

WP 3: SCENARIO-ANALYSE: ECONOMISCHE/ECOLOGISCHE HAALBAARHEID

LCA VALORISATIEMOGELIJKHEDEN BIOGAS

DELIVERABLE D3.4B

DATUM: 30/09/2019

IWT-PROJECT: IWT 150411 - 2015/6094 – ADBR/KW – TransBio

AUTEUR: JEROEN BUYSSE; UGENT

**AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN**



Vlaanderen
is ondernemen

Vlaams innovatiesamenwerkingsverband (VIS)-traject
gecofinancierd door het agentschap voor Innoveren
en ondernemen (VLAIO)

Project website: <http://www.TransBio.be>

DISCLAIMER

De verantwoordelijkheid voor de inhoud van dit document ligt volledig bij de auteur. Het reflecteert niet noodzakelijk de mening van het agentschap voor Innovatie door Wetenschap en Technologie (IWT). De auteur noch het IWT kunnen aansprakelijk gesteld worden voor het gebruik door derden van de informatie in dit document.

TRANSBIO

Ondanks zijn sterk toegevoegde economische waarde heeft biogas als basistechnologie toch te kampen met een intrinsiek hoge investerings- en operatiekost en blijft het als hernieuwbare energietechnologie voor een groot deel afhankelijk van financiële ondersteuning. Het spreekt voor zich dat alle betrokkenen, overheden en energiepartners, steunkaders graag tot een minimum wensen te beperken terwijl de biogasproducenten zelf streven naar meer zelfstandigheid, robuuste businessmodellen en dus minder steunafhankelijkheid.

TransBio wil inzetten op een verdere optimalisatie van het basis bedrijfsmodel door in te zetten op de basiswaarden waaruit de sector initieel is gegroeid: kennis en innovatie. In kader van dit project wordt ingezet op: (1) verminderde kost voor grondstoffen door supply chains voor huidig onbenutte biomassastromen verder te ontwikkelen (bermgras, beheermaaisels, GFT, oogstresidu's, alternatieve teelten), (2) verhoogde inkomsten uit geproduceerde stroom door meer intelligent in te zetten op intraday variatie in stroomprijzen en de inzet van biogasinstallaties als "balansregelaars" die kunnen bufferen voor meer grillige energieproductievormen (zoals wind- en zon-energie), (3) diversificatie van de markt door opwerking van biogas naar biomethaan en vervolgens handel als groene brandstof, (4) recuperatie en opwerking van minerale constituenten tot hoogwaardige minerale bemesters (N/P/K) die kunnen fungeren als kunstmestvervangers.

INHOUDSOPGAVE

Disclaimer	1
TransBio	1
Lijst met afkortingen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Samenvatting	3
Inleiding	3
Materiaal en methoden	3
Types LCA	3
Doel	5
Reikwijdte	5
Veronderstellingen	6
Resultaten	7
Algemene discussie en conclusie	9

SAMENVATTING

Deze levenscyclusanalyse probeert een antwoord te formuleren op de vraag wat de meest duurzame valorisatiemethode is voor biogas: (1) directe verbranding van biogas in een onsite WKK, (2) opwerking naar biomethaan en gebruik in een STEG centrale, (3) opwerking naar biomethaan en verbranding in een WKK.

Uit de LCA blijkt dat het gebruik van biogas in een STEG de minst duurzame optie, omdat er geen warmtevalorisatie is. De CO₂-voetafdruk van de biogas-WKK ten opzichte van de biomethaan-WKK is zeer gelijkaardig. Door het biogas op te zuiveren naar biomethaan kan het gebruikt worden in een WKK met een hoogwaardigere warmtetoepassing dan klassiek het geval is op een site van een biogasinstallatie. Daartegenover staat een efficiëntieverlies door het opzuiveringsproces dat ook energie vraagt. De conclusie van de LCA is indicatief, maar sterk afhankelijk van de gekozen parameterwaarden.

INLEIDING

De huidige verwerking van biogas verloopt hoofdzakelijk via WKK's (Warmte-Kracht Koppeling) met als output elektriciteit en warmte. Het steunmechanisme van de overheid is op dat afzetmechanisme afgestemd via ondersteuning met groenestroomcertificaten en warmtekrachtcertificaten. Biogas kan echter ook gevaloriseerd worden via opwerking tot biomethaan dat in het aardgasnet kan gepompt worden, gebruikt worden als brandstof in CNG (compressed natural gas) voertuigen of andere toepassingen van methaan. Het biomethaan in het aardgasnet heeft dan op zijn beurt opnieuw verschillende toepassingen waar het fossiele energiebronnen zal vervangen door een in oorsprong hernieuwbare energiebron.

