



ECP Beerse/Merksplas: Conceptbepaling

N. Devriendt
M. Van Dael
L. Pelkmans
E. Cornelis
H. Pieper

Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden

INHOUD

Inhoud	1
Lijst van tabellen	2
Lijst van figuren	3
HOOFDSTUK 1. Inleiding	4
HOOFDSTUK 2. Aanpak van de ontwikkeling van de concepten	6
2.1. <i>Aanpak van de ontwikkeling van de concepten</i>	6
2.2. <i>Evolutie van de concepten</i>	6
2.2.1. Fase 1: Eerste concepten	6
2.2.2. Fase 2: technische verfijning en aftoetsing met IOK Afvalbeheer	9
2.2.3. Volgende fases: verfijning tot definitieve concepten	12
2.3. <i>Ontwikkeling van scenario's</i>	13
2.3.1. Scenario Business as Usual	13
2.3.2. Scenario Integratie vergisting	15
2.3.3. Scenario Warmte weg	18
2.3.4. Scenario Biogas weg	20
2.3.5. Scenario Opschoning Biomethaan	23
HOOFDSTUK 3. Evaluatie proces en Geleerde lessen	38
Literatuurlijst	39

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Overzicht van in- en output parameters scenario business as usual _____	14
Tabel 2: Compostnormen in Vlaanderen (Vlaco), Wallonië en in België _____	16
Tabel 3: Inputparameters scenario geïntegreerde vergister _____	16
Tabel 4: Overzicht van in- en output parameters van scenario geïntegreerde vergister _____	17
Tabel 5: Overzicht van mogelijk eindgebruik van biogas in het scenario van een geïntegreerde vergister _____	18
Tabel 6: Outputparameters biogas weg scenario _____	21
Tabel 7: Overzicht mogelijk eindgebruik van biogas in scenario biogas weg _____	22
Tabel 8: Overzicht van outputparameters van scenario opschoning tot biomethaan _____	25
Tabel 9: Vergelijking van verschillende biogas-opwerkingstechnieken (voor nieuwe biogasinjectie projecten, > 500 m ³ /h, energiegewassen, verschillende locaties (Bron: Dr. A. Schulte-Schulze Berndt, 2007; * aangepast door de resultaten van de technologie evaluatie door H. Vandeweyer et.al. uit BIOMETHAAN opwerking van biogas tot aardgaskwaliteit) _____	29
Tabel 10: Overzicht van samenstelling en karakteristieken voor biomethaan in België en een aantal andere EU-landen. _____	31
Tabel 11: Overzicht mogelijk eindgebruik biomethaan in transport in scenario opschoning biogas _____	36

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Schematische weergave basisconcept	7
Figuur 2: Schematische weergave droge vergister concept in combinatie met thermochemische verwerking van digestaat en houtfractie	8
Figuur 3: Schematische weergave droge vergister concept in combinatie met thermochemische verwerking tot houtskool	9
Figuur 4: Schematische weergave pyrolyse biomassa	9
Figuur 5: Fase 2 van de conceptontwikkeling	10
Figuur 6: Business as Usual scenario: massa- en energie balans	14
Figuur 7: Overzicht scenario integratie vergister	15
Figuur 8: Overzicht scenario warmte weg	19
Figuur 9: Overzicht Biogas weg scenario	21
Figuur 10: Overzicht Opschoning biomethaan scenario	24
Figuur 11: Schematische weergave van biomethaan toepassingen waarvoor TC 408 van CEN een specificatie zal ontwikkelen.	32
Figuur 12: Schematische voorstelling van een fast-fill tankstation. Bron: Advancedfuelsystems.com	35
Figuur 13: Schematische voorstelling van een slow-fill tankstation. Bron: compair.nl	36

HOOFDSTUK 1. INLEIDING

Dit deelrapport beschrijft hoe het concept van het ECP in Beerse/Merksplas technisch tot stand is gekomen. Het doel van dit rapport is om de evolutie van eerste idee tot de ontwikkeling van scenario's met de optimalisatie tussen de verschillende deelprocessen en afstemming met de randvoorwaarden van de locatie maar ook de wettelijk/juridische randvoorwaarden te doorlopen.

De resultaten van de verschillende scenario's met de benodigde hoeveelheden input en de geleverde output, worden in dit rapport weergegeven in energie en massa balansen en tabellen. Het zijn deze balansen die verder gebruikt zijn om de economische doorrekening en de duurzaamheidsanalyse te doen.

HOOFDSTUK 2. AANPAK VAN DE ONTWIKKELING VAN DE CONCEPTEN

2.1. AANPAK VAN DE ONTWIKKELING VAN DE CONCEPTEN

Voor de ontwikkeling van een concept voor een ECP in Beerse-Merkplas is gewerkt in verschillende fases. In de eerste fase is getracht om een aantal ECP concepten te ontwikkelen op basis van de verschillende geïnterpreteerde stromen, in combinatie met de technische mogelijkheden en de eerste ideeën die IOK Afvalbeheer voor ogen had. Dit is gebeurd op basis van een brainstorm. In een tweede fase werden deze concepten afgetoetst met IOK Afvalbeheer, het ankerpunt van deze case en werden de technische mogelijkheden van de biomassastromen in combinatie met de technieken afgestemd. In de fases die hierop volgden zijn de concepten met de klankbordgroep afgetoetst en verfijnd, maar zorgden ook bijkomende randvoorwaarden op basis van wetgevende aspecten of praktische aspecten voor een verdere aflijning van de concepten. Hieruit zijn op hun beurt dan verschillende variaties op eenzelfde concept ontstaan nl. scenario's. Meer informatie over het gevolgde proces is terug te vinden in het deelrapport van de case Beerse/Merksplas 'Organisatie'.

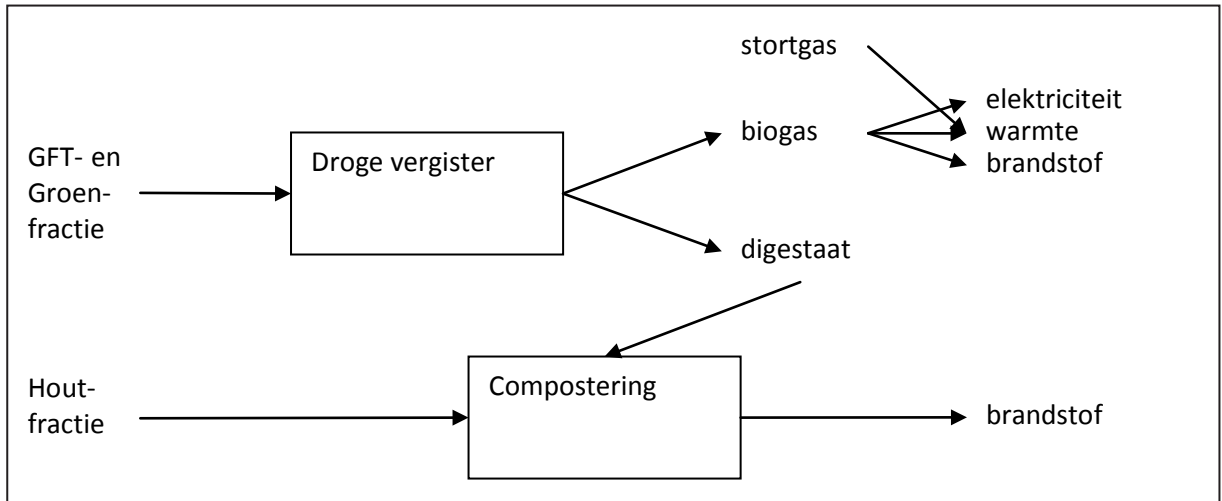
2.2. EVOLUTIE VAN DE CONCEPTEN

2.2.1. FASE 1: EERSTE CONCEPTEN

IOK Afvalbeheer heeft bij aanvang van het project steeds als basisconcept een deelstroomvergister met nacompostering voor ogen gehad. Zij willen echter nagaan door in een ECP concept te stappen of ook andere technieken hieraan geïntegreerd kunnen worden en welke dimensionering dan de beste is op basis van de bijkomend geïnterpreteerde stromen.

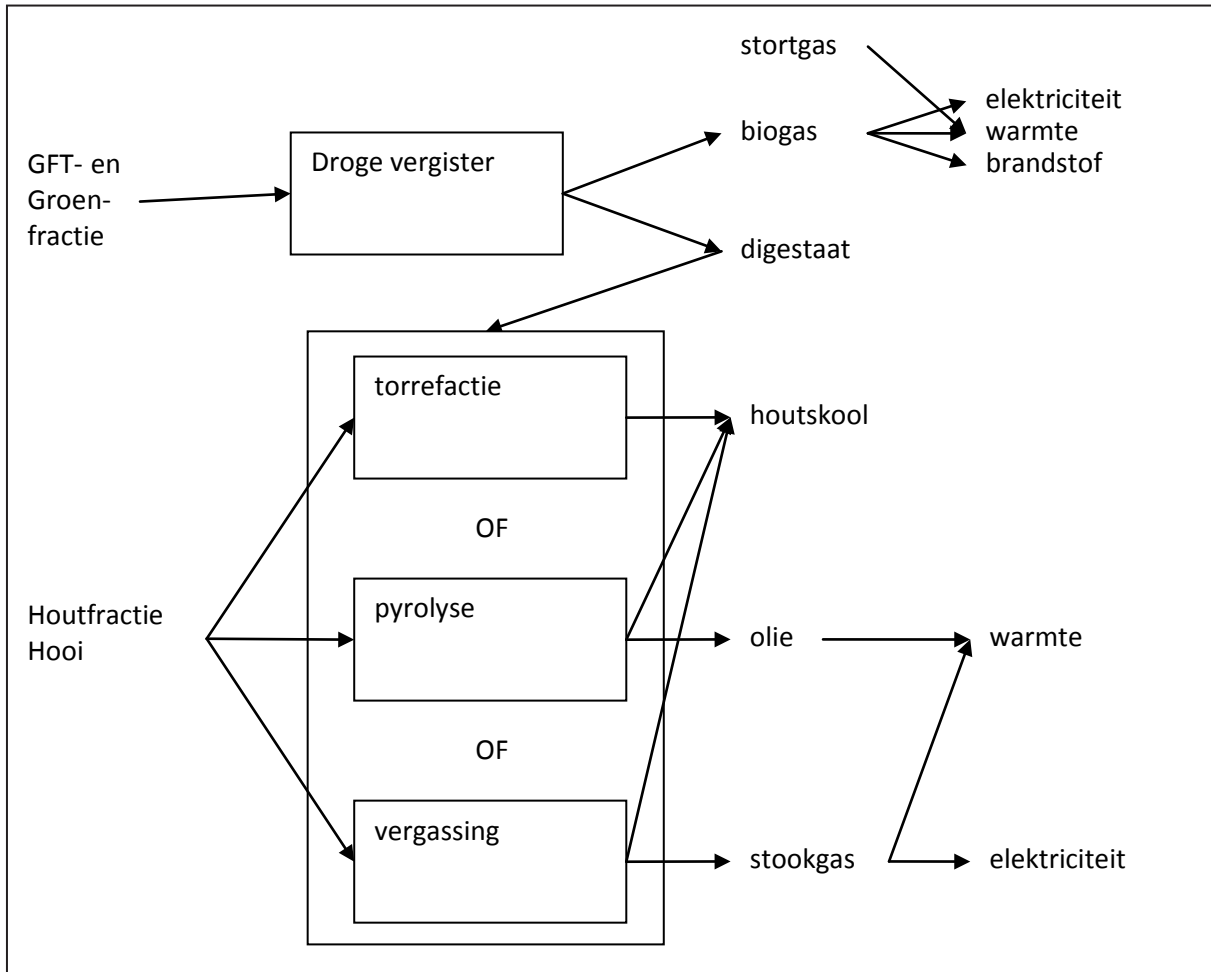
Een eerste brainstorm op basis van dit basisconcept, de geïnterpreteerde biomassastromen en de technische mogelijkheden leverde volgende eerste basisconcepten op:

- Basisconcept: combinatie van de huidige compostering met voorvergisting (deels of volledig)



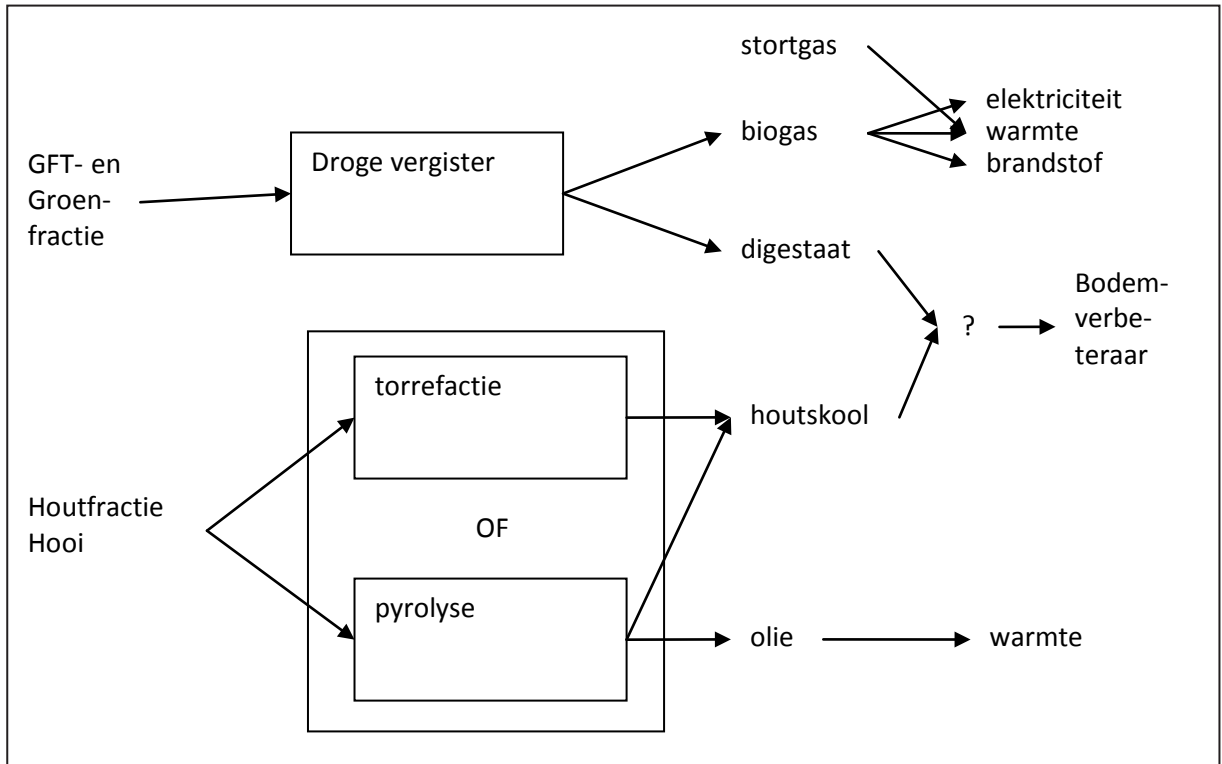
Figuur 1: Schematische weergave basisconcept

- Concept 2: Vergisting van de GFT en Groenfractie. De houtfractie – eventueel ook gedroogd bermmaaisel – tezamen met het digestaat wordt thermisch behandeld.



