat

	concentraat				
	totaal (kg/ton)	WC	werkzaam (kg/ton)	kg CO2 equivalenten /ton	prijs (euro/ton)
N	2,4	100%	2,4	12,6	1,73
P2O5	0,1	100%	0,1	0,0	0,04
K2O	4,5	100%	4,5	1,7	5,26
EOS	2,3				0,24
				14,3	7,27

8. Spuiwater (ammoniumsulfaat)

	spuiwater				
	totaal (kg/ton)	WC	werkzaam (kg/ton)	kg CO2 equivalenten /ton	prijs (euro/ton)
N	55,0	100%	55,0	291,0	39,99
P2O5	0,0	100%	0,0	0,0	0,00
K2O	0,0	100%	0,0	0,0	0,00
EOS	0,0				0,00
				291,0	39,99

Ammoniumsulfaat, afkomstig van het spuien van de ammoniakhoudende lucht bij het strippen en/of de digestaatdroging, haalt zeer hoge waarden. Het relatief laag gebruik vandaag maakt dat dergelijke prijzen niet realiseerbaar zijn en het spuiwater wordt gerecirculeerd of alleszins niet te gelde wordt gemaakt.

III. Conclusie

LCA's kunnen in principe een wetenschappelijk onderbouwde beoordeling geven van de volledige milieu-impact van verschillende soorten bodemverbeters/meststoffen waaronder digestaat(gebaseerde) producten. En zo de ecologische meerwaarde ervan helpen verduidelijken. LCA's hebben echter ook een complexiteit en kostprijs die het frekwent hanteren ervan bemoeilijken. Bovendien ontbreekt het LCA's tot nu toe doorgaans aan de beoordeling van *de inhoud aan (werkzame) nutriënten, de (effectieve) organische stof en andere afgeleide bodemverbeterende voordelen, zoals extra vochthoudend vermogen van de bodem, daling van de erosiegevoeligheid, ziekteverendheid. Een zeer eenvoudige beoordeling van de ecologische én economische waarde is mogelijk o.b.v. de EOS en werkzame nutriënten-inhoud, zoals door Vlaco uitgevoerd. Mogelijks ligt de ideale beoordeling van de inherente waarde van digestaat tussenin dergelijke PFHV¹³ en de LCA.*

Het doel van DIMA om middels op maat gemaakte digestaten en digestaatgebaseerde eindproducten een grotere meerwaarde te realiseren, is hoe dan ook gebaat bij het meer zichtbaar maken van de intrinsieke waarden van digestaat(gebaseerde eind)producten.

Een concrete mogelijkheid om de ecologische en/of economische waarde van het digestaat te benadrukken, en hierdoor de vraag en productprijs te stimuleren, is kijken naar eventuele additionele logo's of labels op de productverpakking. Dit vormt het onderwerp van het volgende en laatste hoofdstuk van dit economisch subrapport (van het werkpakket 4).

¹³ Potential Fertilizing and Humus Value cfr 3.1.3