De vraag die in dit document behandeld wordt is welke combinatie van processen de meest duurzame is.

- De directe verwerking van biogas tot elektriciteit en warmte via WKK's.
- De opwerking tot biomethaan en injectie in aardgasnet waarbij marktwerking zorgt voor de uiteindelijke invulling van de behoefte aan warmte en elektriciteit.
- De opwerking tot biomethaan, injectie in het aardgasnet maar de voorwaarde dat het biomethaan verwerkt moet worden in een WKK die niet noodzakelijk bij een biogasinstallatie staat. Die WKK, op een andere locatie dan de biogasproductie installatie, kan eventueel een nuttigere warmtetoepassing krijgen.

In dit document worden bovenstaande opties vergeleken. Daarvoor wordt eerst de keuze van de methodologie toegelicht, vervolgens de berekening van de warmtevraag. Op basis van die keuzes wordt dan de berekening voorgesteld met een discussie van de resultaten en een algemene conclusie.

MATERIAAL EN METHODEN

TYPES LCA

De milieu-impact van een product of productieproces kan beschreven worden door een levenscyclusanalyse (LCA). Er bestaan echter grote verschillen in de veronderstellingen, toepassingen,

doel en reikwijdte van zo'n analyse. Elk van die veronderstellingen kan een impact hebben op de uiteindelijke resultaten en de conclusies. Om daar een goed beeld van te krijgen maken we hier een overzicht van het verschil tussen twee belangrijke stromingen of benaderingen in de LCA: de attributie-LCA en de consequentie-LCA.

De meest toegepaste is de LCA op basis van attributie: het is een systeem modellering waarbij inputs en outputs toegekend worden aan eenheidsproces van een product. De impact van een product of proces wordt berekend op basis van de gemiddelde inputs en outputs. Hierin tellen alle inputs even veel mee ook al kan de gemiddelde input mix veranderen bij een verandering in een systeem.

De consequentie-LCA beschrijft de impact van een verandering door de verwachte verandering in een systeem te modelleren. De milieu-impact wordt dus gesimuleerd als de verandering van inputs en outputs en niet op basis van de gemiddelde input mix. Dit wordt ook de benadering op basis marginale verandering genoemd in plaats van de gemiddelde verandering. Een andere manier om het verschil tussen attributie-LCA en consequentie-LCA te illustreren is door te focussen op de manier waarop onderzoeksvragen beantwoord worden.

Een attributie-LCA beantwoordt welk deel van de totale milieu-impact te wijten is aan de productie, consumptie en afvalverwerking van een product. De bepaling van het aandeel van de milieu-impact is de kern van de analyse en verloopt volgens de allocatieregels. De consequentie-LCA kijkt naar de volledige impact van de milieu-impact maar enkel ten gevolge van een verandering van de productie, consumptie of afvalverwerking van het product. De centrale doelstelling is dus het geven van beslissingsaanbevelingen. Met andere woorden, vertrekkende van de huidige situatie wat zou er gebeuren als er een verandering ingezet wordt in de ene of andere richting.

De meeste LCA studies, ook deze in dit rapport, hebben als doel om een keuze tussen alternatieven te verantwoorden. Er wordt met andere woorden advies gemaakt over de beste keuze tussen de alternatieven en om die reden is consequentie-LCA in veel gevallen de juiste keuze om de milieu-impact te becijferen. In de praktijk blijkt echter dat het overgrote deel van de gepubliceerde LCA beroep doet op een LCA gebaseerd op attributie. Daar zijn verschillende verklaringen voor.