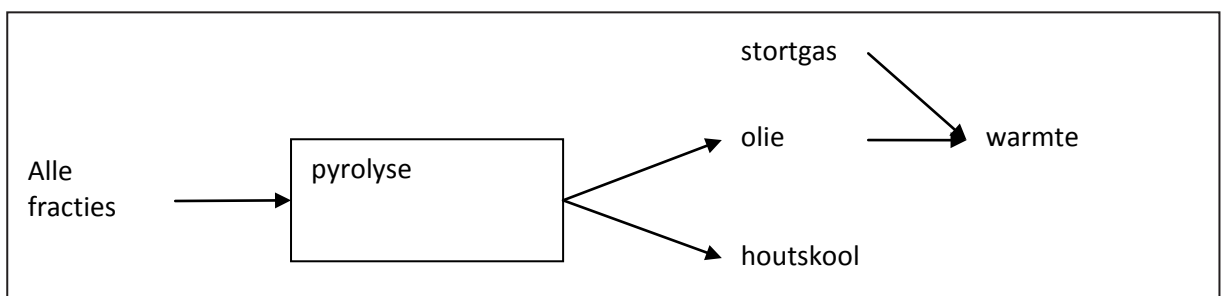
Figuur 2: Schematische weergave droge vergister concept in combinatie met thermochemische verwerking van digestaat en houtfractie

- Concept 3: Vergisting van GFT en groenfractie. De houtfractie – eventueel ook gedroogd bermmaaisel – wordt thermisch behandeld en de houtskoolfractie wordt bij het digestaat gevoegd.



Figuur 3: Schematische weergave droge vergister concept in combinatie met thermochemische verwerking tot houtskool

- Concept 4: Volledige pyrolyse van alle fracties:

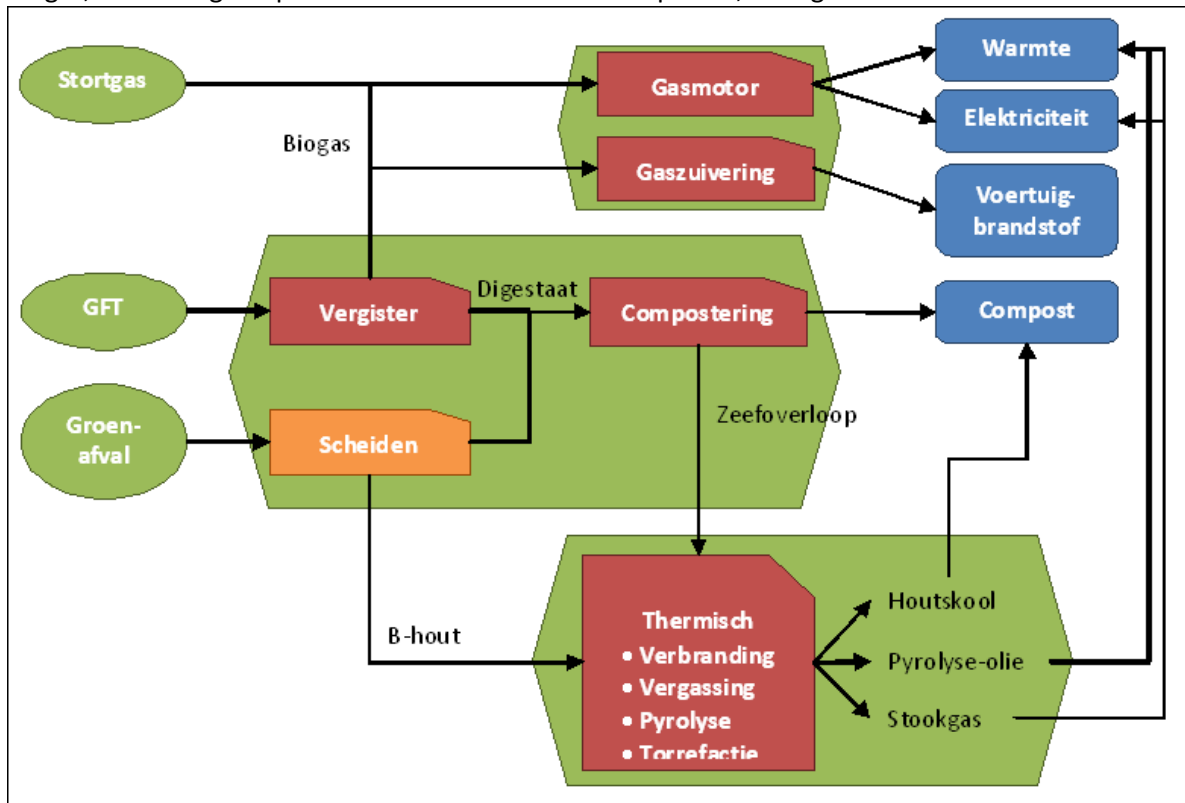


Figuur 4: Schematische weergave pyrolyse biomassa

2.2.2. FASE 2: TECHNISCHE VERFIJNING EN AFTOETSING MET IOK AFVALBEHEER

Op basis van de eerste denkpijsten zoals in paragraaf 2.2.1 gedefinieerd, werden deze denkpijsten technisch verder uitgewerkt. De meer uitgewerkte denkpijsten werden op hun beurt afgecheckt met IOK Afvalbeheer om na te gaan welke mogelijkheden zij hierin zagen.

De eerste concepten konden onderverdeeld worden in 3 hoofdblokken nl. de verwerking van het biogas, een biologisch proces en een thermochemisch proces, zie Figuur 5.



Figuur 5: Fase 2 van de conceptontwikkeling

De middenste blok omvat de biologische processen: de huidige compostering, waaraan een voorvergister wordt toegevoegd. Het type vergister waar in eerste instantie aan gedacht werd, is een droge vergister, zoals er bij IGEAN te Brecht staat opgesteld.

De bovenste blok heeft betrekking op de verwerking van het biogas, dat door de vergister wordt gegenereerd, tezamen met het stortgas, dat thans via een gasmotor in elektriciteit wordt omgezet. Enerzijds kan de elektriciteitsproductie verder worden uitgebreid, anderzijds kan opzuivering van het biogas (verwijdering van het CO₂) worden voorzien, zodat het opgezuiverde biomethaan – na opdrukken naar voldoende hoge druk – ingezet kan worden als voertuigbrandstof.

De onderste blok omvat de thermochemische behandeling van de houtachtige stromen, zij het verbranding, vergassing, pyrolyse of torrefactie.

Bovenstaande concepten deden dadelijk heel wat vragen rijzen zowel van technische aard als ook van praktische en wettelijke aard.

Rond de benutting van het biogas stellen zich volgende eerste vragen:

- Is een interconnectie met het aardgasnet mogelijk, wat met het kwaliteitsverschil tussen biomethaan en arm Slochterengas?
- Bij de uitbreiding van de elektriciteitsproductie uit het biogas; welke zijn de mogelijkheden om de warmte te valoriseren? Tot hoever kan deze warmte economisch getransporteerd worden?
- Welke veiligheidsvoorzieningen (-afstanden) zijn te respecteren bij het opzuiveren van het biogas en het biogastankstation?
- Een eerste schatting geeft aan dat een vloot van 270 vrachtwagens met dit biogas voorzien zou kunnen worden. De IOK Afvalbeheer-vloot is zo'n 70 à 80 vrachtwagens groot. Bij de uitbouw van deze component moeten andere vlootbeheerders betrokken worden.

Het middenblok rond de biologische verwerking leidde ook dadelijk tot heel wat open vragen:

- Wat is de optimale capaciteit van de vergister?
- Zal het alle biomassa-input aankunnen? Specifiek stelt zich deze vraag ivm het gewasafval van de tuinbouw; zullen de plasticen touwen en clips de toevoer van de biomassa in de vergister niet verstoren? Er bestaan touwen en clips van natuurlijk materiaal, maar deze zijn duurder.
- Hoe het afvalwater dat bij vergisting ontstaat het best verwerkt kan worden?

De blok rond de thermochemische processen leidde tot volgende openstaande vragen:

- Zullen de hoeveelheden houtachtig materiaal voldoende omvangrijk zijn om op de site Beerse/Merksplas deze component uit te bouwen?
- Welke technologie komt dan het meest in aanmerking?

Deze concepten samen met de vragen werden met IOK Afvalbeheer besproken en op basis van dergelijke bespreking kon al tot een verfijning van de concepten gekomen worden. Een aantal belangrijke aspecten die voor IOK Afvalbeheer van belang waren, waren de volgende:

- Compost als één van de eindproducten van het ECP dient behouden te blijven.
- De waterbalans van de site is zeer belangrijk. De kost van vervuild water dat dient afgevoerd te worden is zeer hoog voor IOK Afvalbeheer. De optie om zelf een waterzuiveringsinstallatie te bouwen ziet IOK Afvalbeheer niet als preferentieel, omwille van praktische en inplantingsmoeilijkheden dat zij zien maar ook omwille van economische uitbatingskosten die zeer hoog liggen. Een concept zonder waterzuiveringsinstallatie of afvoer van vervuild water draagt hun voorkeur weg.
- IOK Afvalbeheer staat open voor innovatieve technieken maar wil wel dat deze commercieel bewezen zijn. Zij wensen niet te investeren in technieken die nog in ontwikkeling zijn.
- Het gebruik van biogas als transportbrandstof was nieuw voor IOK Afvalbeheer maar lijkt hen op lange termijn een mooie kringloopsluiting van hun afvalbeheer.

De bovenstaande concepten werden ook met andere experts besproken en bijkomende informatie werd hieromtrent verzameld:

- De vraag werd gesteld of ook natte vergisting van GFT niet tot de mogelijkheden kan behoren.
- De suggestie werd gegeven om ook de lange termijn mogelijkheden open te houden, bijvoorbeeld butanolproductie uitgaande van het biogas.
- De link om het biomethaan met het aardgasnet te koppelen is een waardevol concept dat nader dient bestudeerd te worden.
- Denk aan het gebruik van restwarmte om het afvalwater uit te dampen

- Gebruik de houtfractie voor de warmtevoorziening van ECP Beerse-Merksplas

2.2.3. VOLGENDE FASES: VERFIJNING TOT DEFINITIEVE CONCEPTEN

In de daarop volgende fases werd uiteindelijk gekomen tot een keuze van een definitief concept. De indeling in de 3 blokken: (1) benutting van het biogas, (2) een biologisch proces en (3) een thermochemisch proces werd behouden. Deze bleek solide te zijn bij het verder verdiepen in technische, praktische, wettelijke en andere aspecten.

Een eerste zekerheid van het definitief concept was het feit dat een vergister van GFT de basis van het ECP zou zijn. Daaruit volgend is de tweede zekerheid gekomen dat er biogas op de site zal geproduceerd worden en dat hiervoor een nuttige energetische toepassing dient gevonden te worden. De derde blok, de thermochemische benutting van de houtachtige fractie, is een zekerheid hoewel in de ontwikkelde scenario's dit proces niet altijd op de site zelf zal gebeuren.

→ **Biologisch proces: droge vergisting**

Wanneer over vergisting van GFT gesproken wordt, wordt in Vlaanderen in eerste instantie aan de droge vergisting (DRANCO-proces) gedacht die in Brecht gebouwd werd door OWS. Om na te gaan wat specifiek de voordelen en nadelen van deze techniek zijn ten opzichte van andere vergistingstechnieken werd de literatuur geraadpleegd en enkele constructeurs van vergistingstechnieken.

Uit Nederlandse literatuur kwam naar voor dat ook tunnelpercolaat vergisting mogelijk is met GFT. Een eerste technische doorrekening voor de case Beerse-Merksplas leverde echter zeer lage biogasopbrengsten op in vergelijking met een droge vergisting. Dit is de reden waarom deze piste niet verder in overweging werd genomen.

Natte vergisting werd omwille van de problematiek van het te verwerken digestaat in combinatie met de randvoorwaarde van IOK Afvalbeheer om indien mogelijk geen waterzuiveringsinstallatie te moeten zetten, ook niet verder in overweging genomen.

Droge vergisting als biologisch proces werd besproken met constructeurs, zowel OWS als Kompogas, om de technische specificiteiten van elk proces te achterhalen. Uit de berekeningen blijkt op de site Milieubedrijf IOK Beerse/Merksplas voldoende groenafval voorhanden te zijn om op te mengen met het GFT-digestaat om tot een compostering te komen die met voldoende ent materiaal vanzelf op gang kan komen. Dit proces werd bij een installatie van OWS reeds toegepast op de site in Tenneville. Door het koppelen van het digestaat van de droge vergisting met opmengen van groenafval en bekomen van compost werd een oplossing gevonden voor twee belangrijke voorwaarden van IOK Afvalbeheer nl. het vermijden van een afvalwaterzuiveringsstation op de site en het behoud van compost als eindproduct.

→ **Benutting biogas**

Voor de benutting van biogas werd in eerste instantie geen optie uitgesloten en het gebruik werd in de verschillende scenario's meegenomen en gevarieerd. De opties als biogasvalorisatieroute die open liggen zijn:

- Biogas afzetten naar warmte en elektriciteitsafnemer ;

- Warmte afzetten naar warmteafnemer ;
- Biogas opzuiveren naar biomethaan
 - Voor injectie in het aardgasnet
 - voor gebruik als voertuigbrandstof.

→ Thermochemische verwerking houtachtige fractie

Hier werd gezocht naar een oplossing die voor de beperkte houtachtige stroom mogelijk was en die zich reeds commercieel bewezen had. Gezien de ontwikkelingsfase van pyrolyse en torrefactie en de beperkte hoeveelheid houtachtige fractie ter beschikking, werd hier gekozen voor een klassieke oplossing nl. verbranding al of niet ter plaatse.

2.3. ONTWIKKELING VAN SCENARIO'S

Het vastleggen van bovenstaande concepten, heeft uiteindelijk geleid tot de ontwikkeling van een aantal scenario's waar de toepassingen en een aantal parameters werden in gevarieerd en waarvan de technisch en economische doorrekeningen zijn gebeurd om te bekijken wat de impact van deze variatie is.

De volgende scenario's werden bepaald:

- 'Status quo' (business as usual): Dit scenario verandert niets fundamenteels aan de site, noch qua inputstromen, noch qua technologie. Dit scenario wordt als vergelijking gebruikt naar input en outputstromen.
- 'Integratie compostering': De composteringsinstallatie wordt uitgebreid met een vergister, alle gas wordt ter plaatse gevaloriseerd door er groene stroom mee te maken.
- 'Biogas weg': Het verschil met het 'nul'-scenario is dat het gas via een aparte biogasleiding naar een site op verplaatsing wordt gebracht, waar het gevaloriseerd wordt in een biogas-WKK met productie van groene stroom en groene warmte.
- 'Warmte-weg': Het verschil met het 'nul'-scenario is dat de warmte via een warmteleiding naar een site op verplaatsing wordt gebracht, waar deze groene warmte benut wordt.
- 'Opschoning Biomethaan': het biogas wordt gezuiverd, gecompriemd en geïnjecteerd op het aardgasnet waarna het kan ingezet worden als biobrandstof voor de vuilniswagens.

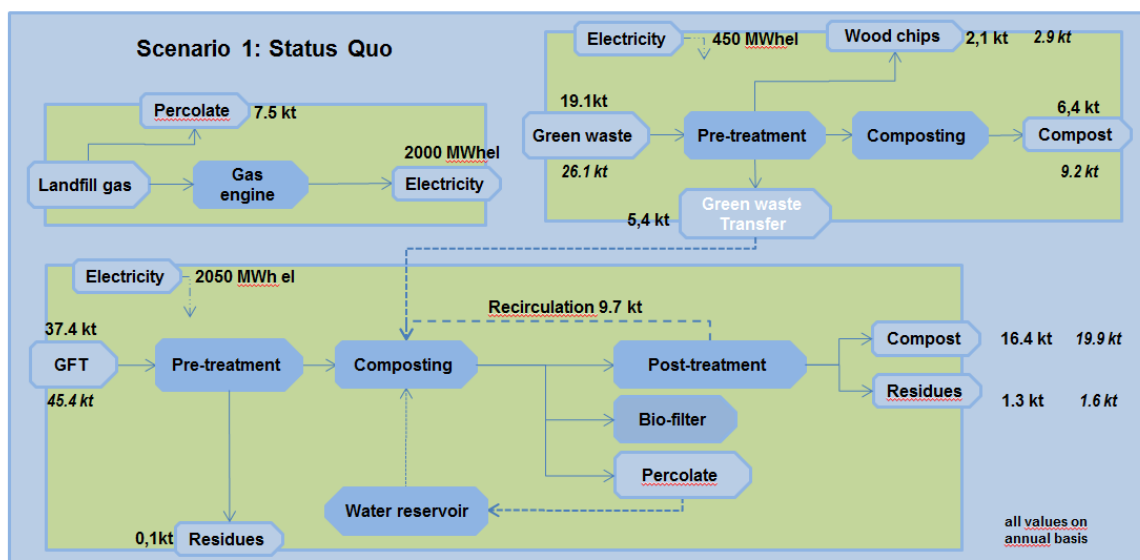
De concepten worden zowel economisch als technisch met elkaar vergeleken. De technische bespreking wordt verder uiteengezet in dit rapport, de economische bespreking wordt in het economische rapport besproken.

2.3.1. SCENARIO BUSINESS AS USUAL

In dit scenario verandert er niets aan de bestaande site. De stortgaswinning met benutting ter plaatse van het stortgas voor elektriciteitsproductie, de compostering van het groenafval in open lucht, de afvoer van een deel van de houtachtige fractie en de compostering van het GFT in de composteerhal blijven drie processen die (bijna volledig) naast elkaar bestaan zonder interactie.

Wel is er gevarieerd in hoeveelheden die verwerkt worden. De massabalans in onderstaande figuur is opgesteld voor de basishoeveelheid biomassa (GFT en groenafval) die IOK Afvalbeheer nu al

onder contract heeft. Op de figuur zijn ook de hoeveelheden biomassa terug te vinden die extra door IOK Afvalbeheer onder contract zouden kunnen komen, zoals dit werd gedetecteerd tijdens de biomassa inventaris (zie deelrapport biomassa inventaris).



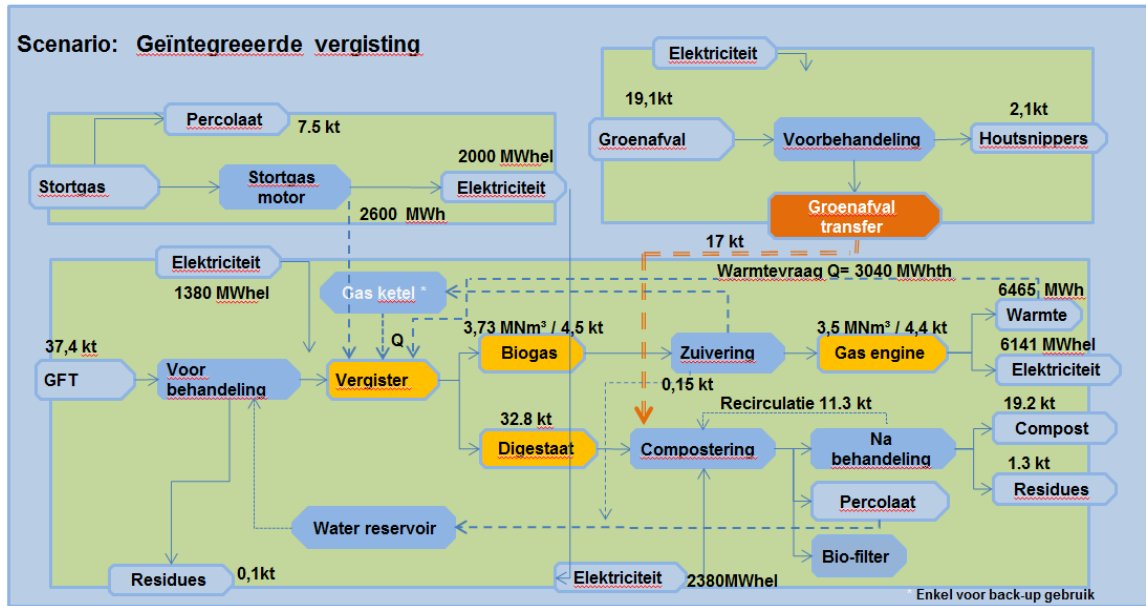
Figuur 6: Business as Usual scenario: massa- en energie balans

Tabel 1: Overzicht van in- en output parameters scenario business as usual

Parameter	Eenheid	Hoeveelheid
GFT afval	Kton/j	37,4 (45,4)
Groen afval	Kton/j	19,1(26,1)
Compost (GFT)	Kton/j	16,4(19,9)
Compost (groen)	Kton/j	6,4 (9,2)
E-verbruik	MWhe/j	2 500 (3000)
Stortgasmotor productie	MWhe/j	2000
Afvoer percolaat	Kton/j	7,5
Verkoop hout	Kton/j	2,1 (2,9)

2.3.2. SCENARIO INTEGRATIE VERGISTING

In dit scenario wordt de basis idee van een voorvergisting voor de composteerinstallatie bekeken. Een overzicht van het proces wordt gegeven in onderstaande figuur.



Figuur 7: Overzicht scenario integratie vergister

In dit scenario wordt de GFT eerst vergist. De vergisting produceert biogas dat ter plaatse gevaloriseerd wordt in een biogasmotor. De opgewekte warmte wordt deels gebruikt om de vergister op te warmen, de elektriciteit deels voor eigen verbruik en deels voor op het net te zetten.

Het digestaat na de vergisting wordt opgemengd met vers groenafval zodat het voldoende porositeit en luchtigheid krijgt om in de bestaande composteerhal verder te kunnen uitcomposteren samen met gerecirculeerd entmateriaal van reeds uitgerijpte compost. Navraag bij de constructeurs leverde voldoende bewijsmateriaal op om te kunnen stellen dat de compost die zal geproduceerd worden uit het digestaat en opmenging van het verse groenafval, zal voldoen aan de Vlaco normen. De installatie van Idelux uit Tenneville in Belgisch Luxemburg (Dranco-proces van OWS) heeft een Waals certificaat voor compost bekomen. Deze installatie gebruikt ook vers groenafval om op te mengen met het digestaat. De GFT-vergistingsinstallatie van Brecht (Dranco-proces van OWS) beschikt over een attest van Vlaco. Hier wordt evenwel het digestaat mechanisch geperst en nadien gecomposteerd. Als onderstaande normen bekeken worden, zien we dat de Vlaco-norm en Waalse norm op heel wat parameters gelijk lopen. Op een aantal zware metalen is de Vlaco-norm strenger. Gezien het Dranco-proces met opmenging van digestaat en vers groenafval voldoet aan de Waalse norm kan al een deel van de Vlaco-parameters gehaald worden. De zware metaal parameters zijn strenger maar zijn eerder afhankelijk van het inputmateriaal dan van het proces dat de GFT-stromen ondergaan. Op de site van IOK Milieubedrijf Beerse/Merksplas worden deze normen reeds gehaald, dus kan verondersteld worden dat dit met een proces van voorvergisting ook zal gehaald worden. Blijven nog de geleidbaarheid, het Chloor gehalte en de fytotoxiciteit als parameter over die bij de productie van compost in detail zal moeten opgevolgd worden.

Tabel 2: Compostnormen in Vlaanderen (Vlaco), Wallonië en in België

		Norm	Norm	Norm
		Vlaco	FOD	Waal gewest
hoopnummer				
pH-water		6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5
geleidbaarheid	µS/cm	<3500		
vochtgehalte	g/100 g verse compost	<45	<50	<50
organische stof	g/100 g verse compost	>18	>16	>16
chloride (Cl)	mg/l verse compost	<1600		
zink (Zn)	mg/kg droge stof	<300	<400	<400
koper (Cu)	mg/kg droge stof	<90	<150	<100
lood (Pb)	mg/kg droge stof	<120	<150	<100
nikkel (Ni)	mg/kg droge stof	<20	<50	<50
Cd (1,14-1,86)	mg/kg droge stof	<1,5	<2	<1,5
chrom (Cr)	mg/kg droge stof	<70	<100	<100
kwik (Hg)	mg/kg droge stof	<1	<1	<1
fytotoxiciteit	% op verse compost	(<10%)	(<10%)	
kiemkrachtige zaden	per l verse compost	0	0	0
steentjes > 5 mm	% op verse compost	<2	<2	<2
onzuiverheden > 2 mm	% op verse compost	<0,25	<0,5	<0,5
rijpeidsgraad		IV,V	IV,V	IV,V
Tmax	° C	<40	<40	<40
arseen (As)	mg/kg droge stof	<15	<20	<20

De belangrijkste inputparameters waarmee dit scenario werd berekend, wordt in onderstaande tabel weergegeven:

Tabel 3: Inputparameters scenario geïntegreerde vergister

Input	Groenafval	Groenafval (vers)	19100,00	t/a
		water gehalte	40,00	%
		Fractie hout	0,11	fraction
	GFT	GFT (vers)	37400,00	t/a
		water gehalte – GFT	65,00	%
	Stortgasmotor	Elektriciteit geproduceerd van stortgas	2000,00	MWh/a
		Elektrische efficiëntie stortgasmotor	30,00	%
		Thermische efficiëntie (hoger temperatuur)	40,00	%
		Percolaat van stort	7500,00	t/a
Vergister	Proces parameters	Draaiuren	7500,00	hours
		Percentage energie nodig voor opwarming vergister	15	%
		Watergehalte digestaat	65	%

Groen compostering	Proces parameters	Water gehalte van groencompost	35,00	%
GFT compostering	Proces parameters	Water gehalte van GFT compost	35,00	%
		Percentage compost recirculatie in GFT compostering	23	%

De resultaten van de berekening van dit scenario worden gegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Overzicht van in- en output parameters van scenario geïntegreerde vergister

Parameter	Eenheid	Geïntegreerde vergister
Compost (GFT)	Kton/j	19,1
Compost (groen)	Kton/j	-
Elektriciteitsverbruik (vergister+compostering)	MWh/j	3 760
Stortgasmotor elektriciteit productie	MWhe/j	2 000
Stortgasmotor warmte productie	MWHth/j	2 600
Biogasproductie	Nm ³ /j	3 500 000
Biogas productie E	MWh/j	6 140
Biogasproductie Q	MWh/j	6 460
Q-verbruik vergister	MWh/j	3 040
Q surplus (vergister + stortgas)	MWh/j	6 000
E surplus (vergister + stortgas)	MWh/j	4 380
Afvoer percolaat	Kton/j	7,5
Water voor waterzuivering	Kton/j	0
Verkoop hout	Kton/j	2,1

Uit bovenstaande tabel in vergelijking met het 'Status quo' scenario kan gezien worden dat de hoeveelheid compost met ongeveer 15 % vermindert (19,2 ton versus 22,8 ton/jaar). Bijkomend als eindproduct bij dit scenario is er de productie van 3,5 mio m³ biogas ten opzichte van de huidige situatie van de site.