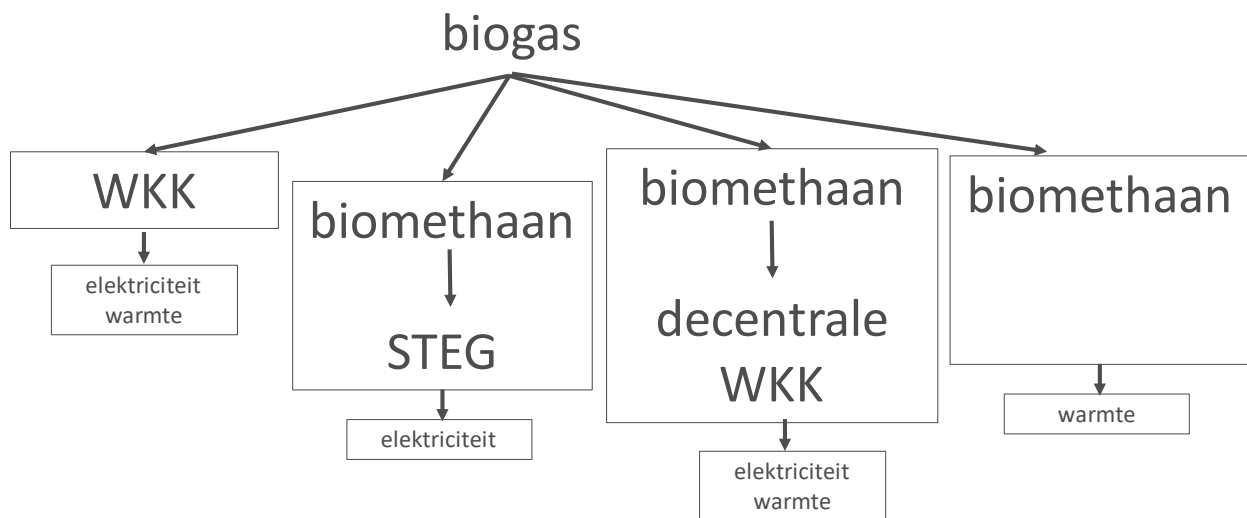
1. Gemiddelde situaties en cijfers zijn gemakkelijker te kwantificeren dan veranderingen in een systeem omdat de veranderingen heel sterk afhankelijk kunnen zijn van de situatie. Een consequentie – LCA is dus in principe complexer. Die complexiteit komt meestal doordat niet alleen milieukundige cijfers verzameld moeten worden maar dat er ook economische modellering moet gedaan worden.
2. De economische modellering zorgt op zijn beurt dan weer voor meer onzekerheid aangezien de parameters van de economische modellen moeilijker te bepalen zijn.
3. Een derde reden waarom de attributie-LCA vaker toegepast wordt dan de consequentie-LCA is het feit dat de marginale impact op lange termijn gelijk wordt aan de gemiddelde. Op lange termijn zouden er dus weinig of geen verschillen zijn tussen de attributie en consequentie-LCA.

De consequentie-LCA in deze studie is gemaakt om advies te geven wat in de huidige situatie op basis van een bestaand systeem de beste verandering is. Aangezien de meeste studies gebaseerd zijn op attributie-LCA kan deze studie ook een nuttige aanvulling en een ander perspectief geven ten opzichte van andere literatuur.

De complexiteit die samengaat met een consequentie-LCA wordt beperkt door keuzes gebaseerd op kennis van de energiesector en gezond verstand eerder dan een volledig evenwichtsmodel uit te werken. De toelichting hiervan gebeurt in de volgende secties.

DOEL

Zoals toegelicht in de inleiding is het doel een vergelijkende LCA te maken om de meest duurzame toepassing van biogas te bepalen. Onderstaande figuur geeft een overzicht van de verschillende toepassingen die hier verder besproken zullen worden.



Het meest linkse scenario gaat uit van een WKK die bij de biogasinstallatie staat. Het heeft als voordeel dat een deel van de warmte kan benut worden bij de vergister zelf of voor het drogen van digestaat maar het vinden van een hogere waarde toepassing van warmte is moeilijker. Het tweede van links scenario gaat uit van een opwerking van biogas tot biomethaan met injectie in het aardgasnet. We gaan er van uit dat de elektriciteit die geproduceerd wordt in het eerste scenario nog altijd gevraagd zal worden en op dat moment ingevuld zal worden door de technologie die ovandaag gebruikt wordt voor het opvangen van vraag-gestuurde en flexibele productie van elektriciteit. Dit zijn op dit moment STEG (stoom en gas) centrales. Het voordeel van de STEG-centrales ten opzichte van de kleinere WKK's is dat ze een hogere elektrisch rendement halen. Het derde van links scenario gaat uit van decentrale WKK's die geplaatst worden bij een hoge en continue warmtevraag waardoor het gebruik van niet-hernieuwbare warmte beter kan opgevangen worden. Het laatste scenario gaat uit van het gebruik van biogas na opwerking voor het vervangen van andere niet-hernieuwbare warmte bijvoorbeeld in boilers.