Dit scenario gaat uit van een klassieke benutting van het biogas nl. een benutting in een biogasmotor. Dit is ook de benutting die met de huidige Vlaamse wetgeving en ondersteuning het meest gestimuleerd wordt, meer informatie is terug te vinden in het economische rapport.

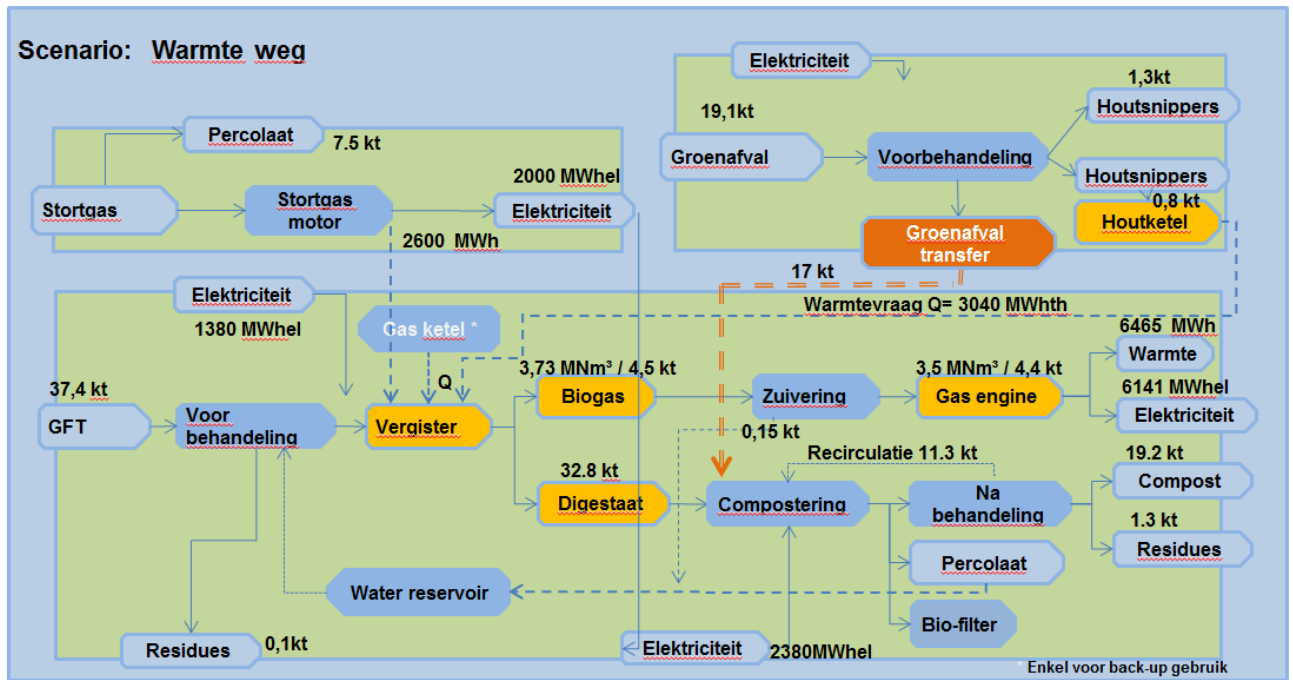
Aangezien hier een droge vergisting als biologisch proces werd gekozen, is dit een technologie die aanzienlijke warmte nodig heeft om gedurende het volledige jaar de reactor op circa 55°C te houden. De hoeveelheid warmte die de vergister nodig heeft zal variëren volgens de seizoenen. In de zomer zullen de hoeveelheden warmte minder zijn dan tijdens koude wintermaanden. Een beperkt deel van de warmte kan ook gebruikt worden in de verwarming van het nieuw te bouwen kantoorgebouw. Met het studiebureau van dit gebouw werd overleg gepleegd om het kantoorgebouw op termijn op deze mogelijkheid te voorzien. Deze hoeveelheden warmte die gebruikt kunnen worden, worden beiden in de wetgeving aanzien als nuttige warmte waardoor de installatie kan vallen onder een kwalitatieve WKK.

Een hoeveelheid van jaarlijks 4380 MWh aan elektriciteit kan op het net gezet worden en verkocht, een surplus van 6 000 MWh (zowel hoogwaardige als laagwaardige warmte) zou nog in andere warmtetoepassingen kunnen gebruikt worden.

Tabel 5: Overzicht van mogelijk eindgebruik van biogas in het scenario van een geïntegreerde vergister

Parameter	Waarde
Aantal huizen verwarmd	260 (23260 kWth/gezin)
Aantal huishoudens voorzien van elektriciteit	1760 gezinnen (3500 kWe/gezin)
Aantal vrachtwagens voorzien van brandstof	0
Aantal huizen voorzien van gas	0

2.3.3. SCENARIO WARMTE WEG



Figuur 8: Overzicht scenario warmte weg

Het scenario warmte weg, verschilt ten opzichte van het vorige scenario 'Integratie vergister' op volgende punten: De warmte die geproduceerd zou worden door een biogasmotor op de IOK Milieubedrijf Beerse/Merksplas site, zou volledig gebruikt worden om extern te gaan leveren via een warmteleiding. Afhankelijk of er een externe gebruiker en hoe groot de vraag zou zijn, kan ook de warmte door de stortgasmotor mee extern worden afgezet. De warmte die de vergister zelf nog nodig heeft om op een temperatuur van 55°C te blijven wordt geleverd door de installatie van een houtketel die wordt gezet door IOK Afvalbeheer op hun site. Afhankelijk of de warmte van de stortgasmotor al of niet wordt gebruikt, zal een houtketel tussen de 50 en 400 kWth dienen geïnstalleerd te worden. Deze ketel zou tussen de 300 en 800 ton per jaar aan houtchips verbruiken. Dit kan dan in mindering gebracht worden van de houtsnippers die normaal worden afgevoerd naar externe houtverbrandingsinstallaties. In dit scenario op lange termijn dient wel in rekening gehouden te worden dat verwacht wordt dat het stortgas nog 5 jaar op volle capaciteit zal gewonnen kunnen worden, maar nadien de stortgasproductie zal minderen. In dit geval dient dit scenario voorzien te zijn op een voldoende grote houtketel (400 kWth) om de volledige warmtevraag van de vergister in te vullen.

In onderstaande tabel worden de belangrijkste outputparameters van dit scenario weergegeven.

Parameter	Eenheid	Warmte weg
Compost (GFT)	Kton/j	19.2
Compost (groen)	Kton/j	0

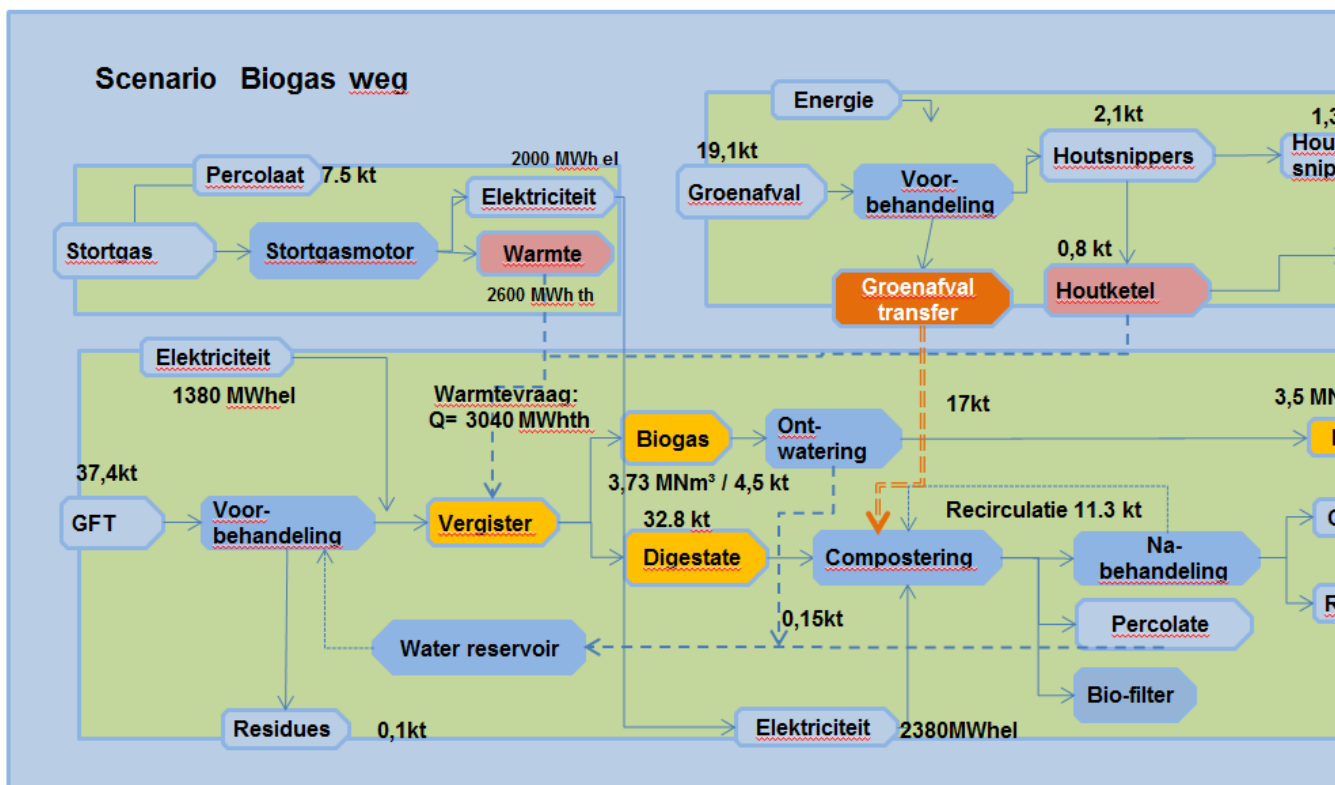
E-verbruik	MWh/j	3 760
Stortgasmotor elektriciteitsproductie	MWh/j el	2 000
Stortgasmotor warmteproductie	MWh/j therm	2 600
Biogasproductie (dry)	Nm ³ /j	3 500 000 (=4,4kt)
Biogas productie E	MWh/j	6 140
Biogas productie Q	MWh/j	6 460
Warmte nodig voor vergister	MWh/j	3040 HT
Houtketel vermogen	kWth	50 – 400
Houtverbruik ketel	Kt/j	0,3 - 0,8
Verkoop hout	Kton/j	1,8 – 1,3
Warmte voor derden	MWh/j	646 / 9120

De belangrijkste vraag is of er binnen een redelijke afstand een afnemer van de warmte kan gevonden worden om deze warmte te benutten. Aansluitend vraagt dit scenario bijkomende financiële investeringen (houtketel, warmtenet).

Het landbouwbedrijf van de heer Adams ligt op circa 500 meter. Een mogelijke toekomstige warmtevraag voor het indrogen van zijn digestaat kan zich in de toekomst voordoen. De warmte zou dan kunnen getransporteerd worden via een warmtenet naar een toekomstige mestvergistingsinstallatie waar hij de warmte van IOK Afvalbeheer kan benutten voor het indrogen van zijn mestdigestaat. Stel dat het digestaat ingedroogd wordt van een watergehalte van 95% tot 25% dan kan er met de volledige 6500 MWh/j of 23,4 TJ per jaar een 9000 ton water (9000 ton water x 2,6 MJ/ton stoom = 23,4 TJ) verdampt worden. Het proces dat hier verondersteld wordt is een eenstaps stoomdroger waarbij 1,1 ton stoom nodig is om 1 ton water te verdampen (<http://www.emis.vito.be/techniekfiche/mest-indampen>). Het landbouwbedrijf Adams heeft 20.000 m³ aan rundmest dat zou vergist worden. De warmte die geproduceerd wordt uit de vergistingsinstallatie zal niet voldoende zijn om deze warmtevraag volledig in te vullen. Bijkomend stelt zich het probleem dat de economisch toegevoegde waarde dat een landbouwbedrijf voor deze warmte kan geven zeer beperkt is, zie verder informatie economisch rapport.

2.3.4. SCENARIO BIOGAS WEG

In onderstaande figuur wordt een overzicht gegeven van het biogas weg scenario.



Figuur 9: Overzicht Biogas weg scenario

In dit scenario wordt de mogelijkheid bekeken om het biogas niet meer ter plaatse te gaan benutten maar wel op een externe nabijgelegen site. Mogelijk voordeel van dit scenario is het biogas te gaan transporteren naar een site waar het biogas in een biogasmotor volledig kan benut worden, d.w.z. waar zowel de volledige warmte als elektriciteitsproductie kan gebruikt worden. Dit is een belangrijk verschil met het ge ntgereerde vergister scenario waarbij enkel een deel van de warmte kan gebruikt worden op de site zelf. Een mogelijk voordeel van dit scenario ten opzichte van het warmteweg scenario is het feit dat een biogasleiding een lagere investerings- en onderhoudskost vraagt ten opzichte van een warmtenet en dat er ook minder verliezen optreden.

De belangrijkste outputparameters worden weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 6: Outputparameters biogas weg scenario

Parameter	Eenheid	Biogas weg
Compost (GFT)	Kton/j	19.2

Compost (groen)	Kton/j	0
E-verbruik	MWh/j	3760
Stortgasmotor elektriciteitsproductie	MWh/j	2000
Stortgasmotor warmteproductie	MWh/j therm	2600
Biogasproductie (dry)	Nm ³ /j	3 500 000 (= 4,4kt)
Afvoer percolaat	Kton/j	7,5
Vermogen houtketel	kWth	50 – 400
Verkoop hout	Kton/j	1,3

Tabel 7: Overzicht mogelijk eindgebruik van biogas in scenario biogas weg

Parameter	Waarde
Aantal huizen verwarmd	0
Aantal huishoudens voorzien van elektriciteit	1760
Aantal vrachtwagens voorzien van brandstof	0
Aantal huizen voorzien van gas	260

Tijdens het overleg met de klankbordgroep zijn interessante pistes voorgesteld die nader onderzocht werden voor de benutting van het biogas. Op een beperkt aantal kilometer van de IOK Milieubedrijf site Beerse/Merksplas is de kolonie van Merksplas gelegen. Op deze site zijn heel wat specifieke gebouwen dicht bij elkaar gelegen die een goede benutting van de warmte en elektriciteit uit een biogas WKK-motor zouden kunnen voorzien. Op de kolonie in Merksplas wordt momenteel een hoeve en kapel gerestaureerd door de gemeente Merksplas met een multi-functionele toepassing (recreatie, overnachting, conciërge, cultuur functies). Op diezelfde site is ook een penitentiaire instelling en centrum voor illegalen gevestigd van de federale overheid. Een

renovatie en mogelijks een nieuwbouw van een penitentiaire instelling wordt overwogen. Hier kunnen zich nu en in de toekomst interessante verbruikers van vnl. warmte situeren.

Met de architecten en deskundigen voor de warmte en sanitair warm water voorziening van de hoeve en kapel werd reeds contact opgenomen. Uit hun berekeningen komt dat zij een geïnstalleerd vermogen nodig hebben van 2 MWth. Het biogas dat kan geleverd worden aan de site kan uitgemiddeld over een jaar 1,8 MWth aanleveren. Niet voldoende voor een piekbelasting, dit zou mogelijks kunnen opgelost worden door te werken met warmte buffers. Hier dient bij het detail ontwerp gekeken te worden naar een dynamische modellering in tijd. Er kan gesteld worden dat het biogas het grootste deel van het jaar voldoende warmte kan leveren aan de hoeve en kapel. Gezien de warmte voornamelijk zal gebruikt worden voor ruimteverwarming zal gedurende heel wat draaiuren van de biogasmotor er een overschot aan warmte zijn. Een groot gebruik aan sanitair warm water kan dit in de zomer opvangen. Hiervoor wordt gehoopt dat een penitentiaire instelling en het centrum voor illegalen dit kan opvangen.

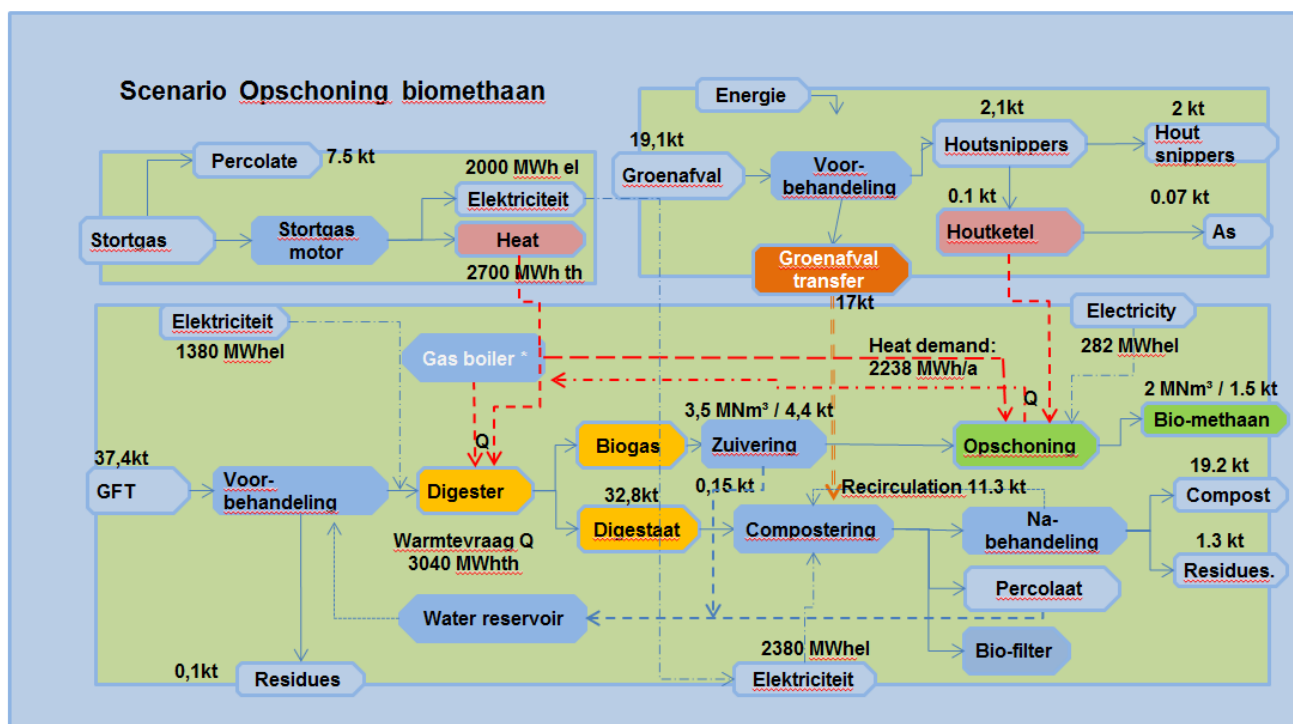
Voor transport van het biogas door een leiding dient een beperkte zuivering van het biogas te gebeuren nl. waterafscheiding en zuren. Afhankelijk van de kwaliteit van het biogas zijn verschillende reinigingstechnieken nodig voor het transport van biogas in pijpleidingen en voor de specifieke toepassingen daarna. Algemeen wordt het gas gedroogd om condensatie en mogelijke blokkage van de pijpleiding te voorkomen. Dit wordt gedaan door koeling van het gas om zo de dauwpunttemperatuur van de waterdamp verlagen. Het condensaat kan vervolgens worden verwijderd uit de gasstroom. Als het biogas onzuiverheden bevat, zoals waterstofsulfide of siloxanen die boven de specificatie-eisen van de pijpleiding of het gebruik in een bepaalde toepassing als een WKK, dient een extra reiniging te worden uitgevoerd. Meerdere mogelijkheden zijn daarvoor beschikbaar. Vaak wordt een kleine hoeveelheid lucht in de gasfase van de vergister geblazen, waar bacteriën de zuurstof gebruiken om H₂S te oxideren en het te laten neerslaan. Als dit niet voldoende is om de vereiste gaskwaliteit te bereiken kan een extra actief koolfilter worden gebruikt. Frequente gaskwaliteitscontrole kan leiden tot kostenefficiënte oplossingen, zoals de vermindering van het gebruik van het actief koolstoffilter door deze enkel in te zetten wanneer nodig blijkt.

Bij het transporteren van biogas door een speciaal daarvoor geïnstalleerde biogasleiding, komen ook heel wat juridische vragen naar voor. In Vlaanderen is er nog geen biogasleiding op openbaar domein tussen twee partijen aangelegd. Een vraag die verder onderzocht dient te worden is onder welke wetgeving dit valt en aan welke technische specificiteiten en controles dit valt. Dit wordt verder besproken in deelrapport E van de case Beerse/Merksplas.

2.3.5. SCENARIO OPSCHONING BIOMETHAAN

Een laatste scenario dat in overweging wordt genomen naar benutting van het biogas toe is de opzuivering van het biogas naar biomethaan om het te kunnen injecteren in het aardgasnet en nadien te gaan verkopen of te gaan gebruiken als voertuigbrandstof voor de vloot van IOK. Deze optie wordt bekeken om te kunnen werken naar een volledige energetische benutting van het biogas zonder afhankelijk te zijn van de warmtebenutting die op de site van Beerse-Merksplas geen evidentie is.

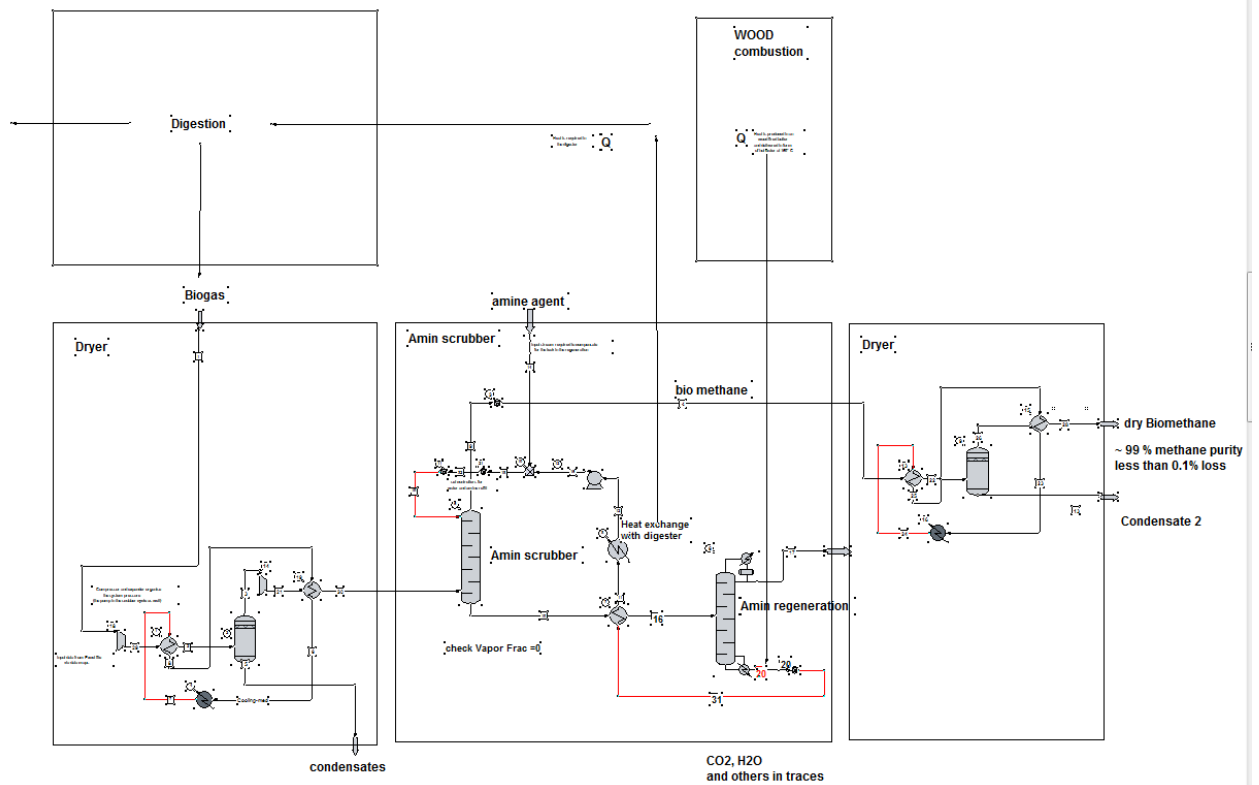
In onderstaande figuur wordt een overzicht gegeven van het scenario biomethaan opschoning.



Figuur 10: Overzicht Opschoning biomethaan scenario

De belangrijkste verschillen met de voorgaande scenario's zijn de bijkomende technologie voor opzuivering van het biogas tot biomethaan. Afhankelijk van de gekozen opzuiveringstechnologie is er een belangrijke hoeveelheid elektriciteit en/of warmte nodig om dit te kunnen doen. Voor de doorrekening van dit scenario is gekozen voor een technologie die voornamelijk warmte nodig heeft om het biogas tot biomethaan op te zuiveren (LP Cooab van de firma Cirmac). Er zijn evenwel nog andere mogelijke processen en constructeurs van opzuiveringstechnieken. Deze techniek werd hier gekozen omdat het proces voornamelijk warmte als energiebron nodig heeft en minder elektriciteit. De warmte kan op de site zelf geproduceerd worden door een houtketel op houtsnippers. Op deze manier kan de volledige biogasproductie gebruikt worden om op te schonen en om te zetten naar biomethaan. Het is belangrijk zoveel mogelijk biogas om te zetten naar biomethaan gezien de opschoningsinstallatie toch een zekere minimum hoeveelheid nodig heeft om zowel technisch als economisch rendement te halen. Voor het vooropgestelde LPCooab proces is dit 700 m³/u als optimaal punt. Met de ECP case van Beerse/Merksplas zitten we gemiddeld op 500 m³/u.