REIKWIJDTE

In deze analyse is het niet de bedoeling om na te gaan wat de meest efficiënte manier van productie van biogas is. We beperken ons dus tot de verwerking van biogas tot biomethaan, injectie in het aardgasnet en het gebruik van biogas of aardgas in energie-opwekking of toepassing.

Verder neemt de analyse niet de impact mee van investeringen in kapitaalgoederen noch in eerste of twee orde. Deze keuze is te verantwoorden omwille van het feit dat de milieu-impact van gebruik van fossiele brandstoffen veel groter is in de operationele fase dan in de investeringsfase.

De analyse beperkt zich tot het kwantificeren van de bijdrage aan klimaatopwarming uitgedrukt in kg CO₂-equivalenten. De emissies van CO₂ en methaan worden hierbij in rekening gebracht, de emissies van N₂O niet omdat die verwaarloosbaar klein zullen zijn en er weinig verschillen zijn tussen de scenario's. Die keuze kan onderbouwd worden door het feit dat de klimaatimpact relatief de belangrijkste is in deze processtap en omdat het ook de focus is van het beleid rond biogasproductie.

VERONDERSTELLINGEN

De analyse rekt op basis van 1 m³ biogas en vergelijkt dan de verschillende scenario's. We veronderstellen daarbij een gasinhoud van 0.55m³ methaan en 0.45m³ CO₂.

In elk van de procesketens zullen we de CO₂ equivalente uitstoot berekenen om tot dezelfde hoeveelheid warmte en elektriciteit te komen dan bij de keten met de hoogste waarde. Er wordt bijvoorbeeld het meeste elektriciteit geproduceerd in een STEG-centrale na omzetting van biogas tot biomethaan. We rekenen voor de biogas-WKK keten dan de CO₂ equivalente uitstoot om de lagere elektriciteitsproductie bij te passen met de technologie bovenaan op de merit-order ladder, i.e. de huidige in de markt gekozen duurste technologie op vlak van variabele kosten. Dit is volgens onze veronderstelling elektriciteitsproductie met een STEG centrale. De keuze of veronderstelling voor de bron van warmte om de tekorten bij te passen is de verbranding van aardgas in een gasboiler. We gebruiken daarvoor de calorische bovenwaarde van aardgas. Deze keuze kan gemotiveerd worden door het feit dat voor residentiële verwarming condensatieketels nu verplicht zijn bij nieuwe installaties. Het feit dat we niet kiezen voor warmte op basis van warmtepompen is dat deze enkel kostenefficiënter zijn dan de gasketels bij lagere temperaturen dan de warmte die vrijkomt bij WKK's. Bovendien worden condenserende gasketels bij vernieuwing of nieuwbouw nog steeds vaker geïnstalleerd.

De veronderstellingen per keten zijn de volgende.

- a) Er is een omzettingsefficiëntie van biogas naar elektrische energie in de WKK van 40% en 48% naar warmte. De equivalentie van de warmtebenutting bij een biogasinstallatie is 64% ten opzichte van decentrale applicatie. Deze 64% is een parameter die het onderwerp kan zijn voor discussie omdat deze niet zo eenduidig te bepalen is. Enerzijds krijgen zo goed als alle WKK's bij biogas installaties warmtekrachtcertificaten. De nuttige warmtebenutting is dus volledige erkend door de overheid. Anderzijds is het ook algemeen geweten dat de meeste warmte gebruikt wordt om digestaat te drogen en dat wellicht geen warmte zou gebruikt worden aan de gangbare prijs voor warmte om die activiteit uit te voeren. Economisch is de benutting dus niet helemaal hetzelfde als warmte voor residentiële verwarming of industriële processen waarbij de huidige warmtevraag wel ingevuld wordt aan de huidige kostprijs van die warmte. Om een ruwe schatting te maken van een realistischere economische benutting van de warmte hebben we beroep gedaan op cijfers aangeleverd door biogasinstallaties aan VEA. Wij hebben de cijfers anoniem gekregen en anoniem verwerkt. Eén van de opgegeven parameters beschikbaar per biogasinstallatie is het drogestof gehalte van het digestaat en een ander is de afzetkost van datzelfde digestaat. De warmtebenutting om digestaat te drogen zorgt voor een stijging van het droge stof gehalte en kan op die manier de afzetkost voor digestaat doen dalen. Dit verband is geschat voor de data van de jaren 2013, 2014 en 2015. De volgende relaties werden daarbij bekomen:

- $\text{Digestaatafzetkost (euro per ton)} = -0,50 \text{ droge stof (\%)} + 30$ [voor het jaar 2013]

- Digestaatafzetkost (euro per ton) = $-0,50 \text{ droge stof (\%)} + 39$ [voor het jaar 2014]
- Digestaatafzetkost (euro per ton) = $-0,37 \text{ droge stof (\%)} + 31$ [voor het jaar 2015]

M.a.w. de kost per ton digestaat vermindert met een halve euro per percent stijging in het droge stof gehalte op basis van de data van het jaar 2015 en 2014.