Via het modelleer tool ChemCad is er in het volledige systeem ook gezocht om de energiebalans te optimaliseren. Na de theoretisch dorrekening met ChemCad werd dit verder afgetoetst met de constructeurs of dit mits enige aanpassing aan hun installatie mogelijk zou kunnen zijn. Specifiek aan de gekozen opschoningstechniek is dat de restwarmte die vrijkomt kan ingezet worden om de vergister op te warmen. De opschoningstechniek heeft warmte nodig aan een temperatuurniveau van 160-180°C en afhankelijk van het gekozen ontwerp zijn restwarmte vrijgeven aan 80°C. In overleg met een constructeur van een droge vergister zijn er mogelijkheden uitgewerkt om deze warmte te recupereren om de vergister op te warmen. De vergister zal echter wel nog deels de hoogwaardige warmte nodig hebben, maar dit kan dan ook geleverd worden deels door de stortgasmotor, deels door de houtketel.



Figuur 11: Schematische weergave van optimalisatie oefening in ChemCad voor het scenario opschoning biogas.

De belangrijkste outputparameters van dit scenario worden gegeven in onderstaande tabel:

Tabel 8: Overzicht van outputparameters van scenario opschoning tot biomethaan

Parameter	Eenheid	Opschoning Biomethaan
Compost (GFT)	Kton/j	19.2
Compost (groen)	Kton/j	0
E-verbruik	MWh/j	4050
Stortgasmotor Elektriciteitsproductie	MWh/j el	2000
Stortgasmotor Warmteproductie	MWh/j therm	2600

Biogasproductie (dry)	Nm ³ /j	3 500 000 (= 4,4kt/j)
Biomethane	Nm ³ /j	2 000 000 (= 1.5 kt/j)
CO ₂ uit opschoning	Kton/j	2.9
Afvoer percolaat	Kton/j	7,5
Warmte uit houtketel	MWh/j	400
Vermogen houtketel	kWth	50
Verkoop hout	Kton/j	2

Bij de opschoning van biogas tot biomethaan dienen heel wat onzuiverheden uit het biogas gehaald te worden. Een overzicht van de belangrijkste onzuiverheden wordt in onderstaande tabel weergegeven met hun mogelijke gevolgen bij het gebruik.

Onzuiverheid	Mogelijke gevolgen indien niet verwijderd
Water	Corrosie in compressoren, opslagtanks en motoren door reactie met H ₂ S, NH ₃ en CO ₂ ter vorming van zuren. Accumulatie van het condensaat in de gasleiding. Opslag van het biogas onder hogere druk kan leiden tot condensatie en/of bevriezing (laag dauwpunt vereist).
H ₂ S	Corrosie in compressoren, opslagtanks en motoren. Giftige concentraties aan H ₂ S (> 5ppm) blijven in biogas. Bij verbranding wordt SO ₂ en SO ₃ gevormd, die nog giftiger zijn dan H ₂ S en die met waterdamp corrosie kunnen veroorzaken.
Stof	Verstopping en neerslag van stof in compressoren, motoren, ...
CO ₂	Calorische waarde ligt te laag.
Siloxanen	Bij verbranding worden SiO ₂ en microkristallijne kwarts gevormd die neerslaan op cilinderkoppen en kleppen en een schurend effect hebben.
VOC	Corrosie in verbrandingsmotoren
NH ₃	Corrosie indien opgelost in water in de rest van het opwerkingsysteem.
O ₂ /Lucht	Hoge concentraties O ₂ /lucht vormen een explosief mengsel.
Cl ⁻	Corrosie in verbrandingsmotoren.
F	Corrosie in verbrandingsmotoren.

Bron: BIOMETHAAN opwerking van biogas tot aardgaskwaliteit, door H. Vervaeren et.al.

De hoofdcomponenten van biogas zijn methaan (40 – 85%) en koolstofdioxide (15 – 50%). De andere componenten komen in beperkte hoeveelheden voor in het biogas, de hoeveelheid is afhankelijk van het inputmateriaal dat gebruikt is voor de productie van het biogas.

Om biomethaan uit biogas te bekomen zijn 2 belangrijke stappen noodzakelijk. Een eerste stap is een zuiveringsstap waarin de spoorcomponenten uit het biogas worden verwijderd, een tweede

stap is het opschoningsproces waarbij de CO₂ uit het biogas wordt gehaald om zo de energie-inhoud van het biogas te laten stijgen.

Voor het opschonen van biogas tot biomethaan is de verwijdering van CO₂ een belangrijk proces. Om dit te kunnen doen bestaan heel wat verschillende processen, waarvan heel wat processen al commercieel beschikbaar zijn. Een kort overzicht wordt hier gegeven:

→ Fysische of chemische absorptie

Hier wordt gebruik gemaakt van een absorbeervloeistof, in veel gevallen water: het biogas wordt gewassen met water op hoge druk waardoor de CO₂ wordt gescheiden van het biogas. Typisch wordt biogas gevoed onder aan een toren op een druk van gemiddeld 10 tot 20 bar. Het water wordt bovenaan in de kolom binnengebracht. Het biogas wordt dan in de kolom via een gepakt bed, meestal bestaande uit een plastic medium in nauw contact gebracht met het water. De techniek steunt op het feit dat CO₂ en H₂S beter oplosbaar zijn in water dan methaan. CO₂ en H₂S worden opgelost in water en het gezuiverde methaan verlaat de kolom bovenaan.

Het water dat de toren onderaan verlaat, wordt van zijn druk ontdaan in een flash tank waarbij een gas voornamelijk bestaande uit CO₂ maar toch ook een zekere slipstream van methaan ontsnapt. Het gas wordt geloosd in de atmosfeer of behandeld in een gasfilter.

De klassieke opbouw van het systeem bevat een compressor om het biogas op een druk te brengen, een koeler om het waswater te koelen, een pomp om het waswater te circuleren, een absorptiekolom, een droger die achter de absorptiekolom wordt geplaatst om het overtollige water uit het biomethaan te verwijderen, 1 of 2 desorptiekolommen en een blazer om lucht in de tweede desorptiekolom te brengen. Bij dit systeem is voorreiniging niet nodig aangezien H₂S en NH₃ met deze techniek ook verwijderd worden.

In plaats van water kan ook polyethyleenglycol (selexol) gebruikt worden, een techniek die veel gebruikt wordt in de aardgasindustrie. Het belangrijkste verschil is dat CO₂ en H₂S beter oplossen in selexol en dat er minder solvent van nodig is.

Een andere variant is absorptie d.m.v. een chemische reactie, bijvoorbeeld met alkanolamines. CO₂ lost op in de vloeistof en reageert vervolgens bij atmosferische druk met de chemische substantie in de absorptiekolom. Hierdoor wordt CO₂ in de oplossing gedreven. Na reactie kunnen deze alkanolamines geregenereerd worden. H₂S wordt in dit geval best voor deze stap uit het biogas gescheiden om vergiftiging van de chemische componenten te voorkomen. Chemische scrubbers maken gebruik van organische amines als absorbentia voor de verwijdering van CO₂ op beperkt hogere druk. De amines worden gereduceerd door verwarmen en drukverlaging om CO₂ af te drijven. De amines kunnen teruggewonnen worden als nagenoeg puur bijproduct van het proces.

Cirmac, een Nederlands bedrijf dat valt onder de Atlas Copco groep, heeft dergelijk eigen proces ontwikkeld nl. Low Pressure CO₂ Absorption (LP CoaabTM). De regeneratie gebeurt door stoom in een CO₂ stripper. Warmtewisselaars worden gebruikt om de warmte zoveel mogelijk over te dragen van de CO₂ stripper (hoge temperatuur) naar de CO₂ verwijderingseenheid (lage temperatuur). Cirmac schuift de volgende voordelen naar voor voor het LP Coaab systeem: weinig tot geen methaan verliezen (<0,1%), geen emissies van methaan naar de atmosfeer, een hoge betrouwbaarheid, een compacte constructie, lage kostprijs van onderhoud en werking., volledig

automatische controle, hergebruik van CO₂ mogelijk (alle toepassingen buiten voeding), een zeer hoge methaan zuiverheid.

→ **Pressure Swing Adsorption (PSA), Vacuum Pressure Swing Adsorption (VPSA)**

Dit proces maakt gebruik van een kolom met een moleculaire zeef, typisch actief kool, voor de differentiële adsorptie van de gassen CO₂ en H₂O. Methaan gaat door de zeef. PSA en VPSA is typisch een cyclisch batch proces waar adsorptie uitgevoerd wordt op een relatief hogere druk en de desorptie (de regeneratie) op een lagere druk. Het verschil tussen PSA en VPSA is dat bij VPSA er een vacuüm pomp is toegevoegd, dit zorgt voor een differentiële druk bij lagere absolute druk.

Het PSA systeem bestaat uit compressor om biogas op druk te brengen. Het biogas wordt gevoed aan het bed, als het bed volgeladen is wordt het proces naar het volgende bed geleid. Na verzadiging wordt de druk op het bed geleidelijk verminderd. In deze stap komt een CH₄/CO₂-mengesel vrij met een hoog gehalte aan CH₄. De volgende stap is het actief kool bed regenereren door het onder vacuüm te brengen (0,1 bar; VPSA) of de druk te verlagen (PSA) waarbij een gasstroom met voornamelijk CO₂, met een kleine hoeveelheid methaan, vrijkomt. Na opwerking ontstaat een opgewerkt biogas met 96%-98% methaangehalte.

Op voorhand wordt een condenser geïnstalleerd om het water te verwijderen, een fijne H₂S verwijderingstechniek.

De firma Cirmac biedt deze techniek aan onder de naam CarboTech en gebruikt 4 bedden. CarboTech gebruikt ook thermische oxydatie wat leidt tot een lager verbruik waardoor de operationele kosten lager uitvallen.

→ **Membraanscheiding**

Dit proces is gebaseerd op de selectieve permeabiliteit van membranen voor verschillende componenten. Bepaalde componenten worden hierdoor getransporteerd terwijl andere worden weerhouden.

Er zijn 2 basissystemen voor gaszuivering:

- (1) De hoge druk gasscheiding met gasfasen aan beide kanten van het membraan
- (2) De lage druk gas-vloeibare absorptiescheiding waarbij een vloeistof de moleculen, die doorheen het membraan gaan, absorbeert.

→ **Cryogene scheiding**

Dit proces maakt gebruik van het verschil in temperatuur en druk waarbij de verschillende componenten vloeibaar worden. Biogas wordt gekoeld en gecomprimeerd zodat CO₂ en andere onzuiverheden vloeibaar gemaakt worden. Het ruwe biogas wordt gecomprimeerd tot 80 bar. De compressie gebeurt in verschillende stappen. Het biogas moet op voorhand wel gedroogd zijn om vervriezing in de volgende koelprocessen te voorkomen. Het biogas wordt gekoeld tot -45°C. Het gecondenseerde CO₂ wordt verwijderd in een afscheider. Het gas wordt dan verder afgekoeld tot -55°C en geëxpandeerd tot 8-10 bar in een expansievat. Het gas heeft dan een temperatuur van ongeveer -110°C. In deze tank is een gas-vaste fase evenwicht.

Dit proces is een interessant proces als het eindproduct vloeibaar biomethaan is (LBM), de equivalent van vloeibaar aardgas. In dit geval werkt het koelingsproces voor de zuivering synergetisch met de verdere koeling tot LBM.

In Nederland heeft het bedrijf Gastreatment Services een systeem ontwikkeld nl. Gastreatment Power Package (GPP). Dit systeem kan biogas opschonen tot biomethaan.

Het kiezen van een bepaalde opschoningstechniek is een belangrijke keuze en hangt van verschillende factoren af. De keuze is afhankelijk van de biogassamenstelling en debiet van het biogas, maar ook de economische aspecten en de omgevingsaspecten zoals de aanwezigheid van warmte, elektriciteit) bepalen mee de keuze. De keuze kan ook onderworpen zijn aan ecologische overwegingen en ook het eindgebruik van het biomethaan spelen een rol.

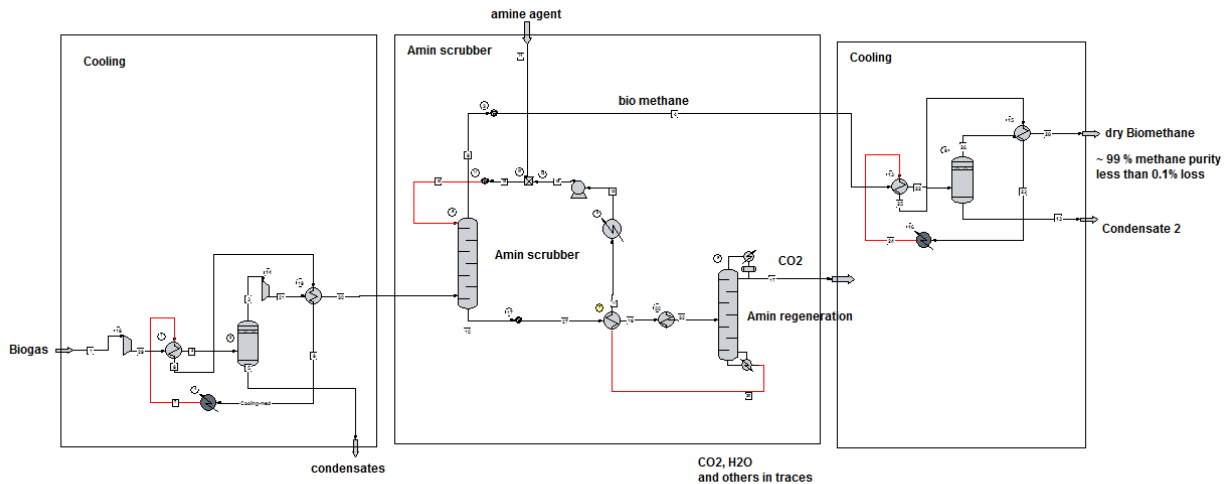
In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de verschillende opschoningstechnieken met elk hun voor-en nadelen.

Tabel 9: Vergelijking van verschillende biogas-opwerkingstechnieken (voor nieuwe biogasinjectie projecten, > 500 m³/h, energiegewassen, verschillende locaties (Bron: Dr. A. Schulte-Schulze Berndt, 2007; * aangepast door de resultaten van de technologie evaluatie door H. Vandeweyer et.al. uit BIOMETHAAN opwerking van biogas tot aardgaskwaliteit)

Attributie	Water scrubber	Selexol scrubber	Amine scrubber	PSA	Membranen	Cryogene scheiding
CH ₄ -verrijking	Hoog ++	Hoog ++	Hoog++	Hoog++	Laag-	*Hoog++
O ₂ /N ₂ -verrijking	Ja-	Ja-	Ja-	*Ja-	Ja-	*Ja-
CH ₄ -verliezen	Medium+/-	Hoog --	Laag ++	Medium +/-	Hoog --	*Medium +/-
Product gas droger vereist	Ja-	(Ja-)	Ja -	Nee +	Nee +	*Nee +
H ₂ S voor- of nabehandeling vereist	*Soms +/-	*Soms +/-	Ja-	Ja -	*Soms +/-	*Nee +
Pafgassen behandeling vereist	*Nee+	*Nee+	*Nee+	Nee +	*Ja -	* Nee +
Benodigdheden (energie, water, koelwater, chemicaliën)	*Hoog--	Hoog--	Hoog --	Medium +/-	*Laag ++	*Medium +/-
Energievraag	0.28 -0.4 kWh/m ³ ruw gas	0.32 kWh/m ³ ruw gas	0.42 - 0.52 kWh/m ³ ruw gas	0.21 - *0.35 kWh/m ³ ruw gas	0.5 - *0.14 kWh/m ³ ruw gas	0.35 kWh/m ³ ruw gas
Niveau van emissie (afvalwater, afgassen, afval)	Medium +/-	Laag +	Medium +/-	Laag +	Laag +	*Laag +
Investeringskost	Medium +/-	Medium +/-	Hoog -	Medium +/-	Hoog -	*Hoog -

De keuze van de CO₂ verwijdering bepaalt ook de benodigde zuiveringstechniek om H₂S en de nadere onzuiverheden uit het biogas te verwijderen. Zoals weergegeven in Figuur 12 is de

aminescrubber die werd gekozen voor de case Beerse/Merksplas gecombineerd met een koeling van het biogas om het water en onzuiverheden uit het biogas te halen.

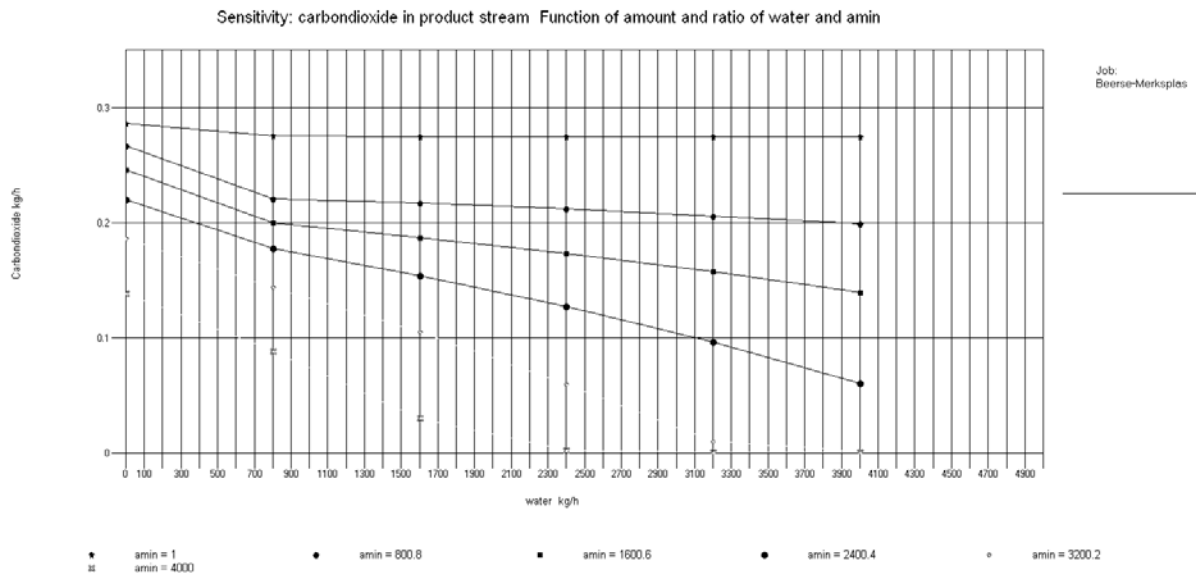


Figuur 12: Schematische weergave in ChemCad van de opschonings- en zuiveringstechniek in combinatie met een koeling van het biogas voor de case Beerse/Merksplas.

In Zweden worden vnl. waterscrubbers toegepast (hoog calorisch net). Duitsland plaatst vnl. PSA-eenheden. Nederland plaatst zowel PSA, waterscrubbers als membraantechnologie.

De belangrijkste keuzeparameter van verwijdering van CO₂-techniek wordt meestal gedaan op basis van de kosten/baten analyse van de installatie, hierbij wordt rekening gehouden met de investeringskost maar ook met de werkingskost. De werkingskost wordt bij de ene techniek meer bepaald door de warmte die nodig is, bij de andere eerder door elektriciteit (druk en/of koeling). Indien de installatie in de buurt staat van een entiteit die een overschot aan warmte heeft, de keuze sturen richting een opwerkingstechniek die nood heeft aan warmte.

Voor de case Beerse/Merksplas werd met het modelleertool ChemCad ook het verbruik en het rendement van de aminescruber berekend. De resultaten worden weergegeven in Grafiek 1.



Grafiek 1: Sensiteivitsanalyse naar opname van CO₂ in functie van de amine concentratie

→ **Technische voorwaarden injectie biomethaan**

De opschoningsinstallatie dient te zorgen dat het biomethaan dat geproduceerd wordt voldoet aan de Technische Aanbeveling Biomethaan (2000.50.42, versie september 2011) die in België zijn opgesteld door Synergrid.

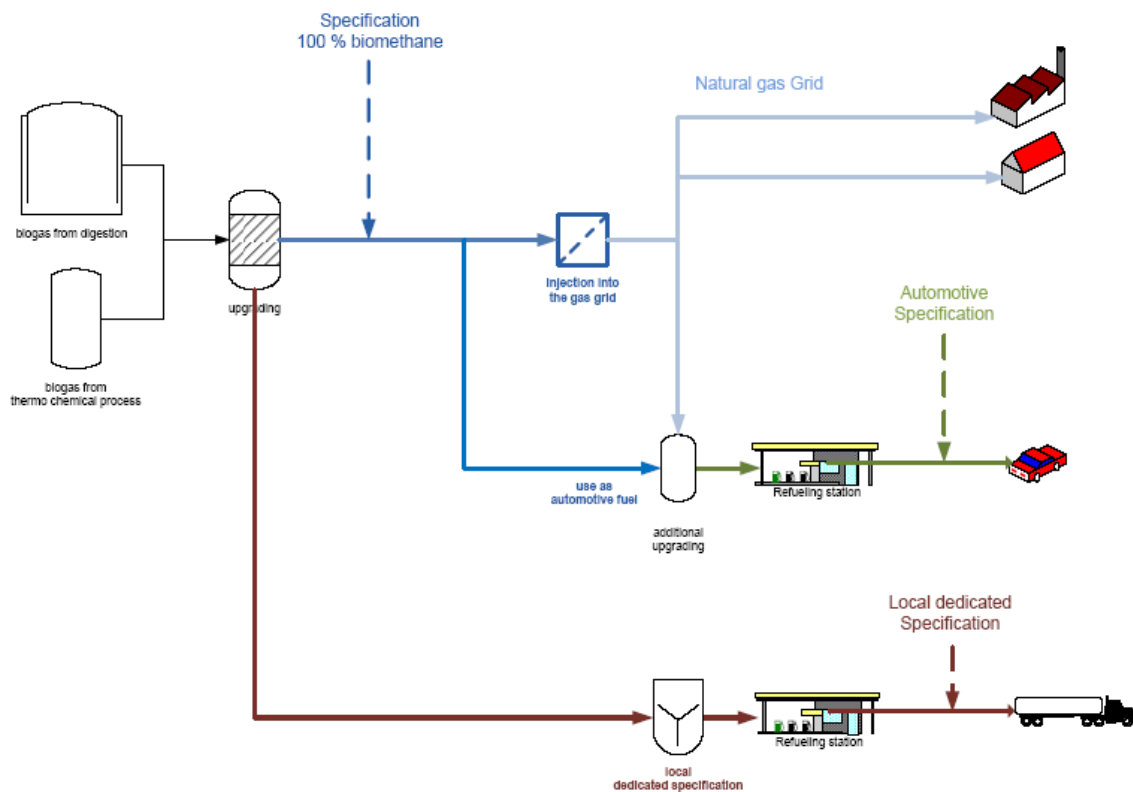
De samenstellingen en karakteristieken voor biomethaan door Synergrid aanbevolen worden in onderstaande tabel weergegeven in vergelijking met de karakteristieken in andere EU-landen.

Tabel 10: Overzicht van samenstelling en karakteristieken voor biomethaan in België en een aantal andere EU-landen.

Element	Eenheid	Frankrijk	Duitsland	Zweden	Zwitserland	Oostenrijk	Nederland	België
Wobbe index	MJ/Nm ³	L-gas: 42.48 - 46.8 H-gas: 48.24 - 56.52	L-gas: 37.8-46.8 H-gas: 46.1-56.5			47.7 – 56.5	43.46 - 44.41	L-grid: 43.88 - 46.91 H-grid: 49.14 - 56.81
CH ₄ -gehalte	Vol-%			95 -99	> 50 (gelimit. Inj.) > 96 (ongelim. Inj.)		>80	L: >80% H: >85%
CO ₂	Vol-%	<2	<6		<6	<= 2		L: <6 (mol%) H: <2.5 (mol%)

O ₂	Vol-%		<3		<0.5	<0.5		
	ppmV	<100						
	Mol%						<0.5	<0.5
H ₂	Vol-%	<6	<= 5		<5	<=4	<12	
CO ₂ +O ₂ +N ₂	Vol-%			<5				<15 (mol%)(zonder O ₂)
Water dauw Punt	°C	<-5		<t-5		<-8	-10	-2
Relatieve vochtigheid					<60%			<110 mg/Nm ³
Zwavel	mg/Nm ³	<75	<30	<23	<30	<=5	<45	<30

Momenteel worden deze aanbevelingen gevolgd. Ondertussen wordt op Europees niveau gewerkt aan een standaard voor biomethaan. Deze standaard wordt binnen de schoot van CEN (European Committee for Standardization) ontwikkeld. Het Technical Committee 408 zal dit in goede banen leiden en zal een specificatie ontwikkelen voor 2 toepassingen namelijk een biomethaan standaard voor injectie van biomethaan in het net en een andere specificatie voor biomethaan als transportbrandstof.



Figuur 13: Schematische weergave van biomethaan toepassingen waarvoor TC 408 van CEN een specificatie zal ontwikkelen.

Deze ontwikkeling dient op de voet gevolgd te worden aangezien Synergrid heeft aangegeven mee te stappen in deze norm van zodra deze definitief is. De aanbeveling biomethaan zal dan volgens die norm worden aangepast.

Naast de samenstelling en de karakteristieken van het biomethaan dat op het aardgasnet zou geïnjecteerd worden, staan in deze aanbeveling ook voorwaarden over de controle op de kwaliteit en de metingen die dienen uitgevoerd worden op het biomethaan alvorens mag geïnjecteerd worden. De injectie op het net moet ook doorgesproken worden met de distributienetbeheerder. In het geval van de site in Beerse/Merksplas is dit Eandis. Een eerste verkennend gesprek met Eandis wees uit dat zij open staan voor dergelijke injectie maar dat zij het voorzichtigheidsprincipe zullen hanteren. Studiewerk wordt ondertussen verricht zowel langs de kant van Eandis als langs de kant van Vito. Eandis is momenteel aan het bestuderen of een injectie in Beerse/Merksplas mogelijk is. Dit wordt gedaan op basis van een oriënterende studie. De resultaten hiervan zijn nog niet bekend. Vito van zijn kant heeft contact opgenomen met de firma Elster-Instromet om een mogelijke meet- en regelstraat opstelling uit te zetten die voldoet aan alle aanbevelingen van Synergrid en die voldoet aan de wensen van Eandis. Deze technische besprekingen tussen Vito, Eandis en Elster-Instromet zijn nog volop aan de gang. Deze technische discussie zal dan ook zijn gevolgen hebben om de investeringskost, maar is momenteel nog niet in detail opgenomen in de economische berekeningen.

→ **Eindgebruik biomethaan**

Opgeschoond biogas ofwel biomethaan heeft als voordeel dat het fysiek dezelfde kwaliteiten heeft als aardgas. De toepassingen van aardgas liggen op dat moment ook open voor biomethaan. Als het biomethaan ook op het aardgasnet geïnjecteerd wordt, dan zijn is het eindgebruik technische gezien zeer breed en dit zonder dat er ook maar enige technische aanpassing vanuit de eindgebruiker nodig is ten opzichte van het gebruik van aardgas.

Biomethaan kan voor volgende toepassingen gebruikt worden:

- Gebruik in een aardgasketel voor verwarmingsdoeleinden
- Gebruik in een aardgasketel voor processwarmte
- Gebruik in een aardgasWKK-motor voor de opwekking van warmte en elektriciteit
- Gebruik als brandstof in een aardgas elektriciteitscentrale (STEG)
- Gebruik als transportbrandstof via een CNG (compressed natural gas) tankstation
- Gebruik als grondstof in aardgas gebaseerde chemie

IOK Afvalbeheer is voor het scenario biomethaan voornamelijk geïnteresseerd in de toepassing van biomethaan voor het gebruik als transportbrandstof voor de eigen vuilniswagens.