We moeten echter heel omzichtig omspringen met deze cijfers aangezien:

- de schattingen een heel lage verklarende waarde hebben van het totale fenomeen van de digestaatafzetkost (R^2 lager dan 10%) en,
- het model heel partieel is (niet alle verklarende variabelen zijn meegenomen),
- de steekproef klein is en de deelnemers niet gecontroleerd worden op de correctheid van de data.

Als we desalniettemin deze cijfers gebruiken met de warmtekost voor de betrokken jaren en met de benodigde warmte voor een drogestof toename van 1%, dan bekomen we een economische warmtebenutting van 64%. Als dit cijfer correct zou zijn impliceert dit dat digestaat- of mestverwerkers drooginstallaties buiten de context van een biogasinstallatie zouden willen gebruiken als de economische kost van de warmte een derde lager is dan de huidige kost. We rekenen dus met 64% maar we beseffen dat dit cijfer voor discussie en interpretatie vatbaar is.

- b) Er is een energievraag voor de omzetting van 0.3 kWh per m³ ongezuiverd gas voor het opwerken naar biomethaan. Dit kan uiteraard variëren per type omzetting en de industriële schaal van de operatie. In het huidig scenario is er geen benutting van de CO₂ bij de opwerking. De elektrische efficiëntie van de STEG centrale is 50%. Dit cijfer is lager dan het maximale rendement omdat de efficiëntie afhankelijk is van de benutting van de STEG centrale. In optimale omstandigheden kan tot 60% gehaald worden. In een meer flexibele setting verlaagt de efficiëntie tot 50% voor moderne centrales. We veronderstellen geen warmtebenutting bij de STEG centrales aangezien dit ook in de praktijk zelden gebeurt.
- c) Ook in een decentrale WKK toepassing moet biogas opgewerkt worden met een energievraag van 0.3 kWh per m³ ongezuiverd gas. Het elektrisch rendement van een WKK op biomethaan wordt hoger verondersteld dan een WKK op biogas. In dit scenario rekenen we met een elektrisch rendement van 42% en warmte van 46%.

RESULTATEN

De onderstaande tabel vat de resultaten samen op basis van gemaakte veronderstellingen. In de berekeningen werd dus telkens op basis van de omzettingsefficiëntie de hoeveelheid geproduceerde warmte en elektriciteit bepaald.

Scenario decentrale WKK (c) heeft de hoogste hoeveelheid beschikbare warmte maar het minste elektriciteit. Scenario STEG (b) heeft de hoogste hoeveelheid elektriciteit maar geen warmte. Scenario WKK (a) zit voor beide tussenin. Om een vergelijking te maken tussen de drie scenario's is telkens de uitstoot van aardgas gerekend die nodig is om het verschil met het beste alternatief voor warmte en elektriciteit op te vangen. De bijkomende CO₂ eq. in scenario decentrale WKK (c) is dus de hoeveelheid aardgas nodig in een STEG centrale om het verschil aan elektriciteit tussen scenario (b) en (c) op te

vangen. Op deze manier kwantificeren we telkens de marginale milieu-impact van een bijkomende eenheid van elk van de drie keuzes. De bijkomende CO₂ eq. in scenario STEG (b) is de hoeveelheid aardgas nodig om de warmte te produceren die bij scenario (c) ter beschikking is. De bijkomende CO₂ eq. in scenario WKK (a) is een combinatie van de twee bovenstaande.

De resultaten van deze berekening staan in de laatste rij van de tabel en tonen dat de toepassing van een WKK bij een biogasinstallatie er als beste uit komt. Dit hangt allemaal uiteraard sterk af van de gemaakte veronderstellingen.

1 m ³ biogas (0.55% CH ₄ – 0.45% CO ₂)	WKK	STEG	Decentrale WKK
omzettingsefficiëntie elektriciteit	0.40	0.50	0.42
omzettingsefficiëntie warmte	0.48	0	0.46
warmtebenutting	64%	0	100%
elektrische energie (kWh _e)	2.2	2.55	2.18
thermische energie (kWh _{th})	1.69	0	2.39
totale bijkomende ecologische voetafdruk (kg eq.CO ₂)	0.15	0.57	0.2

De resultaten voor de zuivere warmtebenutting via een boiler staan niet in bovenstaande tabel aangezien ze een beetje misleidend zijn. Als we bovenstaande veronderstellingen toepassen komen we sowieso uit dat de zuivere warmtebenutting beter is aangezien we daar geen enkel efficiëntieverlies hebben van omzetting van thermische energie naar elektrische energie. Dat als vaststaand feit zou ons als snel kunnen doen concluderen dat het dus geen goede optie is om elektrische energie uit verbrandingsprocessen of thermische energie te halen.

Die conclusie is echter enkel relevant als er voldoende andere manieren zijn om elektrische energie op te wekken door bijvoorbeeld windturbines, fotovoltaïsche installaties en waterkrachtcentrales. Op dit moment is het aanbod van die energiebronnen nog ruim onvoldoende om de vraag te dekken. Het lijkt in de huidige situatie dus relevanter om meer in te zetten op WKK elektriciteitsproductie met de

maximale efficiëntie. Het verschil tussen een decentrale opwekking via transmissie van gas via het aardgasnet of een opwekking bij de biogasinstallatie zelf hangt dus vooral af van hoe goed de warmtebenutting is. Aan de veronderstelde 64% in deze studie komt de WKK zonder biogasopwekking bij de installatie er nu nog als het beste uit.

ALGEMENE DISCUSSIE EN CONCLUSIE

Het is heel moeilijk om een eenduidig advies te geven rond de meest duurzame toepassing van biogas: rechtstreeks in een WKK, opwekking naar biomethaan en dan in een STEG, opwekking naar biomethaan en dan in een decentrale WKK of opwekking naar biomethaan en dan in decentrale warmte toepassingen. Decentraal in bovenstaande opties slaat telkens op het feit dat de toepassing niet hoeft te gebeuren op dezelfde plaats waar het biogas geproduceerd wordt, maar dat er een toepassing kan zijn (in de vorm van warmte en/of elektriciteit) waar de vraag is.

In dit rapport toont een consequentie-LCA hoe de verschillende keuzes zich ten opzichte van elkaar afwegen. Hiervoor zijn veronderstellingen gemaakt die een grote impact hebben op het uiteindelijke resultaat. De veronderstellingen die de grootste impact hebben op het resultaat zijn de warmtebenutting vlakbij een biogasinstallatie bij het drogen van digestaat, de techniek op de merit-order ladder die tekorten aan elektriciteit moet opvangen en de techniek als alternatief voor tekorten aan warmte. Deze studie gebruikt 64% voor warmtebenutting voor biogasinstallaties, een STEG centrale voor tekorten aan elektriciteit op te vangen en aardgas aan de calorische bovenwaarde om warmtetekorten op te vangen.

Op basis van deze veronderstellingen komt eigenlijk de rechtstreekse decentrale warmte nuttig na biogasopwekking er als beste uit. Het probleem is dat we dan helemaal geen alternatief hebben voor elektriciteitsproductie. Indien we ook aan de elektriciteitsproductie denken dan is de huidige meest voorkomende techniek van een WKK bij een biogasinstallatie de beste. Het verschil met een decentrale WKK is echter heel klein en de volgorde zou omwisselen bij kleine veranderingen in veronderstellingen.

De verschillen zijn zo klein en de impact van de veronderstellingen zo groot dat het intellectueel het eerlijkst zou zijn om te stellen dat de CO₂ impact tussen een WKK ter hoogte van de installatie of opwekking tot biomethaan en toepassing ervan in een decentrale WKK of warmte allemaal even goed zijn.

Er zijn twee bepalende punten die een keuze moeten sturen. Het eerste belangrijke punt is de vraag of er nood is aan elektriciteit op te wekken via biogas of niet. M.a.w. zijn er voldoende andere technieken die het aanbod aan elektriciteit op een duurzame manier voorzien. Het tweede punt is er voor te zorgen dat de warmte goed benut wordt in processen waar de vraag naar warmte relevant is.

Op basis van die twee punten zou de keuze moeten komen bij ofwel

- de WKK bij een biogasinstallatie als bij die installatie ook een relevante warmtevraag is,
- een decentrale WKK met warmtebenutting na biogasopwekking of,
- een rechtstreekse warmtebenutting na biogasopwekking als er voldoende andere duurzame elektriciteitsproductie is.