Het voordeel van voertuigen op (bio)methaan is dat de uitstoot van verontreinigende stoffen lager ligt dan conventionele diesel. Vooral de uitstoot van roet ligt lager, maar ook de NOx-verontreiniging verlaagd. Een ander voordeel van het rijden op (bio)methaan is dat deze voertuigen een stillere motorwerking hebben. De nadelen van (bio)methaan als transportbrandstof is het beperkte rijbereik met een volle tank. De tank die nodig is voor het (bio)methaan is zwaarder en volumineuzer. Voor vuilniswagens zijn de voordelen zeer belangrijk gezien vuilniswagens in het centrum van steden en gemeentes komen en de lagere uitstoot en beperktere geluidsproductie welkom is. Het beperktere rijbereik is voor vuilniswagens ook minder een probleem in vergelijking met lange afstandsvrachtvervoer, gezien vuilniswagens een beperktere afstand afleggen en regelmatig hun afvalvracht dienen te lossen.

Aardgasvoertuigen maken gebruik van CNG (Compressed Natural Gas) of LNG (Liquified Natural Gas). Voor CNG of in dit geval Compressed BioMethane (CBM) wordt het gas gecompriëerd tot 200 bar. Vooraleer kan overgegaan worden tot het samendrukken, moet het gas gedroogd worden tot een dauwpunt van -15°C om geen aanleiding te geven tot condensatie van water, H_2S en CO_2 . H_2S en CO_2 kan leiden tot corrosie in combinatie met water in de leidingen en motor.

Bij LNG of in dit geval voor LBM (Liquified Biomethane) wordt het gas vloeibaar gemaakt tot -163°C . Momenteel maken de meeste aardgasvoertuigen gebruik van CNG.

Het biomethaan dat gebruikt wordt in voertuigen moet voldoen aan een aantal standaarden. Belangrijk bij deze standaard is het methaangehalte dat niet onder de 85% mag liggen om technische problemen te vermijden. Hoe hoger het methaangehalte, hoe verder het rijbereik. Zoals aangegeven in Figuur 11 wordt momenteel een Europese norm hiervoor ontwikkeld.

Het is belangrijk aan te geven dat in realiteit het biomethaan eerst wordt geïnjecteerd op het net om daarna als transportbrandstof te gebruiken. Technisch gezien is dit echter niet noodzakelijk en kan het ook rechtstreeks. Dit wordt toegepast in Zweden maar dan wordt gebruik gemaakt van opslagtanks voor het biomethaan. Zweden heeft dan ook een standaard voor CBM als transportbrandstof. In andere landen wordt geïnjecteerd en is momenteel de standaard van het aardgasnet dezelfde als die van de vervoersbrandstof.

Een belangrijk verschil van CBM in vergelijking met de conventionele transportbrandstoffen diesel en benzine, is de lagere energie-inhoud waardoor de actieradius kleiner wordt. Omgebouwde voertuigen rijden met een standaard cilinder tank van 80-90 liter slechts 200 – 250 km. Dit is twee keer minder dan bij benzine en tot drie keer minder dan bij diesel. Seriematig omgebouwde aardgasvoertuigen die beschikken over één grote tank of meerdere kleine tanks kunnen actieradius behalen van 300 – 400 km. Voor zware voertuigen wordt aangeraden om het aantal cilinders af te stemmen op het dagelijks gebruik.

CBM neemt ook meer plaats in dan een conventionele brandstof. Bij ombouwvoertuigen gaat een groot deel van de kofferruimte verloren. Bij seriematige personenvoertuigen worden de tanks in het chassis verwerkt. Bij bussen komen de cilinders op het dak. Een gevulde aardgastank weegt ook tot 4 keer meer dan een diesel of benzinetank

Er zijn drie soorten aardgas voertuigen die op de markt ter beschikking zijn:

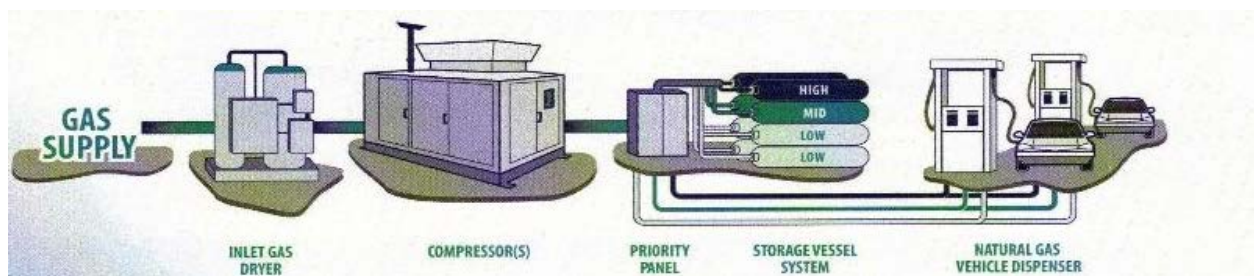
- (1) Mono-fuel
- (2) Bi-fuel
- (3) Dual-fuel

De Mono-fuel voertuigen zijn voertuigen die enkel op aardgas rijden. Na het tanken van het methaan komt dit gas in een hoge druk brandstofopslagtank terecht. Een hoge druk brandstoflijn brengt het gas vanuit de tank naar het motorcompartiment. Een drukregelaar verlaagt de druk van het gas tot 0 – 8 bar en in de carburator wordt de brandstof gemengd met de lucht in de verbrandingskamer. De onstekingskaars zorgt voor een vonk dat voor ontbranding van het mengsel zorgt. Voordeel van een mono-fuel voertuig is het feit dat zo het motormanagement kan afgesteld worden op een hogere druk van de brandstof. Hierdoor is het verbruik en de uitstoot van de voertuigen lager. Er kan ook een methaan katalysator worden geplaatst bijkomende om de uitstoot te verminderen. Voor zwaar vervoer wordt meestal een monofuel aardgasmotor gebruikt. De motor wordt dan omgebouwd tot een vonkonstekingsmotor door het inbouwen van brandstofinjectiesystemen en onstekingskaarsen en door de compressieverhouding te verlagen.

Bi-fuels voertuigen beschikken over 2 gescheiden brandstofsyste­men met gecompresseerd biomethaan (CBM) als hoofdbrandstof. Indien het CBM uitgeput is, wordt overgeschakeld op benzine. Het nadeel van deze voertuigen is dat het motormanagement slechts op 1 van beide brandstoffen kan afgesteld worden, waardoor het verbruik en de emissies hoger liggen. Ombouw tot een bi-fuel kan gebeuren door plaatsen van bijkomende hoge druk opslagtank en brandstof­toevoer naar de motor.

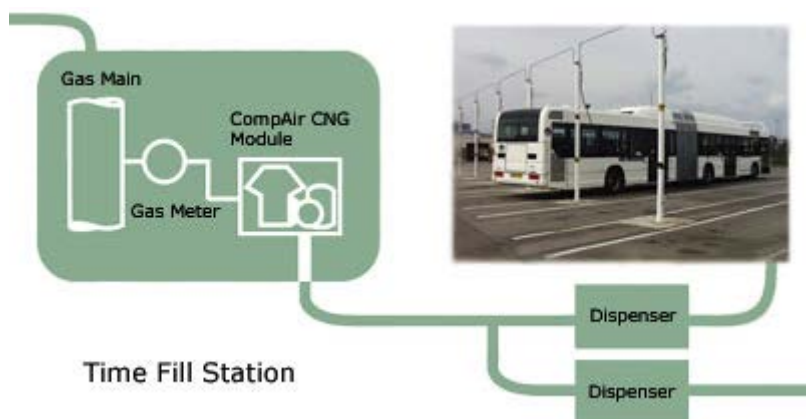
Dual fuel voertuigen mengen 2 brandstoffen in de motor zelf. Bij lage belasting lopen dual fuel motoren echter voornamelijk of geheel op diesel. Bij hoge belasting (80-90%) voornamelijk op gas. Een kleine hoeveelheid diesel wordt ingespoten om via compressie te onsteken. De diesel onsteekt dan op zijn beurt het aardgas. Dual-fuel voertuigen kunnen ook op 100% op gas rijden. Ombouw tot dergelijke motor vereist een plaatsing van een gasopslagtank en een bijhorende brandstof­toevoer.

Vloten die over hun eigen privé tankstation beschikken zoals openbaar vervoer en andere diensten­ondernemingen (bussen, vuilniswagens, bestelwagens, ...), zoals ook IOK Afvalbeheer kunnen dit ombouwen naar een aangepast gas tankstation. Een CBM vulstation is opgebouwd uit een compressorinstallatie om de druk te verhogen, eventueel een bufferopslag (indien gekozen wordt voor een fast-fill of snelle tanking) en 1 of meerdere vulpunten (dispensers). De buffer bevat 3 secties, een lage, midden en een hoge druk sectie, alle drie tot 250 bar gevuld. Bij het vullen van het voertuig wordt eerst 60% uit de lage druk sectie (tot de druk gedaald is tot 100 bar) CBM gehaald, vervolgens uit de midden sectie een 35% (tot de druk gedaald is tot 180 bar) en dan uit de hoge druksectie ongeveer 5% (tot druk tot 220 bar gedaald is). Door het drukverschil tussen de buffer en de tank stroomt het gas naar de tank. De cascadereregeling zorgt voor een snelle vulling van 3 minuten.



Figuur 14: Schematische voorstelling van een fast-fill tankstation. Bron: Advancedfuelsystems.com

Indien geen bufferopslag aanwezig is dan vult het voertuig zich dadelijk vanuit de compressor, de zogenaamde slow fill dit kan 6 tot 12 uur in beslag nemen. Het voertuig wordt dan via een dispenser verbonden met het vulstation. In de afleverzuil kan een gasteller, bonprinter enz. geplaatst worden om het verbruik op te meten.



Figuur 15: Schematische voorstelling van een slow-fill tankstation. Bron: compair.nl

Een LBM tankstation verschilt van van een CBM vulstation. Bij een LBM tankstation staat een cryogene opslagtank, een LBM-pomp en een dispenser. Bij gebruik van vloeibaar biomethaan, wordt wel een energiedichtheid bereikt die vergelijkbaar is met diesel/benzine. De opslagtank moet tegen cryogene temperaturen aankunnen maar de tanks zijn wel lichter. Bij de toevoer van de brandstof wordt het vloeibaar methaan omgezet to een gas. LBM kan dus in zelfde voertuigen gebruikt worden als CBM mits een aanpassing van de tanks en het toevoersysteem. Het nadeel van LBM is dat er tijdens distributie en gebruik verdampingsproblemen kunnen ontstaan. Men kan dus enkel tanken in een fast-fill tankstation.

Voor de case Beerse/Merksplas is enkel de toepassing CBM in overweging genomen. De keuze voor CBM is er gekomen omwille van het gebruik van het aardgasnet als buffer en transportmodus naar het tankstation van IOK Afvalbeheer dat zich in Geel bevindt en niet ter plaatse zelf in Beerse/Merksplas. Een andere reden was dat voor de productie van LBM de cryogene opschoningstechniek het meeste aansluit op de LBM toepassing, maar dat deze een hoog elektriciteitsverbruik heeft. Elektriciteit is echter niet goedkoop aanwezig op de site van Beerse/Merksplas, warmte is dat wel.

De hoeveelheid biomethaan die in de case Beerse/Merksplas geproduceerd wordt, zou overeenkomen met 2.5 miljoen equivalent diesel (zie Tabel 11).

Tabel 11: Overzicht mogelijk eindgebruik biomethaan in transport in scenarion opschoning biogas

Parameter	Waarde
Aantal huizen verwarmd	0
Aantal huishoudens voorzien van elektriciteit	0
Aantal vrachtwagens voorzien van brandstof	2,5 mio l equivalent diesel = 7 800 000 km (32 l /100 km) 1 kuub aardgas = 0,8 kg aardgas = 1 liter

	benzine = 0,8 l diesel
Aantal huizen voorzien van gas	0

HOOFDSTUK 3. EVALUATIE PROCES EN GELEERDE LESSEN

Voor het uitwerken van een concept voor de site Beerse/Merksplas was er technisch heel wat mogelijk. Tijdens het verder uitwerken en verfijnen van het concept met zijn verschillende scenario's werd er gezocht naar energetische optimalisaties van het totale systeem. Uit deze case is duidelijk naar voren gekomen dat naast elk deelproces te optimaliseren, er ook nog een globale optimalisatie nodig is als je met een 'park' van conversietechnologiën werkt. Deze optimalisatie is mogelijk maar moet grondig doorgesproken worden met de constructeurs en navraag gedaan worden wat de mogelijkheden zijn.

Uit de verschillende scenario's die hierboven technisch berekend en beschreven zijn, blijkt dat zowel een benutting van het biogas in een WKK als het biogas transporteren naar een andere site of het biogas opschonen tot biomethaan en injecteren in het aardgasnet, drie gelijkwaardige en technisch haalbare scenario's zijn. Er moet echter ook rekening gehouden worden met niet technische randvoorwaarden. Zoals te lezen is in het economische deelrapport en het deelrapport organisatie, zijn het biogasweg en het opschonings scenario op economische en beleidsvlak niet zo vanzelfsprekend.

LITERATUURLIJST

Biomethaan opwerking van biogas tot aardgaskwaliteit, H. Vandeweyer, R. Baert, E. Ryckebos, J. Leenknecht, M. Drouillon, H. Vervaeren; p. 176, 2008, ISBN: 978-90-8135-520-9

financiers:



projectpartners:



subcontractors:

