

**Haalbaarheid van kleinschalige
vergassing van biomassa tot groen gas
in het kader van transitiepad groen gas**

Colofon

Projectnr : 100385
Status : Definitief
Datum : 7 juli 2009
Uitvoering : Dhr. J. Greeve
Coördinatie : Dhr. F. Linnemans
E kwadraat advies BV : Legedijk 4
: 8901 BP Leeuwarden
Telefoon : 088-4000 500
Fax : 088-4000 509
E-mail : info@ekwadraat.com

SAMENVATTING

SenterNovem heeft opdracht gegeven om een rapport te schrijven over de haalbaarheid van een kleinschalige (biomassa)vergassingsinstallatie. Deze installatie heeft als einddoel het opwekken van groen gas, welke voldoet aan de kwaliteitseisen om te kunnen injecteren in het Nederlandse gasnet.

In onderliggend document worden de volgende vragen beantwoord:

1. Welke randvoorwaarden zijn van belang om een concrete locatie (omgeving) te kiezen?
2. Welke technieken zijn beschikbaar voor het verwerken van biomassa tot energie en hoe kan deze energie worden afgezet?
3. Aan welke voorwaarden moet de installatie voldoen om technisch en economisch interessant te zijn?
4. Welke juridische en organisatorische knelpunten kunnen worden verwacht voor het opzetten van een gezamenlijke vergassingsinstallatie?

Met behulp van de informatie uit dit document kan per locatie worden gekeken of een vergassingsinstallatie uitgerold kan worden. Er is één locatie specifiek doorgerekend, namelijk de mogelijke locatie in de omgeving van Amersfoort.

In de omgeving van Amersfoort zijn voldoende “groene en houtachtige stromen” die op dit moment niet worden ingezet als brandstof voor energieproductie. Deze stromen kunnen worden omgezet naar groen gas.

Bij vergassing van biomassa ontstaat syngas. syngas bestaat voornamelijk uit koolmonoxide (CO) en waterstof (H₂). Daarnaast bevat syngas fijnstof, teer en stikstofcomponenten. syngas kan, na een simpele reinigungsstap, in een WKK omgezet worden naar warmte en elektriciteit. Het syngas kan nog meer bewerkingsstappen ondergaan zoals teerverwijdering, gasreiniging, methanisering en koolstofdioxideverwijdering. Het syngas kan dan op dezelfde kwaliteit gebracht worden als aardgas en wordt dan Synthetic Natural Gas (SNG) genoemd.

Waarom wordt gekozen voor groen gas? Het toepassen van SNG brengt voordelen met zich mee. SNG gas is te vergelijken met Gronings Aardgas, waardoor dit gas toegepast kan worden in de industrie, woningbouw, mobiliteit of omgezet kan worden naar warmte en elektriciteit. SNG gas kan geïnjecteerd worden in het lokale gasnet. De technologie die het mogelijk maakt om biomassa om te zetten naar SNG is op dit moment in ontwikkelingsfase. Deze technologie is complex, in vergelijking met het produceren van syngas conform bestaande vergassingstechnieken. Dit brengt een hogere investering en benodigde kennis met zich mee. Wanneer gekozen wordt voor alleen de elektriciteit en warmte route, kan worden gekozen voor een alternatieve vergassingstechnologie.

Dit haalbaarheidsonderzoek richt zich op technieken waarmee Bio-SNG gemaakt kan worden op aardgaskwaliteit. Het vergassingsmedium (medium waarin het vergassingsproces plaatsvindt) kan bestaan uit lucht, pure zuurstof of stoom. Bij gebruik van lucht bevat het syngas stikstofverbindingen. Deze stikstofverbindingen zijn moeilijk te verwijderen uit het syngas en zijn ongewenst indien het syngas opgewerkt gaat worden naar Bio-SNG (aardgaskwaliteit). Hieruit volgen een aantal eisen die gesteld worden aan de vergassingstechniek. Door stoom of pure zuurstof te gebruiken als vergassingsmedium worden stikstofverbindingen voorkomen. Er gebruik gemaakt te

worden van allotherme vergassing, in een wervelbed reactor (vanwege doorvoerspecificaties).

De implementatie van vergassingsinstallaties waarmee groen gas geproduceerd wordt kan in fases gebeuren waarbij in eerste instantie het halffabricaat (syngas) benut wordt. Zo kan ervaring met de techniek opgedaan worden en het risico beperkt worden. Het syngas kan rechtstreeks in de industrie afgezet worden of in een WKK omgezet worden in elektriciteit en warmte. Tabel 1 geeft de groottes van de outputstromen bij de verschillende benuttingsmogelijkheden voor het syngas en de verschillende inputvermogens (10, 20 en 50 MW) weer. In de tabel is het output vermogen weergegeven in megawatt (MW), hoeveelheid gas in normaal kubieke meter (Nm³), elektriciteitsopbrengst in kilowattuur (kWh) en warmte in gigajoule (GJ).

Benutting syngas		Output	10 MW	20 MW	50 MW	
I.	Directe afzet van syngas (bv. in de industrie)	syngas	7,4	14,8	37	MW
			1.624	3.249	8.122	Nm ³ / uur
			13,0	26,0	65	mIn Nm ³ / jaar
II.	Omzetten in een WKK	Elektriciteit	2,2	4,4	11	MW _{el}
			17.760	35.520	88.800	kWh _{el}
		Warmte	4,4	8,9	22	MW _{th}
			127.872	255.744	639.360	GJ _{th}
III.	Opwaarderen naar aardgaskwaliteit en injecteren in het aardgasnet	Synthetic	7,0	14,1	35	MW
		Natural Gas	738	1.476	3.689	Nm ³ / uur
		(doel van dit onderzoek)	5,9	11,8	30	mIn Nm ³ / jaar

Tabel 1: Overzicht outputstromen.

Geconcludeerd kan worden dat een kleinschalige vergassingsinstallatie (< 50 MW) in de omgeving van Amersfoort gerealiseerd kan worden. Hierbij wordt aangeraden om te kijken naar biomassastromen en afvalhoutstromen (categorie A, B en C). In de omgeving zijn voldoende biomassa en houtstromen aanwezig voor een installatie van ruim 20 MW. Om tot een financieel interessante businesscase te komen is het van belang dat op het groene gas de zogenaamde Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE) wordt gegeven. Zonder SDE subsidie is het financieel niet interessant om een kleinschalige vergassingsinstallatie te plaatsen. In onderstaande tabel worden de financiële cases voor 10, 20 en 50 MW weergegeven. Installaties tot 20 MW zijn ook met de huidige SDE subsidie niet financieel rendabel. Een installatie van 50 MW kan financieel rendabel zijn (wanneer alle parameters positief uitvallen) met een vergelijkbare subsidie als de huidige SDE¹ bij afzet van elektriciteit en warmte (benutting syngas in WKK) of productie en afzet van Bio-SNG in het aardgasnet.

¹ In de huidige SDE is vergassing van biomassa niet opgenomen. De subsidiebedragen in deze business case zijn gebaseerd op de SDE op elektriciteit van verbranding en groen gas van co-vergisting.

10 MW installatie	syngas	WKK	Bio-SNG
Investerings	€ 9.588.000	€ 15.936.000	€ 17.700.000
Operationele kosten	€ 2.400.000	€ 3.258.000	€ 3.496.000
Operationele inkomsten	€ 1.284.000	€ 1.202.000	€ 1.132.000
Subsidie (SDE anno 2009)	€ -	€ 1.559.000	€ 2.067.000
ROI (incl. subsidie)	-11,6%	-3,1%	-1,7%
20 MW installatie			
Investerings	€ 15.666.000	€ 26.062.000	€ 28.577.000
Operationele kosten	€ 4.128.000	€ 5.476.000	€ 5.804.000
Operationele inkomsten	€ 2.569.000	€ 2.405.000	€ 2.265.000
Subsidie (SDE anno 2009)	€ -	€ 3.118.000	€ 4.135.000
ROI (incl. subsidie)	-10%	0%	2%
50 MW installatie			
Investerings	€ 33.539.000	€ 56.079.000	€ 60.561.000
Operationele kosten	€ 8.536.000	€ 11.211.000	€ 11.743.000
Operationele inkomsten	€ 6.425.000	€ 6.016.000	€ 5.665.000
Subsidie (SDE anno 2009)	€ -	€ 7.797.000	€ 10.339.000
ROI (incl. subsidie)	-6,3%	4,6%	7,0%

Tabel 2: samenvattend overzicht investeringen en jaarlijkse cashflows van de installaties.

De huidige hoogte van de SDE voor groen gas, afkomstig van vergisting, is niet toereikend om een installatie van 10 of 20 MW rendabel te laten draaien. Een biomassavergassingsinstallatie voor de productie van Bio-SNG zou het beste geplaatst kunnen worden op een locatie waar kennis, gespecialiseerd personeel, infrastructuur en vergunningen al aanwezig zijn (bijvoorbeeld bij grootschalige industrie).

De keuze voor de grootte van het systeem brengt tevens de keuze voor de output met zich mee. Wanneer wordt gekozen voor een groen gas injectie, ligt een grote schaal installatie voor de hand (>50MW). Wanneer wordt gekozen voor een kleinere schaal dient de afweging gemaakt te worden of men groen gas wil produceren. Groen gas geeft een hogere flexibiliteit aan de output (groen gas kan worden geïnjecteerd of verbrandt in een WKK installatie), maar ook een hogere investering.

Indien men warmte en/of elektriciteit wil opwekken met behulp van lokaal beschikbare biomassa (zonder productie van Bio-SNG (groen gas)) zijn ook andere technieken beschikbaar dan in dit onderzoek beschreven. Bijvoorbeeld verbranding, andere vergassingstechnieken en vergisting. Met deze technieken is al vrij veel praktijkervaring op gedaan. Daarnaast zijn er veel partijen die hiervoor installaties kunnen leveren.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	7
1.1	Doelstelling en vraagstelling	7
1.2	Organisatorische opzet	8
1.3	Gebruikte technische termen, eenheden en afkortingen.....	9
2	ACHTERGROND EN ONTWIKKELINGEN	10
2.1	Transitiepad Nieuw Gas in Nederland	10
2.2	Geschiedenis en ontwikkeling vergassingstechniek	11
2.3	Onderzoeksgebied 10 tot 50 MW	12
3	BIOMASSA	13
3.1	Energetische waarde biomassa en installatiegrootte	13
3.2	Biomassastromen in de omgeving van Amersfoort	15
3.3	CO ₂ emissie bij transport van biomassa	18
4	BIOMASSAVERGASSINGSTECHNIEK.....	19
4.1	Technieken geschikt voor SNG-productie (in ontwikkeling).....	20
4.2	Installatiegroottes en energiestromen.....	23
4.3	Benutting syngas.....	23
4.4	Locatiekeuze	25
5	WET- EN REGELGEVING EN VERGUNNINGEN	26
5.1	Bouwregelgeving.....	26
5.2	Besluit milieueffectrapportage 1994.....	26
5.3	Afvalstoffen.....	27
5.4	Wet milieubeheer	27
5.5	Wet algemene bepalingen omgevingsrecht.	27
6	ECONOMISCHE HAALBAARHEID.....	28
6.1	Uitgangspunten	28
6.2	Cashflows en investeringsrendement (ROI)	29
6.3	Risicoanalyse	31
6.4	SWOT analyse	32
7	DISCUSSIE EN CONCLUSIE	33
	GERAADPLEEGDE BRONNEN/PERSONEN	35
	BIJLAGEN	36

1 Inleiding

In een vergassingsinstallatie wordt biomassa, of een fossiele brandstof als kolen, door middel van verhitting onder zuurstofarme omstandigheden omgezet in een energierijk gas (syngas). Smederij Goedhart heeft de wens een biomassavergassinginstallatie te realiseren in de omgeving van Amersfoort. Deze wens past binnen het stimuleringsbeleid van SenterNovem om het Nederlandse aardgasnetwerk te verduurzamen. Gezamenlijk hebben Smederij Goedhart en SenterNovem besloten een generieke verkenning van de mogelijkheden voor biomassavergassingsinstallaties in Nederland te laten uitvoeren door E kwadraat advies en Papillon Advies.

Het doel van de transitie groen gas is het stimuleren van een duurzame gasvoorziening in Nederland waarbij gebruik gemaakt wordt van het Nederlandse aardgasnetwerk. Dit onderzoek heeft zich dan ook gericht op technieken die nu, of op zeer korte termijn, beschikbaar zijn en die geschikt zijn om een gas te produceren dat met eventuele nabehandelingstappen geschikt is voor het Nederlandse aardgasnetwerk. Hierbij worden de eisen die worden gesteld aan het Nederlandse gas als basis gebruikt.

Dit onderzoek heeft zich gericht op vergassing van biomassa met als doel het produceren van Bio-SNG. Indien men warmte en/of elektriciteit wil opwekken met behulp van lokaal beschikbare biomassa (zonder productie van Bio-SNG) zijn ook andere technieken beschikbaar dan in dit onderzoek beschreven. Bijvoorbeeld verbranding, andere vergassingstechnieken en vergisting. Met deze technieken is al vrij veel praktijkervaring op gedaan. Daarnaast zijn er veel partijen die hiervoor installaties kunnen leveren.

1.1 Doelstelling en vraagstelling

Het doel van dit onderzoek is het bepalen van de technische en economische haalbaarheid van kleinschalige biomassavergassinginstallaties (op basis van lokaal beschikbare biomassa) die passen in de transitie naar een duurzame gasvoorziening in Nederland. Hierbij dient de biomassa omgezet te worden naar groen gas. De transitieroute van vergassing van biomassa naar groen gas heeft als tussenstap het produceren van syngas. In dit onderzoek is het onderdeel syngas ook opgenomen.

Om tot het doel van dit onderzoek te komen, zijn een aantal vragen geformuleerd die beantwoord zullen worden in dit haalbaarheidsonderzoek.

Te beantwoorden vragen met betrekking tot de **input (biomassa)** van de vergasser:

- Welke biomassastromen zijn beschikbaar in de omgeving van Amersfoort?
 - Welke biomassastromen zijn geschikt voor vergassing?
- Aan welke eisen moeten de biomassastromen voldoen en welke voorbehandelingstappen zijn nodig?
- Wat is de energetische inhoud van de verschillende biomassastromen?
- Wat zijn de te verwachten kosten of opbrengsten van de verschillende biomassastromen?

Te beantwoorden vragen met betrekking tot de **techniek** van de vergasser:

- Welke vergassingstechnieken zijn beschikbaar?
- Welke techniek past het beste bij welke biomassastroom?
- Wat zijn de specifieke kenmerken van het vrijgekomen gas?
- Wat is de energetische efficiëntie van de verschillende technieken?
- Wat zijn de te verwachten investeringskosten en operationele kosten?

Te beantwoorden vragen met betrekking tot de benutting van de **output (syngas)**:

- Wat zijn mogelijke afzetgebieden voor het syngas en welke reiniging- en bewerkingstappen zijn nodig?
- Wat zijn de te verwachten opbrengsten van de verschillende afzetgebieden voor het syngas?

1.2 Organisatorische opzet

In opdracht van:

Bedrijf: SenterNovem
Contactpersoon: Dhr. Ir. M.H.M. Dumont
Bezoekadres: Catharijnsesingel 59
Postcode en plaats: 3511 GG Utrecht
Postadres: Postbus 8242
Plaats: 3503 RE Utrecht
Telefoonnummer: 030 – 239 37 90
Faxnummer: 030 – 231 64 91
Internetadres: www.creatieve-energie.nl
E-mail: m.dumont@senternovem.nl



En

Bedrijf: Smederij Goedhart
Contactpersoon: Mevr. W. Goedhart
Bezoekadres: Polijsterweg 15
Postcode en plaats: 1032 KP Amsterdam
Telefoonnummer: 020 – 636 62 98
Faxnummer: 020 – 634 13 14
E-mail: info@smederijgoedhart.nl

Uitgevoerd door:

Bedrijf: E kwadraat advies BV
Contactpersoon: Dhr. Folkert Linnemans
Dhr. Job Greeve
Postadres: Postbus 827
Postcode en plaats: 8901 BP Leeuwarden
Bezoekadres: Legedijk 4
Postcode en plaats: 8901 BP Leeuwarden
Telefoonnummer: 088-4000 500
Faxnummer: 088-4000 509
E-Mail adres: info@ekwadraat.com
Internet: www.ekwadraat.com
KvK nummer: 010998558 (Leeuwarden)



En

Bedrijf: Papillon Advies
Contactpersoon: Ir. Jacqueline Vaessen
Bezoekadres: Abstederdijk 32 as
Postcode en plaats: 3582 BM Utrecht
Telefoonnummer: 06 – 23 09 57 72
Internet: www.papillonadvies.nl
E-mail: info@papillonadvies.nl



1.3 Gebruikte technische termen, eenheden en afkortingen

MJ	Megajoule, oftewel 1 MJ is 1.000.000 joule. Joule is de SI eenheid voor energie.
GJ	Gigajoule, oftewel 1 GJ is 1.000.000.000 joule.
kW	Kilowatt, oftewel 1 kW is 1.000 watt, 1 watt is 1 joule per seconde
MW	Megawatt, oftewel 1.000.000 watt, 1 watt is 1 joule per seconde
th	Geeft aan dat het om warmte gaat (th van <u>th</u> ermisch)
el	Geeft aan dat het om elektriciteit gaat
Nm ³	Normaal kubieke meter, oftewel de hoeveelheid gas die bij 0 °C en 1,01325 bar het volume inneemt van 1 m ³ .
wt%	Gewichtsprocenten. Percentage op basis van gewicht.
ton	Massa, 1 ton is 1.000 kilogram.

2 Achtergrond en ontwikkelingen

Het Kyoto-protocol werd in 1997 opgesteld als aanvulling op het Klimaatverdrag. Industrielanden verbinden zich hierin om de uitstoot van broeikasgassen in 2008 tot 2012 met gemiddeld 5% te verminderen ten opzichte van het niveau in 1990. Per land gelden uiteenlopende reductiepercentages.

Nederland moet zijn broeikasgasemissies in de periode 2008 tot 2012 tot gemiddeld ca. 200 Megaton CO₂-equivalenten per jaar beperken. Voor het reduceren van de binnenlandse emissies is het beleid gericht op vier sectoren; industrie en energie; landbouw; verkeer en vervoer en gebouwde omgeving.

De Europese Commissie heeft 10 januari 2007 een uitgebreid pakket van maatregelen voorgesteld (en aangenomen) die samen een nieuw energiebeleid voor Europa vormen. Dit beleid heeft tot doel de klimaatverandering te bestrijden. De volgende onderdelen worden specifiek genoemd:

- Als internationale overeenstemming wordt bereikt over het kader voor de periode na 2010, zullen de emissies van CO₂ van de ontwikkelde landen tegen 2020 met 30% afnemen. Om haar verbintenis verder te benadrukken, heeft de Commissie aangenomen dat de Europese Unie de emissies van broeikasgassen tegen 2020 met minstens 20% zal verminderen.
- De langetermijn-routekaart voor hernieuwbare energie. De EU heeft een bindende duurzame energiedoelstelling van 20% en een bindende minimumdoelstelling voor transportbiobrandstoffen van 10% (herzien in oktober 2008, naar 6%) tegen 2020, alsook een stappenplan om duurzame energiebronnen op het gebied van elektriciteit, verwarming, koeling en vervoer in de economische wereld en als beleidsdoelstelling in het centrum van de aandacht te plaatsen.

2.1 Transitiepad Nieuw Gas in Nederland

SenterNovem heeft het Platform Nieuw Gas in het leven geroepen om de transitie naar nieuw en groen gas te ondersteunen. Bij de primaire energievoorziening is Nederland nu voor ongeveer 50% afhankelijk van aardgas. Om een duurzame gashuishouding te realiseren, moet dus nog veel werk worden verzet. Het Platform Nieuw Gas neemt hierbij het voortouw. Het platform onderscheidt vier kansrijke routes naar een duurzame gashuishouding. Eén hiervan is de route Groen Gas.

Groen Gas kan zowel door vergisting als door vergassing van biomassa worden geproduceerd. Het platform heeft met de route Groen Gas een aantal speerpunten:

- Het stimuleren en ondersteunen van de vorming van diverse consortia die starten met de concrete voorbereiding van tien projecten (experimenten en demonstratieprojecten) gericht op de groen gasproductie en de injectie hiervan in het gasnetwerk. Hierbij wordt gestreefd naar het opdoen van uiteenlopende ervaringen.
- Het organiseren van flankerende workshops gericht op het oplossen van knelpunten die de projecten tegenkomen.
- Het informeren en mobiliseren van politici.

2.2 Geschiedenis en ontwikkeling vergassingstechniek

Vergassingstechnieken werden begin 19^e eeuw ontwikkeld voor onder andere stadsverlichting en koken op gas. Tijdens de Tweede Wereldoorlog was er een tekort aan fossiele brandstoffen, waardoor men op zoek ging naar alternatieven om auto's toch aan de praat te kunnen houden (Figuur 1). In een artikel dat op 14 november 1940 verscheen in 'Bedrijfsauto', wordt uitgebreid verslag gedaan van de Ostmark-houtgasgenerator. De Amsterdamse Kromhout Motoren Fabriek bouwde gedurende de oorlog vele Imbert generatoren, waarop vrachtauto's autobussen en tractoren aangedreven werden.



Figuur 1: Toepassing van een houtvergassinginstallatie achterop auto's in WOII.

Na afloop van de oorlog en in de bloeiperiode na de wederopbouw was er volop beschikbaarheid van fossiele brandstoffen, waardoor de houtgasgeneratoren minder in de belangstelling kwamen.

In het huidige tijdperk hebben we wederom te maken met een aankomend tekort aan fossiele brandstoffen. In 1940 was dit een tijdelijk probleem, maar nu weten we dat fossiele brandstoffen eindig zijn en er gewerkt moet worden aan op grote schaal beschikbare vervangende energiebronnen. Een mogelijke bron is biogas op basis van houtvergassing.

Eind 20^e eeuw is biomassavergassing weer in de belangstelling gekomen. Tabel 3 geeft een overzicht van een aantal vergassingsinstallaties in Europa. De meeste installaties zetten het geproduceerde gas om in elektriciteit en warmte.

Locatie	Vermogen	Start up	Opmerkingen
Värnamo, Zweden	18 MW _{input}	1993	Draait op houtsnippers, houtpellets, bast, stro en RDF. De installatie levert 6 MW _e .
Enamora, Spanje	3,5 MW _{input}	1997	Draait op amandelschillen, een reststroom van de industrie uit de omgeving. De installatie levert 350 kW _e .
Freiberg Duitsland	1 MW _{input}	1998	Draait op houtsnippers, afvalhout, huisvuil, beendermeel en zwarte kool. De installatie levert 150 kW _e .
Güssing, Oostenrijk	8 MW _{input}	2001	Draait op houtsnippers uit de zeer bosrijke omgeving. De installatie levert 4,5 MW _{th} aan een stadsverwarming en 2,0 MW _e aan het net.
Harboore, Denemarken	5 MW _{input}	2002	Draait op houtsnippers uit de omgeving. De installatie levert 3,4 MW _{th} en 1,4 MW _e .
Geertruidenberg Nederland	30 MW _{el} 85 MW _{th}	2002	De Essent CFB vergasser maakt uit sloophout gas dat wordt gebruikt in een grote kolenvergasser (Amer-9 600 MW _e).
Lahti, Finland	70 MW _{input}	2003	Deze installatie draait op een mix van reststromen (hout, board, papier, plastics, RDF, enz.).
Buggenum Nederland	253 MW _{el}		Deze installatie is aangepast om naast kolen voor 30% op sloophout te draaien.
Nieuwdorp Nederland	3,5 MW _{th}	2007	Deze vergasser draait op afvalhout (B-klasse). Het houtgas van de vergasser wordt verbrand en benut om organische restproducten te drogen.
Tzum Nederland	255 kW _e	2006	Deze vergasser draait op kippenmest.

Tabel 3: Overzicht van een aantal biomassavergassingsinstallaties in Europa (bron: o.a. Handbook Biomass Gasification, Biomass Technology Group).

2.3 Onderzoeksgebied 10 tot 50 MW

Dit onderzoek richt zich op kleinschalige biomassavergassingsinstallaties (10 tot 50 MW) die gevoed kunnen worden met lokaal beschikbare biomassa. Het voordeel hiervan is dat de biomassa per as aangevoerd kan worden en de installatie dus niet bij een haven geplaatst hoeft te worden. Door gebruik te maken van lokaal beschikbare biomassa en de energie (deels) lokaal af te zetten vindt economische versterking plaats van de regio. Als voorbeeld business case is in de omgeving van Amersfoort de beschikbare biomassa in kaart gebracht.

3 Biomassa

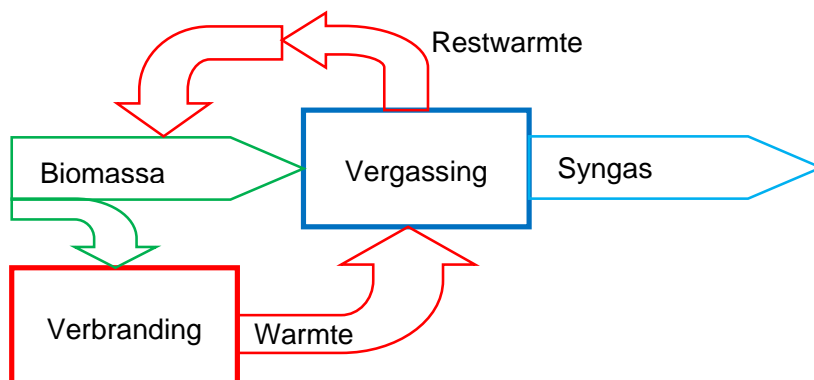
In een vergassingsinstallatie wordt biomassa, of een fossiele brandstof als kolen, door middel van verhitting onder zuurstofarme omstandigheden omgezet in een energierijk gas (synthese gas of syngas).



Figuur 2: Sloophout, snoeihout en stro.

3.1 Energetische waarde biomassa en installatiegrootte

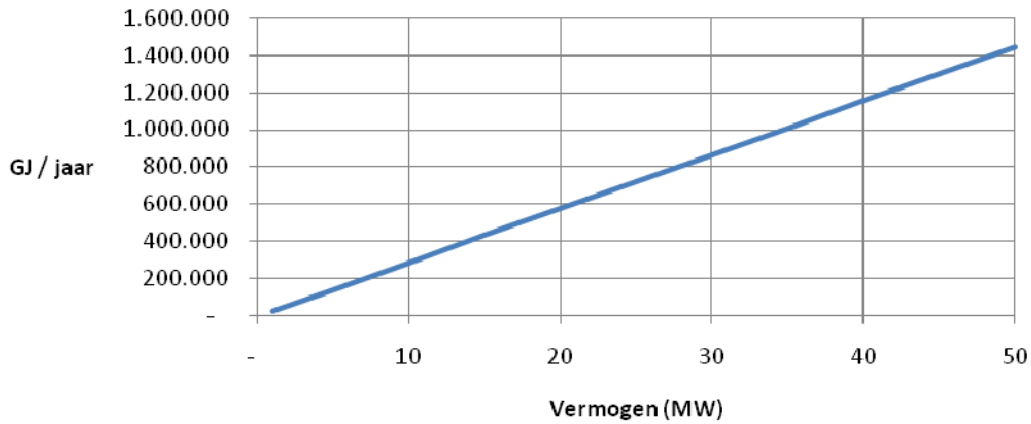
Vooral drogere biomassastromen zijn geschikt voor vergassing. De (gedroogde) biomassa wordt verhit tot de juiste temperatuur voor het vergassingsproces. Een deel van de energie voor het opwarmen gaat verloren aan het verdampen van het water in de biomassa. Bij een hoger vochtgehalte van de biomassa gaat dus meer energie verloren om het vergassingsproces op gang te houden waardoor het energetische rendement omlaag gaat. De benodigde warmte voor het proces kan verkregen worden door een (klein) deel van de biomassa te verbranden (Figuur 3). Met de restwarmte van het vergassingsproces kan de biomassa worden gedroogd.



Figuur 3: Biomassavergassingsproces.

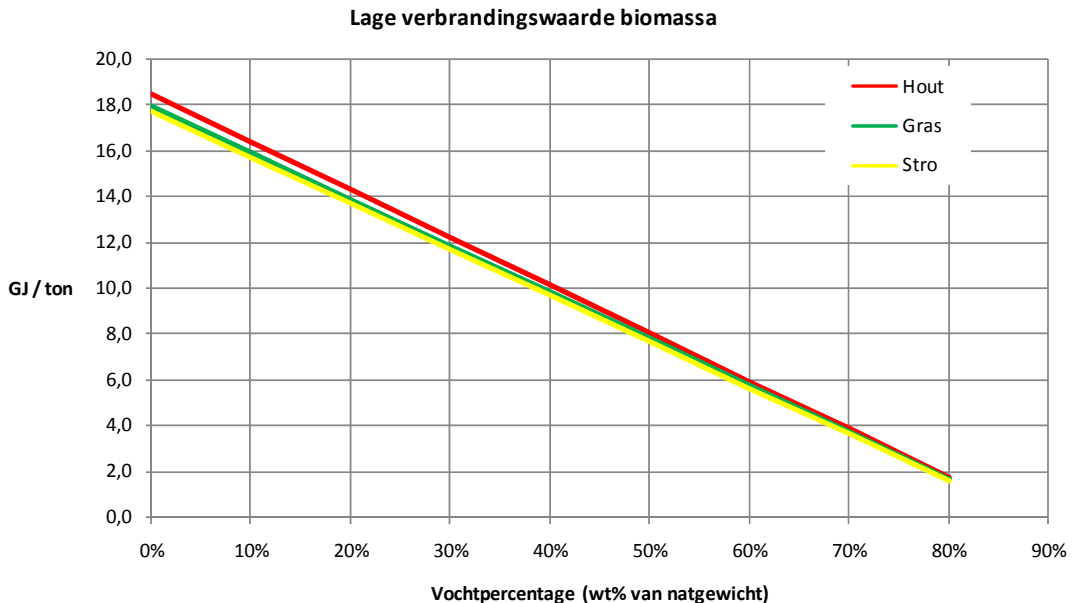
Figuur 4 geeft het input vermogen (in MW) van de vergassinginstallatie en de bijbehorende hoeveelheid brandstof (in GJ / jaar bij 8.000 draaiuren per jaar) weer.

Vermogen en benodigde input energie in de vorm van biomassa



Figuur 4: Het inputvermogen van de biomassavergassinginstallatie (in MW) en de benodigde hoeveelheid input energie van biomassa in GJ / jaar (bij 8.000 draaiuren per jaar).

Figuur 5 geeft het verband tussen het vochtgehalte en de onderste verbrandingswaarde van verschillende biomassastromen weer. De onderste verbrandingswaarde geeft de netto energetische waarde zonder de condensatiewarmte van het water in de biomassa.



Figuur 5: De onderste verbrandingswaarde² van verschillende biomassastromen.

Met Figuur 4 en Figuur 5 kan bepaald worden wat de benodigde hoeveelheid biomassa is voor een installatie van een bepaald vermogen. Kies in Figuur 4 het inputvermogen van de installatie (in MW) en lees op de y-as af wat de benodigde hoeveelheid input energie is in GJ / jaar. Bepaal middels Figuur 5 de onderste verbrandingswaarde van de

² De onderste verbrandingswaarde geeft de netto energetische waarde zonder de condensatiewarmte van het water in de biomassa.

biomassa (in GJ / ton) aan de hand van het vochtpercentage. De benodigde hoeveelheid input energie delen door de onderste verbrandingswaarde geeft de jaarlijkse benodigde hoeveelheid biomassa aan in ton per jaar.

Met Figuur 4 en Figuur 5 kan ook bepaald worden wat het inputvermogen wordt van de installatie bij een bepaalde beschikbare hoeveelheid biomassa. De beschikbare hoeveelheid biomassa dient dan vermenigvuldigd te worden met de onderste verbrandingswaarde van de biomassa (gebruik Figuur 5). Dit is de hoeveelheid beschikbare input energie in GJ per jaar. Gebruik Figuur 4 om het vermogen van de installatie te bepalen.

3.2 Biomassastromen in de omgeving van Amersfoort

De doelstelling van dit deelonderzoek is het in kaart brengen van de beschikbare grondstoffen voor een biogasfabriek in de omgeving van Amersfoort. In eerste instantie is de keuze gevallen op het bouwen van een houtvergassingsinstallatie, zodat de focus ligt op het in kaart brengen van houtachtige stromen. De in kaart gebrachte biomassastromen zijn uitsluitend reststromen die niet speciaal voor vergassing verbouwd worden.

Allereerst zal kort ingegaan worden op de resultaten van een in 2006 uitgevoerd onderzoek³. Tevens is met een aantal lokale spelers gesproken over beschikbaarheid van mogelijke grondstoffen.

3.2.1 Bestaand onderzoek

De Provincie Utrecht heeft een aantal jaren geleden een onderzoek uit laten voeren naar het aanbod van houtafval in de Gemeenten Woudenberg, Leusden, Bunschoten, Soest en Amersfoort.

Uit dit onderzoek volgt dat het totale aanbod van gemeentelijk snoeihout binnen de bebouwde kom uit deze vijf gemeenten 1.370 ton/jaar bedraagt. Gemeenten sluiten langlopende contracten af voor de verwerking van het snoeihout. Door de flora- en faunawet wordt er alleen buiten het broedseizoen gesnoeid waardoor het aangeboden snoeihout een beperkte hoeveelheid blad heeft. De aanvoer is niet continu, maar vindt vooral plaats in het voor- en najaar. Het gaat om vers hout dat een vochtpercentage van 40-60 % heeft.

Vanuit het bosgebied en Landschapsbeheer is 1.260 ton/jaar beschikbaar. Deze houtstromen worden vaak in het landschap achtergelaten, vanuit ecologische redenen en kostenoverwegingen. Van particulieren komt ca. 80 ton/jaar ter beschikking.

Totale beschikbaarheid van houtachtige stromen in deze gemeenten bedraagt 4.130 ton/jaar. Op dit moment gaat 1.100 ton/jaar reeds versnipperd hout naar de groenafvalverwerking (compostering). Er wordt 1.300 ton/jaar afgevoerd naar energiecentrales.

³ Inzameling Snoeihout Eindrapport, Biomass Technology Group in opdracht van de Provincie Utrecht, Januari 2006.

3.2.2 Snoeihout

De onderstaande tonnages en prijzen dateren uit februari 2009

Boswachterij

De boswachter waarmee is gesproken heeft ca. 700 ha bos in beheer. Uit een gesprek met de boswachterij zijn de volgende punten naar voren gekomen:

- Tak- en tophout blijft achter in het bos. Enerzijds is het te duur om dit uit het bos te verwijderen, daarnaast is het ook voor het in stand houden van het ecosysteem beter.
- Vanaf 10 cm stam doorsnede wordt het hout uitgesorteerd en verwijderd uit het bos.
- Het hout wordt onderverdeeld in diverse klassen:
 - Werkhout gaat naar de houtfabrieken en wordt verwerkt tot kozijnen e.d. Dit brengt ook de hoogste prijs op (zaaghout € 60,- per ton, profielhout € 32,- per ton).
 - Vezelhout is de laagste kwaliteit, dit wordt nog afgenomen door de papierindustrie en de spaanplaatindustrie, maar een groot deel wordt ook verbrand. Prijs is erg wisselend en afhankelijk van het aanbod (waait in Frankrijk na een storm een heel bos om, zakt de prijs meteen aanzienlijk). Op dit moment wordt voor snippers € 10,- tot € 13,- per ton geboden. In België wordt door de spaanplaatindustrie € 25,- geboden. Hier komen dan wel extra transportkosten bij.
- De boswachter haalt 12.000 tot 13.000 m³ hout per jaar uit het bos. Circa 20% daarvan is vezelhout. Het gaat dus jaarlijks om 2.400 m³ vezelhout vanuit de boswachterij. Prijsminimum is op dit moment € 25,- per ton.
- Boswachters slaan het hout vaak zelf op en proberen de beste prijs ervoor te krijgen.
- Er kan in principe meer uit de bossen gehaald worden, maar daarvoor ontbreekt de tijd. De snoei op dit moment is minder dan de bijgroei.
- Het snoeihout wordt meestal versnipperd.
- Vochtgehalte van alle houtsoorten en het uiterlijk van de snippers (zandpercentage) is erg wisselend en weersafhankelijk.
- Vanwege de flora- en fauna wet mag er alleen in de wintermaanden gesnoeid worden. Dit heeft als voordeel dat er nagenoeg geen blad meer aan de bomen zit, maar beperkt wel een continue aanvoer en vraagt dus een bepaalde mate van buffering. Daarnaast zal de behoefte aan gas in de winter waarschijnlijk groter zijn dan in de zomer.

Landschapsbeheerder

De landschapsbeheerder waarmee is gesproken beheert ca. 5.000 ha bos. Werkhout wordt niet versnipperd, maar gaat naar fabrieken. Alle houtsnippers worden naar Cuijk gebracht en verbrand.

Wilgen en elzen moeten afgevoerd worden, al ligt het snoeihout (meestal bij boeren langs hun sloten) vaak op slecht bereikbare plekken. Door nieuwe wetgeving is het aantal vergunningen dat de gemeente afgeeft om ter plaatse te verbranden sterk verminderd (alleen als het echt niet anders kan).

Totaal aanbod:

Gras/ruigte: 600 ton/jaar

Hout/snippers 400 ton/jaar (hierin zit griendhout, dat kan ter discussie staan).

De kosten voor het afvoeren van maaisel bedragen op dit moment zo'n € 30.000,- per jaar.

Loonbedrijf

Zij sparen hun snoeihout op voor het jaarlijkse paasvuur en blijven dat doen zo lang dit mogelijk is.

Boomkwekerij:

Tevens heeft er een gesprek plaatsgevonden met een boomkwekerij. Zij versnipperen hun snoeiafval en werken dat op in de grond van de kwekerij. Dit is de standaardprocedure voor alle boomkwekerijen. Uit deze sector is geen input te verwachten.

3.2.3 Sloophout

Sloopbedrijf 1

Dit bedrijf heeft een aanbod van 30.000 ton per jaar sloophout klasse A en B. Op dit moment gaat dit naar een oven in Nieuwegein waar 160.000 ton per jaar verbrand wordt. Tevens hebben zij 20.000 ton snoeihout en bermgras dat gecomposteerd wordt. Het snoeihout is noodzakelijk in het composteringsproces, omdat er uit alleen bermgras geen goede kwaliteit compost gemaakt kan worden. Dat kan alleen beschikbaar komen als er ook een oplossing komt voor het bermgras.

Sloopbedrijf 2

De belangrijkste vraag aan dit bedrijf is geweest waarom ze zelf nog geen installatie hebben gebouwd. Het gebrek aan technologische kennis en moeizaam overleg met de gemeente voor wat betreft vergunningen zijn hiervoor de belangrijkste factoren. Naast het gesprek met de directeur, is ook gesproken met de locatiedirecteur. Zij beiden zijn meer dan bereid om op de locatie (die dicht bij een Vinex wijk ligt) een pilot plant neer te zetten. Het bedrijf heeft ca. 30.000 ton sloophout in A en B kwaliteit op jaarbasis. Dit gaat nu naar een verbrandingsoven.

Sloopbedrijf 3

Dit bedrijf is een kleinere sloperij (waarvan er vermoedelijk meer te vinden zijn) en heeft een aanbod van 1.600 ton sloophout klasse A en B.

3.2.4 Overige biomassastromen

Het gebruik van andere biomassastromen dan hout, bijvoorbeeld gras en mest, bevindt zich nog in de experimentele fase. Omdat hier nog weinig praktijkervaring mee is opgedaan zijn er grotere risico's verbonden aan gebruik van deze biomassastromen. Daarom zijn de biomassastromen verder niet meegenomen in dit onderzoek.

3.2.5 Totaal beschikbare hoeveelheden hout rond Amersfoort

Tabel 4 geeft een overzicht van de beschikbare biomassastromen zoals deze bekend zijn geworden tijdens dit onderzoek.

Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Type
Boswachterij	2.400	m ³	Vezelhout
Landschapsbeheerder	400	ton/jaar	Houtsnippers (incl. griendhout)
Sloopbedrijf 1	30.000	ton/jaar	Sloophout (A + B)
Sloopbedrijf 2	30.000	ton/jaar	Sloophout (A + B)
Sloopbedrijf 3	1.600	ton/jaar	Sloophout (A + B)

Tabel 4: Overzicht beschikbare biomassastromen in de omgeving van Amersfoort.

3.2.6 Aanbevelingen en aandachtspunten

Op meerdere plekken is naar voren gekomen dat bermgras (en het slootgras dat van het maaien van slootbodems op de wal komt) een groter probleem is dan snoeihout. Op dit moment wordt bermgras gecomposteerd, dit is prijzig (tussen de € 26,- en € 45,- per ton) en daarnaast dient er een hoeveelheid snoeihout bijgemengd te worden, omdat anders compostering niet mogelijk is. Dit snoeihout is niet beschikbaar voor vergassing. Het verdient aanbeveling om te bekijken of bermgras mogelijk ook geschikt is als grondstof voor een vergassingsinstallatie.

Aandachtspunten

Bij gebruik van snoeihout uit bossen die beheerd worden door Staatsbosbeheer is men zeer afhankelijk van het beleid van Staatsbosbeheer. Stel dat Staatsbosbeheer een nieuwe regelgeving gaat invoeren dat snoeihout niet meer uit de bossen verwijderd mag worden, maar allemaal achter moet blijven in de bossen, dan verdwijnt een groot deel van de brandstof.

3.3 **CO₂ emissie bij transport van biomassa**

Een ton hout (vochtpercentage van 40%) heeft een lagere verbrandingswaarde van 10 GJ (vergelijkbaar met 316 m³ aardgas). Afhankelijk van het rendement van de installatie kan hiermee zo'n 300 m³ (bij verbranding) tot 230 m³ aardgas (bij BioSNG-productie) bespaard worden. Bij verbranding van aardgas komt 1,8 kg CO₂ / m³ aardgas vrij. De CO₂ reductie bij gebruik van een ton hout is dus ongeveer 414.000 tot 540.000 g CO₂. Tabel 5 geeft weer hoeveel kilometer afgelegd kan worden voordat de emissiereductie nul is.

Transportmiddel	GHG ⁴ emissie (g CO ₂ eq. / tkm)	Hoeveel km kan er afgelegd worden voordat de emissiereductie nul is:
Truck (Nederland)	109 g / tkm	3.800 – 5.000 km
Trein (Europa)	18 g / tkm	23.000 – 30.000 km
Binnenvaartschip	31 g / tkm	13.400 – 17.400 km
Schip (Oceaan)	9 g / tkm	46.000 – 60.000 km

Tabel 5: Specifieke broeikasgasemissie (GHG, uitgerukt in gram CO₂ equivalenten) voor verschillende transportmiddelen en de afstand die afgelegd kan worden met hout voordat de emissiereductie nul is.

⁴ GHG staat voor Green House Gas, oftewel broeikasgas.

4 Biomassavergassingstechniek

Dit hoofdstuk behandelt de technieken om biomassastromen om te zetten naar syngas. Syngas bestaat voornamelijk uit koolmonoxide (CO) en waterstof (H₂). Daarnaast bevat het syngas fijnstof, teer en stikstofcomponenten. Het vergassingsproces van biomassa kan bestaan uit de volgende (deel)processen:

1. Drogen: met restwarmte uit de vergasser kan de biomassa gedroogd worden tot een gewenst vochtgehalte.
2. Pyrolyse: bij hoge temperaturen en in een zuurstofarme omgeving worden de grotere organische moleculen in de biomassa omgezet naar moleculen met een lager moleculair gewicht. Bij dit proces ontstaan vluchtige gassen en kool (C).
3. Vergassing: hierbij reageert de kool van de pyrolysestap met de koolstofdioxide en stoom en ontstaat onder andere waterstof (H₂).
4. Oxidatie: een deel van de vluchtige gassen en kool worden verbrand om de warmte te leveren voor het pyrolyse- en vergassingsproces. Daarnaast ontstaat koolmonoxide (CO) en koolstofdioxide (CO₂).

Vergassingstechnieken kunnen onder andere verschillen in vergassingsmedium, toevoer van proceswarmte en type reactor. De techniek moet afgestemd worden op het type brandstof en de gewenste samenstelling en kwaliteit van het syngas. In het kader van het Transitiepad Groengas is het van belang een techniek te kiezen waarmee een syngas geproduceerd wordt dat geschikt is om verder op te werken naar aardgaskwaliteit opdat het in het Nederlandse aardgasnet afgezet kan worden.

Het vergassingsmedium (medium waarin het vergassingsproces plaatsvindt) kan bestaan uit lucht, pure zuurstof of stoom. Bij gebruik van lucht bevat het syngas stikstofverbindingen. Deze stikstofverbindingen zijn moeilijk te verwijderen uit het syngas en zijn ongewenst indien het syngas opgewerkt gaat worden naar Bio-SNG (aardgaskwaliteit). Daarom hebben technieken waarbij stoom of pure zuurstof worden gebruikt de voorkeur. Vanwege kostenaspecten heeft stoom de voorkeur (zuurstof is duurder dan stoom).

Bij autotherme vergassing (directe vergassing) wordt de warmte die nodig is voor het proces verkregen uit het deels verbranden van de biomassa. Bij allotherme vergassing wordt de benodigde warmte verkregen door een externe warmtebron of door het gescheiden verbranden van een deel van de biomassa (indirecte vergassing). Bij autotherme vergassing moet gebruikt gemaakt worden van lucht of pure zuurstof als vergassingsmedium om een deel van de biomassa te kunnen verbranden.

Reactor types zijn te verdelen in vastbed- (fixed bed) en wervelbedreactoren (fluid bed). Vastbedreactoren zijn vanwege de lagere doorvoer minder geschikt voor grote installaties.

Voor het opwaarderen van syngas naar aardgaskwaliteit is een reinigingsstap en een methaniseringsstap nodig. Verder dient de verbrandingswaarde gelijk gebracht te worden aan dat van aardgas door het verwijderen van koolstofdioxide. Het Energy research Center of the Netherlands (ECN) heeft een techniek ontwikkeld voor de teerverwijdering (OLGA). Deze techniek wordt op commerciële schaal gebruikt.

Subconclusie vergassingstechniek:

Dit haalbaarheidsonderzoek richt zich op technieken waarmee Bio-SNG gemaakt kan worden op aardgaskwaliteit. Het vergassingsmedium (medium waarin het vergassingsproces plaatsvindt) kan bestaan uit lucht, pure zuurstof of stoom. Bij gebruik van lucht bevat het syngas stikstofverbindingen. Deze stikstofverbindingen zijn moeilijk te verwijderen uit het syngas en zijn ongewenst indien het syngas opgewerkt gaat worden naar Bio-SNG (aardgaskwaliteit). Hieruit volgen een aantal eisen die gesteld worden aan de vergassingstechniek. Door stoom of pure zuurstof te gebruiken als vergassingsmedium worden stikstofverbindingen voorkomen. Er gebruik gemaakt te worden van allotherme vergassing, in een wervelbed reactor (vanwege doorvoerspecificaties).

4.1 Technieken geschikt voor SNG-productie (in ontwikkeling)

Zoals weergegeven in Tabel 3 bestaan er al een aantal operationele (biomassa)vergassinginstallaties in Europa. De installatie in Güssing, Oostenrijk, is een vergassingsinstallatie in Europa waarbij een deel van het syngas wordt opgewerkt tot aardgaskwaliteit. Daarnaast heeft het ECN (Energy Research Center) in Nederland een vergassingstechniek ontwikkeld speciaal gericht op het produceren van gas dat geschikt gemaakt kan worden voor injectie in het Nederlandse aardgasnet. Omdat de installatie in Güssing en de techniek van ECN zeer geschikt lijken voor het produceren van gas dat geschikt is voor injecteren in het aardgasnet worden deze beide technieken nader behandeld.

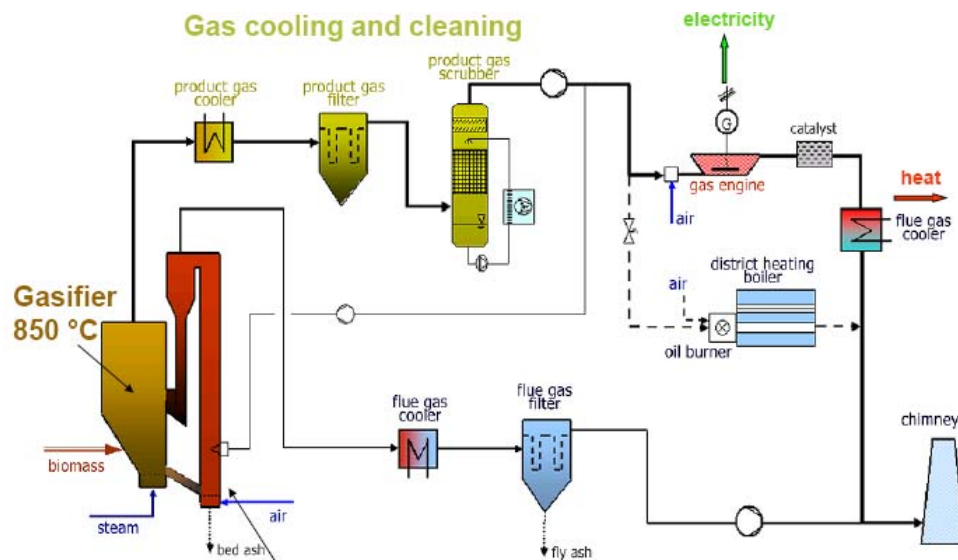
4.1.1 Güssing, Oostenrijk

De grondgedachte achter de installatie in Güssing is het stimuleren van de lokale economie door middel van het produceren en lokaal afzetten van energie met behulp van hernieuwbare bronnen uit de directe omgeving. De installatie gebruikt 8 MW aan brandstof in de vorm van houtsnippers uit de omgeving. Het gas wordt middels CHP (Combined Heat and Power, vergelijkbaar met WKK, Warmte Kracht Koppeling) omgezet in elektriciteit (2 MW) en warmte (4,5 MW). De elektriciteit wordt afgezet op het elektriciteitsnet en de warmte wordt in een stadsverwarmingnet afgezet.



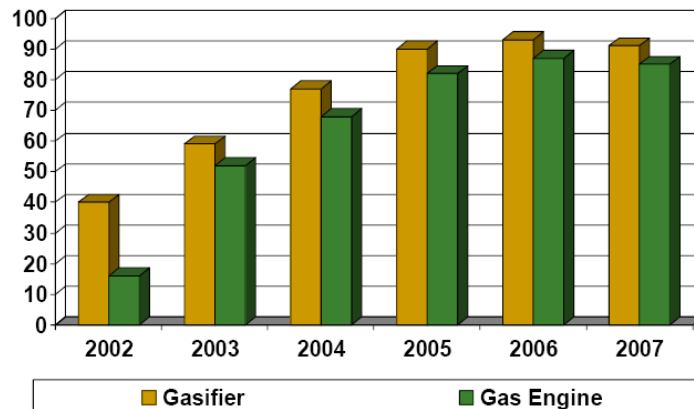
Figuur 6: Biomassavergassingsinstallatie in Güssing, Oostenrijk (8 MW).

In Güssing wordt gebruikt gemaakt van een wervelbed vergasser met stoom als vergassingsmedium (Figuur 7). De installatie in Güssing is ontworpen en gebouwd door de firma Repotec (www.repotec.at), firma Ortner (www.ortner-cc.at) en de Technische Universiteit van Wenen (www.tuwien.ac.at).



Figuur 7: Stroomschema biomassavergassingsinstallatie Güssing (bron: TU Wien).

Door onvoorziene problemen tijdens de opstart van een dergelijke installatie draait de installatie niet direct op vol vermogen. Na de bouw is de operationele beschikbaarheid van de installatie in Güssing elk jaar toegenomen van 40% in het eerste jaar tot zo'n 90% in het zesde jaar (Figuur 8).



Figuur 8: Operationele beschikbaarheid van de installatie in Güssing in de eerste operationele jaren (bron: TU Wien).

Het Europese Centrum voor Hernieuwbare Energie in Güssing (www.eee-info.net) heeft in december 2008 een demonstratie installatie geopend van 1 MW waarmee een kleine hoeveelheid syngas ($450 \text{ Nm}^3/\text{u}$) van de vergassingsinstallatie omgezet wordt naar Bio-SNG ($100 \text{ Nm}^3/\text{u}$). Het geproduceerde groen gas wordt afgezet bij een tankstation waar voertuigen dit gas kunnen tanken.

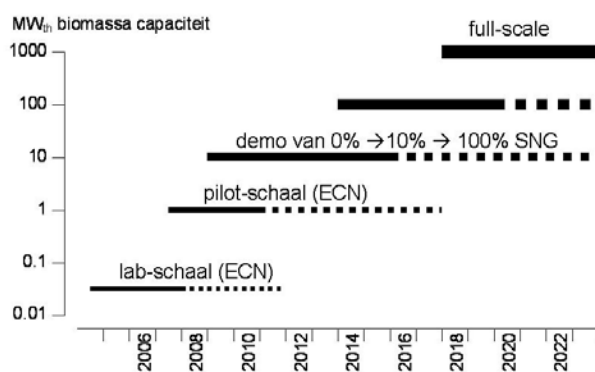
4.1.2 Milena vergasser, ECN Nederland

In Nederland heeft het Energy Research Center (ECN) een vergassingstechniek ontwikkeld speciaal gericht op het produceren van syngas dat geschikt gemaakt kan worden voor injectie in het Nederlandse aardgasnet (Bio-SNG). Op 4 september 2008 is de 800 kW pilot installatie (de Milena) van ECN geopend door minister Cramer (Figuur 9).

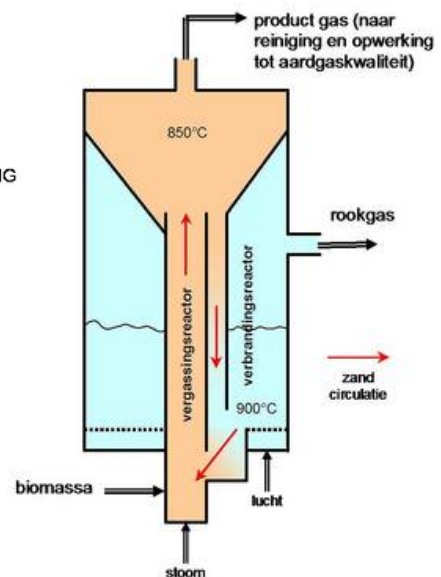


Figuur 9: Opening Milena vergasser door minister Cramer, 4 september 2008.

De Milena vergassingstechniek maakt gebruik van stoom als vergassingsmedium. De vergassingsreactor en de verbrandingsreactor zijn geïntegreerd in één vat (Figuur 11). Om van syngas naar Bio-SNG te komen wordt na de vergasser een aantal behandelingsstappen gekoppeld. Met de OLGA wordt teer verwijderd uit het gas. In de methaniseringstap worden koolmonoxide (CO) en waterstof (H₂) uit het syngas aan elkaar gekoppeld waardoor extra methaan (CH₄) ontstaat. Vervolgens wordt het teveel aan koolstofdioxide (CO₂) verwijderd uit het gas.



Figuur 10: Ontwikkelingstraject van de Milena vergassingstechniek (bron: ECN).



Figuur 11: Het Milena vergassingsproces, ontwikkeld door ECN.

Na de pilot installatie zal een demonstratie-plant van ongeveer 10 MW gebouwd moeten worden. Dit is de eerste stap naar een commerciële biomassavergassingsinstallatie. Figuur 10 geeft het beoogde ontwikkelingstraject weer van biomassavergassingsinstallaties.

4.2 Installatiegroottes en energiestromen

In dit haalbaarheidsonderzoek zijn installaties van 10, 20 en 50 MW doorgerekend. Tabel 6 geeft de biomassadoorvoer, geproduceerde hoeveelheid syngas, hoeveelheid restwarmte en hoeveelheid as dat vrijkomt weer. De energiestromen zijn weergegeven als vermogen (in MW) met daaronder de bijbehorende hoeveelheid per uur en per jaar.

	10 MW	20 MW	50 MW	
Biomassa (40% vocht) (biomassastroom voor het droogproces)	9,5 3.392 27.139	19,1 6.785 54.278	47,7 16.962 135.695	MW kg / uur ton / jaar
Gedroogde biomassa (25% vocht) (biomassastroom na het droogproces)	10 2.714 21.711	20 5.428 43.423	50 13.570 108.556	MW kg / uur ton / jaar
As	478	955	2.388	ton / jaar
Restwarmte ⁵	1,0 3.637 29.096	2,0 7.274 58.193	5,1 18.185 145.481	MW _{th} MJ / u GJ / jaar
syngas ⁶	7,4 1.624 13,0	14,8 3.249 26,0	37,0 8.122 65,0	MW Nm ³ / uur mln Nm ³ / jaar

Tabel 6: Overzicht energiestromen en hoeveelheid as voor de productie van syngas. Per stroom is het vermogen weergegeven (in MW) met daaronder de hoeveelheden biomassa, syngas en elektriciteit per uur en per jaar.

4.3 Benutting syngas

Zowel syngas als Bio-SNG kunnen voor verschillende doeleinden benut worden. Deze afzetmogelijkheden worden in dit hoofdstuk behandeld.

Het gas uit de vergasser (syngas) bestaat voornamelijk uit koolmonoxide (CO) en waterstof (H₂). syngas kan, na een simpele reinigingsstap, in een WKK omgezet worden naar warmte en elektriciteit. Het syngas kan nog meer bewerkingsstappen ondergaan zoals teerverwijdering, gasreiniging, methanisering en koolstofdioxideverwijdering. Het syngas kan dan op dezelfde kwaliteit gebracht worden als aardgas en wordt dan Synthetic Natural Gas (SNG) genoemd. Het SNG kan in het aardgasnet ingevoerd worden.

De implementatie van vergassingsinstallaties waarmee groen gas geproduceerd wordt kan in fases gebeuren waarbij in eerste instantie het halffabricaat (syngas) benut wordt. Zo kan ervaring met de techniek opgedaan worden en het risico beperkt worden. In dit haalbaarheidsonderzoek zijn drie benuttingmogelijkheden voor het syngas onderzocht:

⁵ Deze restwarmte kan benut worden om (te) natte biomassa te drogen.

⁶ Onderste verbrandingswaarde Syngas = 16,4 MJ / Nm³.

1. directe afzet van het syngas bij een industriële partij;
2. omzetting naar elektriciteit en warmte middels een WKK;
3. opwaarderen tot aardgaskwaliteit en afzetten in het Nederlandse aardgasnetwerk.

Tabel 7 geeft de groottes van de outputstromen bij de verschillende benuttingmogelijkheden voor het syngas en de verschillende inputvermogens (10, 20 en 50 MW) weer. In de tabel is het output vermogen weergegeven in megawatt (MW), hoeveelheid gas in normaal kubieke meter (Nm³), elektriciteitsopbrengst in kilowattuur (kWh) en warmte in gigajoule (GJ).

Benutting syngas		Output	10 MW	20 MW	50 MW	
I. Directe afzet van syngas (bv. in de industrie)	syngas		7,4	14,8	37	MW
			1.624	3.249	8.122	Nm ³ / uur
			13,0	26,0	65	mIn Nm ³ / jaar
II. Omzetten in een WKK (Warmte Kracht Koppeling)	Elektriciteit		2,2	4,4	11	MW _{el}
			17.760	35.520	88.800	kWh _{el}
	Warmte		4,4	8,9	22	MW _{th}
			127.872	255.744	639.360	GJ _{th}
III. Opwaarderen naar aardgaskwaliteit en injecteren in het aardgasnet	Synthetic		7,0	14,1	35	MW
	Natural		738	1.476	3.689	Nm ³ / uur
	Gas		5,9	11,8	30	mIn Nm ³ / jaar
	(SNG)					

Tabel 7: Overzicht energiestromen na productie syngas (deze tabel volgt energetisch op Tabel 6).

In dit onderzoek zijn wij uitgegaan van een elektrisch WK rendement van 30%. Het elektrisch rendement van een WK is sterk afhankelijk van de gebruikte techniek (stoomturbine, gasturbine of verbrandingsmotor). Wat de meest geschikte techniek is voor de WKK hangt af van het vermogen van de installatie (zie onderstaand overzicht). Wanneer wordt gekozen voor een gasmotor, zal er een meerproductie van elektriciteit ontstaan. Een gasmotor heeft in plaats van 30% rendement, een rendement van ca. 38-42%. Echter een gasmotor heeft tevens hogere onderhoudskosten. In deze studie zijn de drie verschillende cases met elkaar vergeleken op basis van de gasturbine.

Vermogen:	10 MW	20 MW	50 MW	100 MW	500MW
WK	Gasmotor	Gasmotor	Gasturbine	Stoom- en	Stoom- en
techniek:	(voorkeur) of	of		gasturbine	gasturbine
	gasturbine	gasturbine		(STEG)	(STEG) ⁷

Waarom de keuze voor groen gas?

Dit onderzoek richt zich op het produceren van groen gas. Het groene gas dient geïnjecteerd te kunnen worden in het aardgasnet (kwaliteitseisen). Zoals eerder weergegeven, geeft dit specifieke eisen aan de vergassingstechniek. De bestaande vergassingstechniek kan biomassa omzetten naar syngas, welke vervolgens verbrand kan worden in een gasmotor of een gasturbine, met warmte en elektriciteit tot gevolg. Om tot een rendabele installatie te komen dient de elektriciteit volledig afgezet te kunnen worden. Daarnaast dient nog een groot gedeelte van de warmte benut te worden. Warmte is moeilijk te transporteren, waardoor een dergelijke installatie nabij een warmteverbruiker moet staan.

⁷ Bij installaties van deze grootte is de productie van groen gas mogelijk interessanter dan WKK.

Wanneer Syngas omgezet wordt naar SNG zal een grotere mate van flexibiliteit ontstaan. Dit gas heeft dezelfde eigenschappen als aardgas en kan op verschillende plaatsen worden ingezet:

- rechtstreeks naar de mobiliteit: bussen, vrachtwagens en auto's kunnen rijden op aardgas. In Midden Zeeland rijden anno 2009 43 OV-bussen op groen gas (middels certificaten);
- rechtstreeks middels een eigen leiding naar nabij gelegen industrie. Hierbij kan worden gekozen voor rechtstreekse benutting, of alsnog via een gasmotor (WKK).
- rechtstreeks middels een eigen leiding naar nabij gelegen huishoudens;
- geïnjecteerd in het lage druknet (energie distributie bedrijven (EDB)) of middennet (Gasunie)

Subconclusie keuze voor groen gas

Het toepassen van SNG brengt voordelen met zich mee. SNG gas is te vergelijken met Gronings Aardgas, waardoor dit gas toegepast kan worden in de industrie, woningbouw, mobiliteit of omgezet kan worden naar warmte en elektriciteit. SNG gas kan geïnjecteerd worden in het lokale gasnet. De technologie die het mogelijk maakt om biomassa om te zetten naar SNG is op dit moment in ontwikkelingsfase. Deze technologie is complex, in vergelijking met het produceren van syngas conform bestaande vergassingstechnieken. Dit brengt een hogere investering en benodigde kennis met zich mee. Wanneer gekozen wordt voor alleen de elektriciteit en warmte route, kan worden gekozen voor een alternatieve vergassingstechnologie.

4.4 Locatiekeuze

Er heeft een eerste oriënterend gesprek met de Gemeente Amersfoort plaatsgevonden. Zij zijn in principe bereid mee te werken aan een dergelijk initiatief. Amersfoort zet in op aardgas als brandstof voor auto's en op korte termijn zullen er 3 tankstations voor aardgas beschikbaar zijn.

Eisen aan de locatie:

- De benodigde ruimte voor de biomassavergassinginstallatie is ongeveer 750 m² per MW input vermogen.
- Een biomassavergassingsinstallatie is een industriële toepassing. Daarom kan een kleinschalige installatie het beste geplaatst worden bij een bestaand grootschalige industrie waar de nodige kennis, gespecialiseerd personeel, vergunningen en infrastructuur al aanwezig zijn.
- Afhankelijk van de grootte van de installatie zal biomassa in grote hoeveelheden over een (lange) afstand aangevoerd moeten worden. In geval van grotere installaties zal de biomassa per haven aangevoerd moeten worden. De locatie voor grootschalige inpassing zal dan in de buurt van een treinstation of haven moeten liggen. Bij kleinere installaties, zoals in dit onderzoek is berekend, kan de biomassa over de weg aangevoerd worden.

Met de productie van SNG is de locatiekeuze een flexibeler. Het eindproduct is minder verbonden aan de locatie. Groen gas kan worden geïnjecteerd in het net.

5 Wet- en regelgeving en vergunningen

Een vergassingsinstallatie dient te voldoen aan een aantal wettelijke criteria, de belangrijkste worden nu genoemd.

5.1 *Bouwregelgeving*

Voor het bouwen van een vergassingsinstallatie is een bouwvergunning nodig, deze dient te worden aangevraagd bij de gemeente waar de installatie (hoofdzakelijk) geplaatst wordt. Bij het indienen van een bouwaanvraag wordt er getoetst aan het bestemmingsplan of een dergelijke installatie past binnen de bestemming, zoals bepaald door de gemeente. Indien deze overeenkomt, is er nog een koppeling noodzakelijk met de Wet milieubeheer. Het in gebruik hebben van een vergassingsinstallatie valt onder de Wet milieubeheer, de bouwvergunning wordt niet verleend als er nog geen milieuvergunning is verleend.

Indien het bestemmingsplan niet overeenkomt met de voorgenomen activiteiten, dan kan de gemeente eventueel meewerken door vrijstelling te verlenen op de voorgenomen activiteiten.

Binnen het bestemmingsplan zijn o.a. de volgende zaken geregeld: welke soort bedrijvigheid mag er komen en met welke milieuzonering. Daarnaast staan hierin de maximale bouwhoogte en maximale bebouwde oppervlakte beschreven. De beoordeling van welke soort bedrijvigheid en onder welke milieuzonering dit valt wordt vaak gebruikt door de gemeente. Men heeft vaak als bijlage een deel opgenomen van het boekje *Bedrijven en Milieuzonering* uitgegeven door de VNG, dit boekje wordt ook wel het "groene boekje" genoemd.

5.2 *Besluit milieueffectrapportage 1994*

In het Besluit milieueffectrapportage 1994 (hierna Besluit MER), worden omvangrijke en omgevingsbepalende activiteiten omschreven in twee soorten bijlagen. Onderdelen C en D. De initiatiefnemer moet een milieueffectrapportage (hierna MER) opstellen met hierin de voorgenomen activiteiten die vallen onder onderdeel C, (moet hier een milieueffectrapportage (hierna MER) voor opstellen). Dit is een omvangrijke rapportage waarbij er veel overleg is met het bevoegd gezag, en een toetsing door een MER-commissie plaatsvindt. Voor het opstellen van een MER, tot het verlenen van een positief besluit op een MER, dient men rekening te houden met een termijn van minimaal 9 maanden.

De initiatiefnemer, met voorgenomen activiteiten die vallen onderdeel D, is verplicht om een MER-beoordeling op te stellen. Het bevoegd gezag bepaald dan aan de hand van de vragenlijst en onderzoeken of voor deze plannen toch een MER moet worden ingediend. Indien dit het geval is dient men eerst een MER in te dienen voordat er een besluit kan worden genomen.

Bij een vergassingsinstallatie is het verplicht om een MER-beoordeling (onderdeel D) te overleggen bij het bevoegd gezag zodra met meer dan 50 ton per dag wordt vergast, dit is 18.250 ton op jaar basis (Besluit MER 1994, Wet Milieubeheer, onderdeel D).

5.3 Afvalstoffen.

Bij stoffen die vergast kunnen worden, kan het voorkomen dat deze stoffen worden aangemerkt als afvalstoffen. De definitie afvalstof is van belang omdat de hoeveelheid te verwerken afvalstoffen van belang is voor de bevoegdheid van de gemeente of de provincie ten opzichte van Wet milieubeheer. Daarnaast zijn de voorwaarden van de Wet verbranding van afvalstoffen van toepassing op de installatie.

5.4 Wet milieubeheer

Een inrichting (zo wordt bedrijvigheid genoemd in de Wm valt onder de Wet milieubeheer zodra de inrichting staat omschreven in het Inrichtingen en Vergunning Besluit (IVB). Daarnaast wordt er in het IVB bepaald wie het bevoegd gezag is. In de meeste gevallen is het bevoegd gezag de gemeente waar de vestigingsplaats (hoofdzakelijk) in ligt. In een aantal gevallen is de provincie bevoegd gezag en daarnaast vallen enkele inrichtingen onder toezicht van de minister.

Met betrekking tot een vergasser zijn Gedeputeerde Staten het bevoegd gezag zodra:

- Cat 1.3 a. waar een of meerdere elektromotoren of verbrandingsmotoren aanwezig zijn met een totaal geïnstalleerd motorisch vermogen van 15 MW of meer;
- Cat 28.4 c1; het ontwateren, microbiologisch of anderszins biologisch of chemisch omzetten, agglomereren, degglomereren, mechanisch, fysisch of chemisch scheiden, mengen, verdichten of thermisch behandelen - anders dan verbranden, van buiten de inrichting afkomstige huishoudelijke afvalstoffen of bedrijfsafvalstoffen met een capaciteit ten aanzien daarvan van $15 \cdot 10^6$ kg per jaar of meer. Of het vergassen van hout onder de categorie verbranden valt is op dit moment niet bekend.

5.5 Wet algemene bepalingen omgevingsrecht.

De invoering van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht is per 1 januari 2010 van kracht. Deze wetgeving regelt o.a. de omgevingsvergunning. Met deze vergunning is het de bedoeling dat bij één bevoegd gezag één (elektronische) aanvraag kan worden ingediend. Op basis van deze ene aanvraag wordt één omgevingsvergunning afgegeven. Op dit moment gaan vergunningen mee op het terrein van:

- VROM-wetten, (locatiegebonden), zoals de Woningwet (bouwvergunning), de Wet milieubeheer (milieuvergunning en meldingsplicht verandering inrichting) en de Wet ruimtelijke ordening (vrijstelling bestemmingsplan, aanlegvergunning;
- Monumentenwet (monumentenvergunning);
- Mijnbouwwet (mijnbouwmilieuvergunning);
- Wet verontreiniging oppervlaktewateren (indirecte lozingen);
- Diverse gemeentelijke en provinciale verordeningen (zoals de reclame-, inrit- en sloopvergunning, de aanlegvergunning en de gebruiksvergunning voor zover nog nodig);
- Natuurbeschermingswet (vergunningen tot handeling in een beschermd natuurgebied met gevolgen voor habitat en soorten);
- Flora- en faunawet (onthefing).

Een groot gedeelte van de huidige wetgeving wordt geïntegreerd in één wetgeving. Het is nog niet geheel duidelijk hoe deze wetgeving er uit komt te zien.

6 Economische haalbaarheid

Dit hoofdstuk beschrijft de uitgangspunten en de business cases voor een installatie van 10, 20 of 50 MW voor het afzetten van syngas, produceren van warmte en elektriciteit of het afzetten van groen gas. De gevoeligheid van de business cases voor veranderingen in de uitgangspunten wordt weergegeven in de risicoanalyse (§ 6.3).

6.1 Uitgangspunten

In alle business cases zijn wij uitgegaan van een rentepercentage van 6% en een afschrijvingstermijn van 15 jaar. Een detailoverzicht van de investeringskosten is weergegeven in Bijlage 1. De onvoorziene investeringskosten zijn geschat op 15%. Dit is gebaseerd op ervaringen met de installatie in Güssing (§ 4.1.1). Daarnaast draait een dergelijke complexe installatie niet direct op vol vermogen (zie Figuur 8). In de eerste jaren zal een optimalisatietraject moeten worden doorlopen. In dit haalbaarheidsonderzoek is hiermee rekening gehouden.



De prijs van biomassa is afhankelijk van vraag en aanbod, wetgeving, contractafspraken met leveranciers en transportafstanden en kan daardoor sterk fluctueren. De gehanteerde biomassaprijzen in dit onderzoek zijn daarom indicatief. Er is in dit onderzoek vanuit gegaan dat bij grotere afname de prijs daalt (op basis van ervaringen van biomassa-installaties tot 10 MW). Echter, is deze markt in beweging. Wanneer men één leverancier wil, die verantwoordelijk is voor de gehele biomassa-input, kan dit een prijsopdrijvend effect hebben.

In de operationele kosten zijn geen personeelskosten meegenomen. Vanwege de complexe techniek van de vergassingsinstallaties in dit onderzoek (technieken geschikt voor productie Bio-SNG) is gespecialiseerd personeel nodig voor het operationeel houden van de installatie. Daarom zijn wij er vanuit gegaan dat de installatie geplaatst zal moeten worden bij een bestaande industriële installatie waar gekwalificeerd personeel, kennis en infrastructuur al aanwezig zijn. Hoe groot de extra benodigde fte's zijn is niet bekend, maar wordt ingeschat. Naar verwachting zal er continue één technisch specialist aanwezig dienen te zijn. Daarnaast zal continue 1 operator aanwezig moeten zijn. In totaal wordt verwacht dat er voor een 10 en 20 MW 1 duo continue aanwezig moet zijn. Dit komt overeen met ca. 9 FTE. Bij een 50 MW zal dit 11 of 12 FTE zijn. Per FTE dient rekening te worden gehouden met ca. € 60.000 (gemiddeld tussen technische specialist en operator). Voor de 10 en 20 MW wordt het personeel ingeschat op ca. € 540.000,-. Voor de de 50 MW. Komt dit neer op ca. € 720.000,-. Deze kosten zullen bij integratie in een bestaande plant vele malen lager uitvallen.

Tabel 8 geeft de uitgangspunten voor de operationele kosten weer. Wel zijn voor onvoorziene posten 10% van de operationele kosten extra opgenomen.

Operationele kosten	10 MW	20 MW	50 MW	
Prijs houtsnippers (incl. transport)	€ 40,00	€ 38,00	€ 33,00	/ ton
Onderhoudskosten	3,5%	3,0%	2,0%	van investering / jr
Afvoerkosten as	€ 20	€ 20	€ 20	/ ton

Tabel 8: Uitgangspunten operationele kosten.

Tabel 9 geeft de uitgangspunten voor de opbrengsten uit de afzet van energie weer. Bij de afzet van warmte is er vanuit gegaan dat slechts 50% van de beschikbare warmte afgezet kan worden ('s zomers is vrijwel geen warmte voor verwarming nodig).

Opbrengsten		
Opbrengst syngas (af fabriek)	€ 0,104	/ Nm ³
Opbrengst GroenGas	€ 0,200	/ Nm ³
Opbrengst warmte (af fabriek)	€ 4,000	/ GJ
Opbrengst elektriciteit	€ 0,060	/ kWh

Tabel 9: Uitgangspunten voor de opbrengsten.

De aangenomen subsidiebedragen zijn gebaseerd op de huidige SDE-bedragen. Het subsidiebedrag (SDE) wordt berekend door van de basisprijs de marktprijs af te trekken (Tabel 10). Op dit moment is er echter nog geen SDE mogelijk op vergassingsprojecten.

Subsidies	Elektriciteit	Groen gas
Basibedrag huidige SDE	€ 0,156 / kWh	€ 0,583 / Nm ³
Marktprijs	€ 0,060- / kWh	€ 0,200- / Nm ³
Subsidiebedrag	€ 0,096 / kWh	€ 0,383 / Nm ³

Tabel 10: Aangenomen subsidiebedragen, gebaseerd op de huidige SDE voor elektriciteit uit verbranding van biomassa en groen gas van co-vergisting.

6.2 Cashflows en investeringsrendement (ROI)

Op basis van de uitgangspunten zijn 18 business cases opgesteld: 10, 20 en 50 MW met een output van syngas, elektriciteit (WKK) of Bio-SNG zowel met als zonder subsidie. Tabel 11 tot en met Tabel 13 geven de totale investeringen en de jaarlijkse cashflows van de 18 business cases weer. Bijlage 1 geeft de details van de business cases en cashflows. Bijlage 2 geeft ter indicatie ratio-getallen (investering per MW, kosten per m³ syngas, kosten per kWh elektriciteit en kosten per m³ Bio-SNG).

10 MW installatie	syngas	WKK	Bio-SNG
Investeringsen	€ 9.588.000	€ 15.936.000	€ 17.700.000
Operationele kosten	€ 2.400.000	€ 3.258.000	€ 3.496.000
Operationele inkomsten	€ 1.284.000	€ 1.202.000	€ 1.132.000
Resultaat voor belasting	€ -1.116.000	€ -2.056.000	€ -2.364.000
ROI	-11,6%	-12,9%	-13,4%
Subsidie	€ -	€ 1.559.000	€ 2.067.000
Resultaat voor belasting	€ -1.116.000	€ -497.000	€ -297.000
ROI (incl. subsidie)	-11,6%	-3,1%	-1,7%

Tabel 11: Overzicht investeringen en jaarlijkse cashflows van een 10 MW installatie.

20 MW installatie	syngas	WKK	Bio-SNG
Investeringsen	€ 15.666.000	€ 26.062.000	€ 28.577.000
Operationele kosten	€ 4.128.000	€ 5.476.000	€ 5.804.000
Operationele inkomsten	€ 2.569.000	€ 2.405.000	€ 2.265.000
Resultaat voor belasting	€ -1.559.000	€ -3.071.000	€ -3.539.000
ROI	-10,0%	-11,8%	-12,4%
Subsidie	€ -	€ 3.118.000	€ 4.135.000
Resultaat voor belasting	€ -1.559.000	€ 47.000	€ 596.000
ROI (incl. subsidie)	-10%	0%	2%

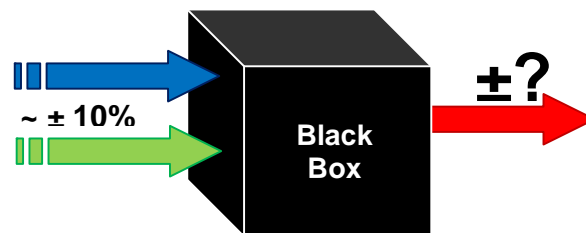
Tabel 12: Overzicht investeringen en jaarlijkse cashflows van een 20 MW installatie.

50 MW installatie	syngas	WKK	Bio-SNG
Investeringsen	€ 33.539.000	€ 56.079.000	€ 60.561.000
Operationele kosten	€ 8.536.000	€ 11.211.000	€ 11.743.000
Operationele inkomsten	€ 6.425.000	€ 6.016.000	€ 5.665.000
Resultaat voor belasting	€ -2.111.000	€ -5.195.000	€ -6.078.000
ROI	-6,3%	-9,3%	-10,0%
Subsidie	€ -	€ 7.797.000	€ 10.339.000
Resultaat voor belasting	€ -2.111.000	€ 2.602.000	€ 4.261.000
ROI (incl. subsidie)	-6,3%	4,6%	7,0%

Tabel 13: Overzicht investeringen en jaarlijkse cashflows van een 50 MW installatie.

6.3 Risicoanalyse

De hierboven beschreven business cases gelden voor de uitgangspunten zoals beschreven in § 6.1. Echter in de praktijk en met de tijd kunnen prijzen, kosten en rentepercentages veranderen. Om inzicht te krijgen in de invloed van deze verandering op de business cases wordt een risicoanalyse uitgevoerd. Oftewel, er wordt bepaald wat het risico is voor de business case ten gevolge van een verandering in de uitgangspunten.



Figuur 12: Schematische weergave gevoeligheidsanalyse. Alle input parameters worden systematisch +/- 10% verandert en de verandering op de uitkomst van het model (black box) wordt gemeten.

De risicoanalyse bestaat uit een gevoeligheidsanalyse (Figuur 12) en het bepalen van de break-even waarden. In een gevoeligheidsanalyse wordt bepaald wat het effect is van een verandering van de inputparameters (bijvoorbeeld houtprijs en rente) op de winst voor belasting. Per parameter is de waarde bepaald waarbij de winst voor belasting nul is (break-evenpunt).

De volgende uitgangspunten (parameters genoemd) zijn onderzocht in de gevoeligheidsanalyse:

- Investeringsbedrag;
- Rentepercentage;
- Prijs biomassa;
- Onderhoudskosten;
- Energieprijzen (verkoop);
- Subsidiebedragen;
- Percentage van de beschikbare warmte dat daadwerkelijk afgezet kan worden.

Bijlage 3 geeft de resultaten van de gevoeligheidsanalyse en Bijlage 4 geeft de break-even waarden waarbij de winst voor belasting nul is. De parameters die de grootste invloed hebben op de winst voor belasting zijn de investeringen, opbrengsten uit subsidie en energieverkoop en de prijs van de brandstof voor de installatie (houtsnippen).

6.4 SWOT analyse

In een SWOT analyse worden de sterktes, zwaktes, kansen en bedreigingen van een business case geanalyseerd en op basis hiervan kan een strategie worden bepaald.

		<i>Voor het doel: kleinschalige vergassing</i>	
		<i>hulpvol</i>	<i>schadelijk</i>
<i>Voor het bedrijf</i>	<i>intern</i>	<p>Sterktes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Het omzetten van biomassa naar (groen) gas is een duurzame techniek. • Inzetbaar voor groen gas, Warmte Kracht of Warmte • Hoge efficiëntie (omzetting van biomassa naar gas). • Flexibiliteit inzet. In tegenstelling tot wind en zon, kan biomassa naar behoefte ingezet worden. • Bij de productie van SNG ontstaat CO₂ als nevenproduct. Dit kan worden opgeslagen in de bodem of worden verkocht aan CO₂ vragende partijen (tuinders) 	<p>Zwaktes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Techniek is nog in ontwikkeling. • Locatie van de installatie moet aan specifieke eisen voldoen. Keuze is daardoor beperkt. • Hoge basisinvestering. • De personeelkosten zijn relatief hoog bij kleinere installaties. • Injecteren in aardgasnet slechts mogelijk in lage druk net.
	<i>extern</i>	<p>Kansen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Duurzame energie wordt belangrijk, doelstellingen overheid. • Nederland heeft een uitgebreid gas netwerk. • Nederland wil een belangrijke speler worden op de internationale gasmarkt (Gasrotonde) • Het creëren van een lokale economie (teelt van biomassa, transport, operators, etc). • Met deze techniek kan naast A-hout ook B- en C-hout verwerkt worden. • Handel (havens) stimuleren. • Profilering door overheid met duurzame energie. 	<p>Bedreigingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stijgende biomassaprijzen, waardoor het rendement van de installatie wisselend is. • Wisselend overheidsbeleid. • Kleinschalige installaties zijn afhankelijk van subsidies. • De prijs van biomassa wordt potentieel gekoppeld aan de olieprijs.

Bij grootschalige installaties (>500 MW) wordt de afhankelijkheid van subsidies en personeelskosten lager. Daarnaast is bij grootschalige inpassing het opslaan van de vrijkomende CO₂ in de bodem mogelijk, waardoor een zeer goede CO₂ balans ontstaat.

7 Discussie en conclusie

In dit onderzoek is de haalbaarheid onderzocht van kleinschalige biomassavergassingsinstallaties die geschikt zijn voor de productie van Bio-SNG (groen gas) en de tussenstap syngas (passend in het transitiepad groen gas). Het onderzoek heeft zich gericht op kleinschalige vergassingsinstallaties (10 tot 50 MW) opdat hiermee kennis opgebouwd kan worden en deze als opstap / aanloop / basis kunnen dienen voor grotere installaties.

Overall conclusie: het implementeren van een vergassingsinstallatie < 50 MW is een moeilijke grootte. De investeringen, personele kosten en de kosten en aanbod van de biomassa spelen hierbij een belangrijke rol. Echter om te komen tot grootschalige inpassing van vergassing is deze tussenstap van groot belang. Daarnaast zijn er locaties (zoals grootschalige industrie waar al een aantal gunstige randvoorwaarden aanwezig zijn) waar een dergelijke installatie goed te implementeren is.

In de omgeving van Amersfoort is voldoende hout aanwezig voor een vergassingsinstallatie van ruim 20 MW. Dit onderzoek heeft zich voornamelijk gericht op hout als brandstof voor de installatie omdat met andere biomassastromen nog te weinig ervaring is opgedaan en de risico's daarom te groot zijn. Echter, vanuit economisch oogpunt kunnen biomassastromen als gras en mest interessant zijn omdat deze op dit moment geld kosten om te laten afvoeren.

Vergassingstechnieken die geschikt zijn voor het produceren van groen gas zijn bijna marktrijp en verkeren in de fase van eerste commerciële praktijktests. Dergelijke installaties zijn zeer complex en kunnen vergeleken worden met grootschalige industrie. Voor het operationeel houden van de installatie is kennis en gespecialiseerd personeel nodig.

De installatie kan zowel snoeihout als afvalhout verwerken. In de omgeving van Amersfoort is een grote hoeveelheid afvalhout (A t/m C-hout) beschikbaar. Het verwerken van dit hout tot groen gas kan interessant zijn, vanwege de prijs van dit afvalhout (ligt over het algemeen lager in vergelijking tot snoeihout). Wanneer gestookt gaat worden op afvalhout dient naast het aanvragen van de bouwvergunning tevens een provinciale milieuvergunning te worden aangevraagd. Eveneens dient te worden nagegaan of een MER traject nodig is. Dit is onder andere afhankelijk van de grootte van de installatie.

Een biomassavergassingsinstallatie voor de productie van Bio-SNG zou het beste geplaatst kunnen worden op een locatie waar kennis, gespecialiseerd personeel, infrastructuur en vergunningen al aanwezig zijn (bijvoorbeeld bij grootschalig industrie). In de business cases zijn wij hier vanuit gegaan.

Installaties tot 20 MW zijn ook met de huidige SDE subsidie niet financieel rendabel. Een installatie van 50 MW kan financieel rendabel zijn (wanneer alle parameters positief uitvallen) met een vergelijkbare subsidie als de huidige SDE⁸ bij afzet van elektriciteit en warmte (benutting syngas in WKK) of productie en afzet van Bio-SNG in het aardgasnet.

10 MW installatie	syngas	WKK	Bio-SNG
Investeringskosten	€ 9.588.000	€ 15.936.000	€ 17.700.000
Operationele kosten	€ 2.400.000	€ 3.258.000	€ 3.496.000
Operationele inkomsten	€ 1.284.000	€ 1.202.000	€ 1.132.000
Subsidie (SDE anno 2009)	€ -	€ 1.559.000	€ 2.067.000
ROI (incl. subsidie)	-11,6%	-3,1%	-1,7%
20 MW installatie			
Investeringskosten	€ 15.666.000	€ 26.062.000	€ 28.577.000
Operationele kosten	€ 4.128.000	€ 5.476.000	€ 5.804.000
Operationele inkomsten	€ 2.569.000	€ 2.405.000	€ 2.265.000
Subsidie (SDE anno 2009)	€ -	€ 3.118.000	€ 4.135.000
ROI (incl. subsidie)	-10%	0%	2%
50 MW installatie			
Investeringskosten	€ 33.539.000	€ 56.079.000	€ 60.561.000
Operationele kosten	€ 8.536.000	€ 11.211.000	€ 11.743.000
Operationele inkomsten	€ 6.425.000	€ 6.016.000	€ 5.665.000
Subsidie (SDE anno 2009)	€ -	€ 7.797.000	€ 10.339.000
ROI (incl. subsidie)	-6,3%	4,6%	7,0%

Tabel 14: samenvattend overzicht investeringen en jaarlijkse cashflows van de installaties.

Voor grotere installaties (100 tot 1.000 MW) verwachten we dat de business case gunstiger kan uitvallen, vanwege:

- relatief lagere investeringskosten door schaalgrootte;
- lagere brandstofkosten door grootschalige inkoop.

Indien men warmte en/of elektriciteit wil opwekken met behulp van lokaal beschikbare biomassa (zonder productie van Bio-SNG) zijn ook andere technieken beschikbaar dan in dit onderzoek staan beschreven. Bijvoorbeeld verbranding, andere vergassingstechnieken en vergisting. Met deze technieken is al vrij veel praktijkervaring opgedaan. Daarnaast zijn er veel partijen die hiervoor installaties kunnen leveren.

⁸ In de huidige SDE is vergassing van biomassa niet opgenomen. De subsidiebedragen in deze business case zijn gebaseerd op de SDE op elektriciteit van verbranding en groen gas van co-vergisting.

Geraadpleegde bronnen/personen

- Biomass Technology Group, *Handbook Biomass Gasification*, 2005.
- International Energy Agency (IEA, www.ieabioenergy.com), *website Task33* (www.ieabioenergy.com/Task.aspx?id=33)
- Energy research Center of the Netherlands (ECN), *biomassadatabase* www.ecn.nl/phyllis
- Milieu Effect Rapportage, *Besluit MER 1994, onderdeel D*, www.vrom.nl
- Robert Heeb, *Volund, Denmark*
- Dr. R. Rauch, *Technische Universiteit Wenen*
- DI. C. Aichernig, *Repotec, Oostenrijk*
- Productschap Tuinbouw, *Biomassa-vergasser tbv WKK's in de tuinbouw 2 mei 2007*
- BBT-kenniscentrum, *CFB-vergassing – bijstook in STEG*
- Öko-Institut, *Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS)*

Bijlagen

Bijlage 1	Cashflows	37
Bijlage 2	Ratio's.....	40
Bijlage 3	Gevoeligheidsanalyse	41
Bijlage 4	Break even waarden	44

Bijlage 1 Cashflows

10 MW systeem	I	II	III
Investerings	<i>syngas</i>	<i>WKK</i>	<i>Bio-SNG</i>
Vergasser + koeler + cycloon	€ 8.337.000	€ 8.337.000	€ 8.337.000
WKK (warmte kracht koppeling)	nvt	€ 5.520.000	nvt
Teerreiniging (OLGA)	nvt	nvt	€ 4.809.000
SNG productie	nvt	nvt	€ 2.245.000
Onvoorzien	€ 1.251.000	€ 2.079.000	€ 2.309.000
TOTAAL	€ 9.588.000	€ 15.936.000	€ 17.700.000
Operationele kosten			
Afschrijving	€ 640.000	€ 1.063.000	€ 1.180.000
Rente	€ 288.000	€ 479.000	€ 531.000
Inkoop biomassa (incl. transport)	€ 993.000	€ 993.000	€ 993.000
Onderhoud	€ 336.000	€ 558.000	€ 620.000
Afvoerkosten as	€ 9.000	€ 9.000	€ 9.000
Onvoorzien	€ 134.000	€ 156.000	€ 163.000
TOTAAL	€ 2.400.000	€ 3.258.000	€ 3.496.000
Opbredngsten			
Verkoop syngas	€ 1.231.000	nvt	nvt
Verkoop elektriciteit	nvt	€ 974.000	nvt
Verkoop warmte	nvt	€ 175.000	nvt
Verkoop groen gas	nvt	nvt	€ 1.079.000
Verkoop restwarmte	€ 53.000	€ 53.000	€ 53.000
TOTAAL	€ 1.284.000	€ 1.202.000	€ 1.132.000
Winst voor belasting	€ 1.116.000-	€ 2.056.000-	€ 2.364.000-
Rendement	-12%	-13%	-13%
Subsidies			
Subsidie elektriciteit	nvt	€ 1.559.000	nvt
Subsidie groen gas	nvt	nvt	€ 2.067.000
TOTAAL	€ -	€ 1.559.000	€ 2.067.000
Totale opbrengsten	€ 1.284.000	€ 2.761.000	€ 3.199.000
Winst voor belasting	€ 1.116.000-	€ 497.000-	€ 297.000-
Rendement	-12%	-3%	-2%

20 MW systeem	I	II	III
Investerings	<i>syngas</i>	<i>WKK</i>	<i>Bio-SNG</i>
Vergasser + koeler + cycloon	€ 13.622.000	€ 13.622.000	€ 13.622.000
WKK (warmte kracht koppeling)	nvt	€ 9.040.000	nvt
Teerreiniging (OLGA)	nvt	nvt	€ 7.591.000
SNG productie	nvt	nvt	€ 3.636.000
Onvoorzien	€ 2.044.000	€ 3.400.000	€ 3.728.000
TOTAAL	€ 15.666.000	€ 26.062.000	€ 28.577.000
Operationele kosten			
Afschrijving	€ 1.045.000	€ 1.738.000	€ 1.906.000
Rente	€ 470.000	€ 782.000	€ 858.000
Inkoop biomassa (incl. transport)	€ 1.887.000	€ 1.887.000	€ 1.887.000
Onderhoud	€ 470.000	€ 782.000	€ 858.000
Afvoerkosten as	€ 18.000	€ 18.000	€ 18.000
Onvoorzien	€ 238.000	€ 269.000	€ 277.000
TOTAAL	€ 4.128.000	€ 5.476.000	€ 5.804.000
Opbrengsten			
Verkoop syngas	€ 2.463.000	nvt	nvt
Verkoop elektriciteit	nvt	€ 1.949.000	nvt
Verkoop warmte	nvt	€ 350.000	nvt
Verkoop groen gas	nvt	nvt	€ 2.159.000
Verkoop restwarmte	€ 106.000	€ 106.000	€ 106.000
TOTAAL	€ 2.569.000	€ 2.405.000	€ 2.265.000
Winst voor belasting	€ 1.559.000-	€ 3.071.000-	€ 3.539.000-
Rendement	-10%	-12%	-12%
Subsidies			
Subsidie elektriciteit	nvt	€ 3.118.000	nvt
Subsidie groen gas	nvt	nvt	€ 4.135.000
TOTAAL	€ -	€ 3.118.000	€ 4.135.000
Totale opbrengsten	€ 2.569.000	€ 5.523.000	€ 6.400.000
Winst voor belasting	€ 1.559.000-	€ 47.000	€ 596.000
Rendement	-10%	0%	2%

50 MW systeem		I		II		III
Investerings		<i>syngas</i>		<i>WKK</i>		<i>Bio-SNG</i>
Vergasser + koeler + cycloon	€	29.164.000	€	29.164.000	€	29.164.000
WKK (warmte kracht koppeling)		nvt	€	19.600.000		nvt
Teerreiniging (OLGA)		nvt		nvt	€	15.771.000
SNG productie		nvt		nvt	€	7.726.000
Onvoorzien	€	4.375.000	€	7.315.000	€	7.900.000
TOTAAL	€	33.539.000	€	56.079.000	€	60.561.000
Operationele kosten						
Afschrijving	€	2.236.000	€	3.739.000	€	4.038.000
Rente	€	1.007.000	€	1.683.000	€	1.817.000
Inkoop biomassa (incl. transport)	€	4.096.000	€	4.096.000	€	4.096.000
Onderhoud	€	671.000	€	1.122.000	€	1.212.000
Afvoerkosten as	€	44.000	€	44.000	€	44.000
Onvoorzien	€	482.000	€	527.000	€	536.000
TOTAAL	€	8.536.000	€	11.211.000	€	11.743.000
Opbrengsten						
Verkoop syngas	€	6.159.000		nvt		nvt
Verkoop elektriciteit		nvt	€	4.873.000		nvt
Verkoop warmte		nvt	€	877.000		nvt
Verkoop groen gas		nvt		nvt	€	5.399.000
Verkoop restwarmte	€	266.000	€	266.000	€	266.000
TOTAAL	€	6.425.000	€	6.016.000	€	5.665.000
Winst voor belasting	€	2.111.000-	€	5.195.000-	€	6.078.000-
Rendement		-6%		-9%		-10%
Subsidies						
Subsidie elektriciteit		nvt	€	7.797.000		nvt
Subsidie groen gas		nvt		nvt	€	10.339.000
TOTAAL	€	-	€	7.797.000	€	10.339.000
Totale opbrengsten	€	6.425.000	€	13.813.000	€	16.004.000
Winst voor belasting	€	2.111.000-	€	2.602.000	€	4.261.000
Rendement		-6%		5%		7%

Bijlage 2 Ratio's

Ter indicatie zijn in de onderstaande tabellen ratio-getallen weergegeven voor investeringen, kosten en opbrengsten per MW, kubieke meter syngas, kilowattuur en kubieke meter groen gas..

Investeringskosten (€/ MW _{in})	10 MW	20 MW	50 MW
syngas	€ 958.800	€ 783.300	€ 670.780
WKK	€ 1.593.600	€ 1.303.100	€ 1.121.580
Bio-SNG	€ 1.770.000	€ 1.428.850	€ 1.211.220

Tabel 15: Investeringskosten per vermogen (MW input-vermogen).

syngas (€/ Nm ³ syngas)	10 MW	20 MW	50 MW
Investeringskosten	€ 0,071	€ 0,058	€ 0,050
Operationele kosten	€ 0,037	€ 0,028	€ 0,018
Kosten biomassa	€ 0,076	€ 0,073	€ 0,063
TOTAAL	€ 0,185	€ 0,159	€ 0,131

Tabel 16: Kosten per geproduceerde kubieke meter syngas.

WKK (€/ kWh)	10 MW	20 MW	50 MW
Investeringskosten	€ 0,087	€ 0,071	€ 0,061
Operationele kosten	€ 0,041	€ 0,030	€ 0,019
Kosten biomassa	€ 0,056	€ 0,053	€ 0,046
TOTAAL	€ 0,183	€ 0,154	€ 0,126

Tabel 17: Kosten per geproduceerde kWh elektriciteit.

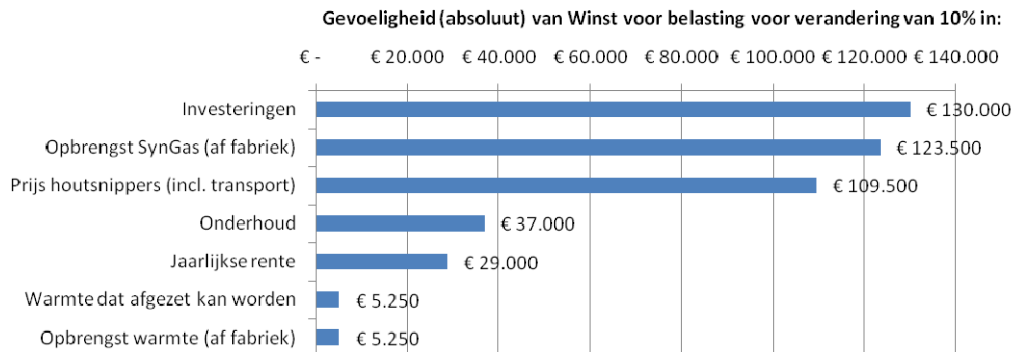
Bio-SNG (€/ Nm ³ SNG)	10 MW	20 MW	50 MW
Investeringskosten	€ 0,290	€ 0,234	€ 0,198
Operationele kosten	€ 0,134	€ 0,098	€ 0,061
Kosten biomassa	€ 0,168	€ 0,160	€ 0,139
TOTAAL	€ 0,592	€ 0,492	€ 0,398

Tabel 18: Kosten per geproduceerde kubieke meter Bio-SNG.

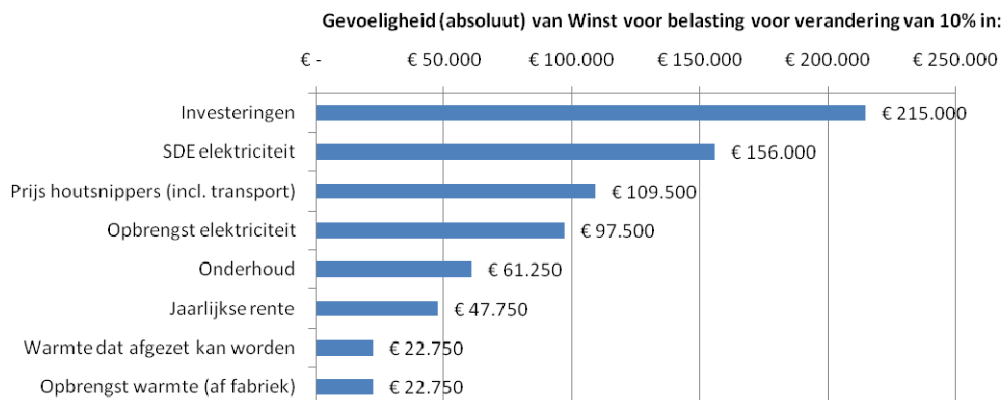
Bijlage 3 Gevoeligheidsanalyse

Onderstaande grafieken geven de gevoeligheid weer van de winst voor belasting (inclusief subsidies) voor een verandering van 10% van de uitgangspunten (investeringen, energieopbrengsten, kosten, rente, enz.). Als voorbeeld kan in de eerste grafiek afgelezen worden dat als de investeringen 10% hoger zouden uitvallen, de winst voor belasting € 130.000 lager zal uitvallen.

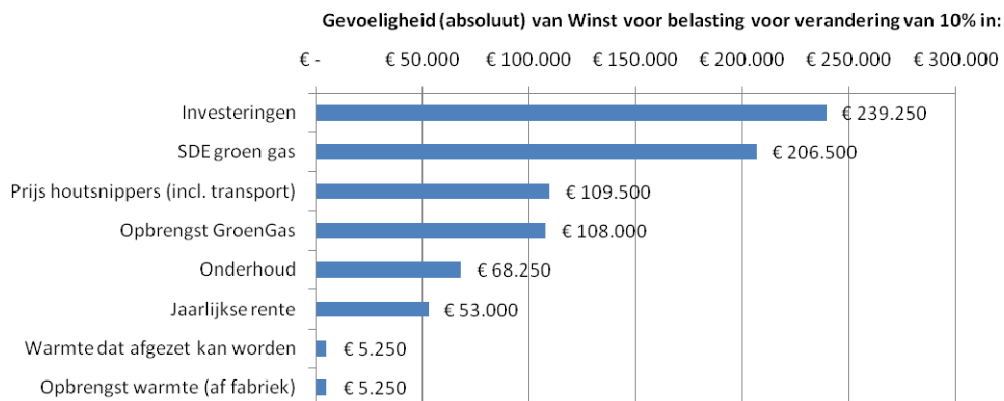
Case: input 10 MW, output syngas



Case: input 10 MW, output WKK

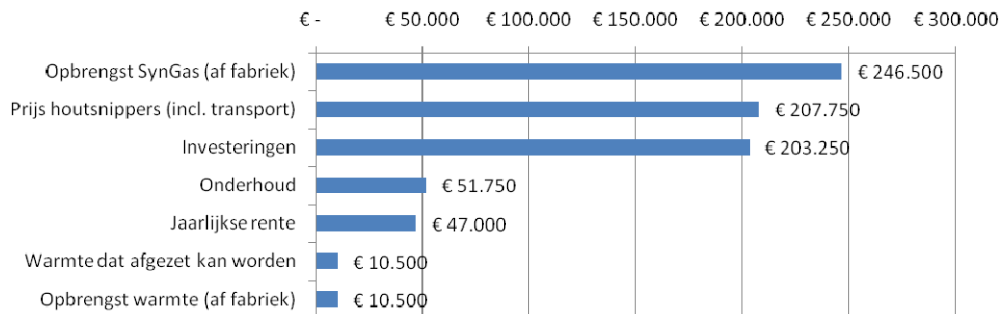


Case: input 10 MW, output BioSNG



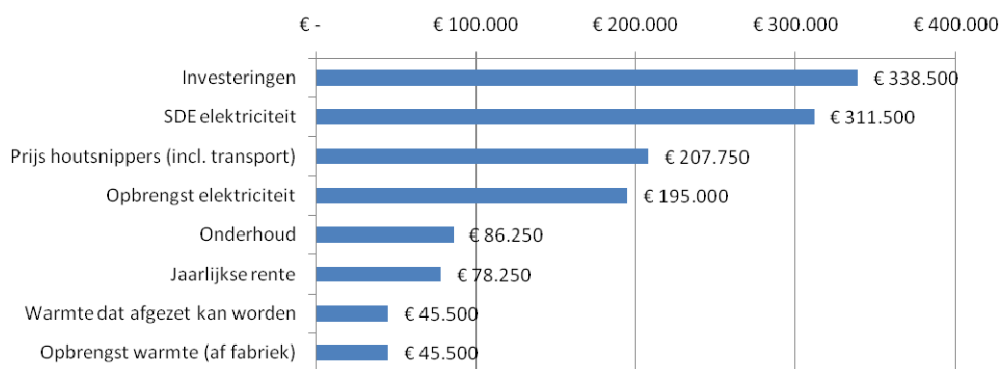
Case: input 20 MW, output syngas

Gevoeligheid (absoluut) van Winst voor belasting voor verandering van 10% in:



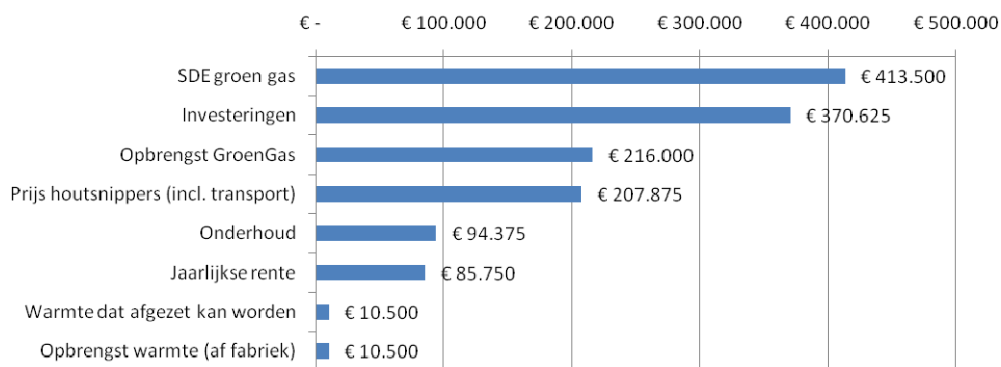
Case: input 20 MW, output WKK

Gevoeligheid (absoluut) van Winst voor belasting voor verandering van 10% in:



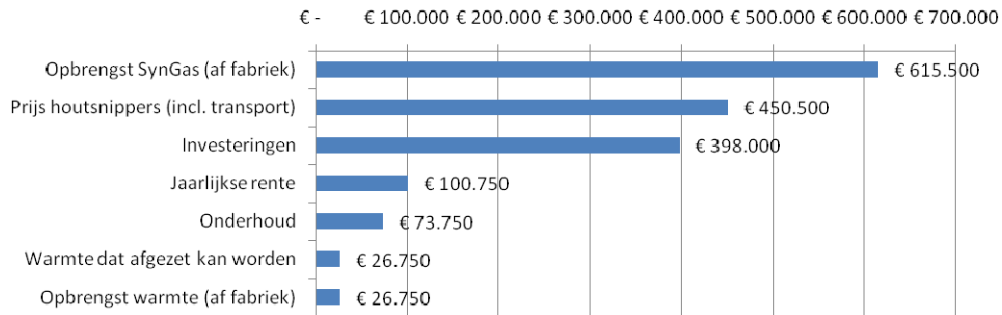
Case: input 20 MW, output BioSNG

Gevoeligheid (absoluut) van Winst voor belasting voor verandering van 10% in:



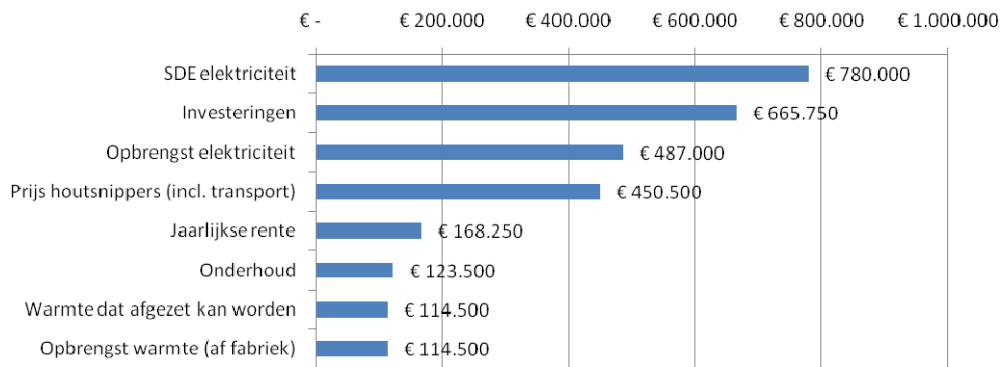
Case: input 50 MW, output syngas

Gevoeligheid (absoluut) van Winst voor belasting voor verandering van 10% in:



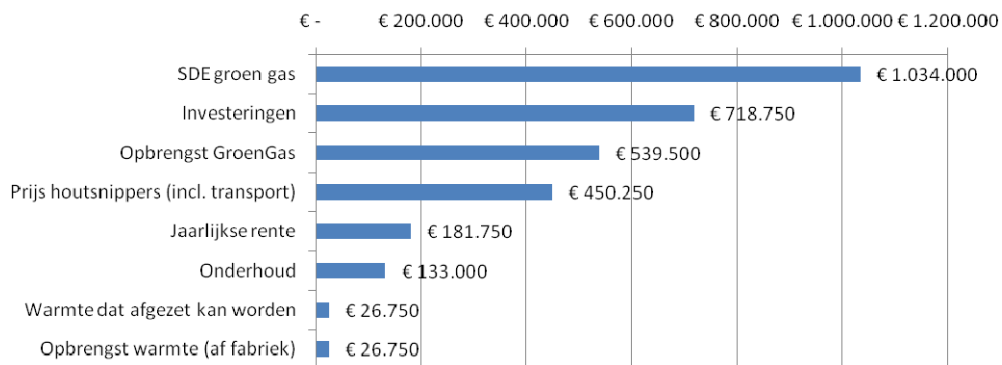
Case: input 50 MW, output WKK

Gevoeligheid (absoluut) van Winst voor belasting voor verandering van 10% in:



Case: input 50 MW, output BioSNG

Gevoeligheid (absoluut) van Winst voor belasting voor verandering van 10% in:



Bijlage 4 Break even waarden

De "huidige waarde" geeft de waarde weer waarmee in de business cases is gerekend. De "break-evenwaarde" geeft de waarde weer waarbij de winst voor belasting € 0,- wordt. Onrealistische break-evenwaarden zijn niet weergegeven.

Case: 10 MW, output syngas

Parameter	Huidige waarde	Break-evenwaarde
Prijs houtsnippers (incl. transport)	€ 40,00	< € 0
Opbrengst syngas (af fabriek)	€ 0,104	€ 0,197

Case: 10 MW, output WKK

Parameter	Huidige waarde	Break-evenwaarde
Investeringen	€ 15.936.000	€ 12.250.005
Onderhoudskosten	3,5%	0,7%
Prijs houtsnippers (incl. transport)	€ 40,00	€ 21,76
Subsidie elektriciteit	€ 0,096	€ 0,127

Case: 10 MW, output Bio-SNG

Parameter	Huidige waarde	Break-evenwaarde
Jaarlijkse rente	6%	3%
Investeringen	€ 17.700.000	€ 15.497.395
Onderhoudskosten	3,5%	2,0%
Prijs houtsnippers (incl. transport)	€ 40,00	€ 29,10
Opbrengst GroenGas	€ 0,200	€ 0,202
Subsidie groen gas	€ 0,383	€ 0,438

Case: 20 MW, output syngas

Parameter	Huidige waarde	Break-evenwaarde
Prijs houtsnippers (incl. transport)	€ 38,00	€ 9,46
Opbrengst syngas (af fabriek)	€ 0,104	€ 0,169

Case: 20 MW, output WKK

Parameter	Huidige waarde	Break-evenwaarde
Investeringen	€ 26.062.000	€ 26.422.269
Onderhoudskosten	3,0%	3,2%
Prijs houtsnippers (incl. transport)	€ 38,00	€ 38,87
Opbrengst warmte (af fabriek)	€ 4,00	€ 3,59
Subsidie elektriciteit	€ 0,096	€ 0,095

Case: 20 MW, output Bio-SNG

Parameter	Huidige waarde	Break-evenwaarde
Jaarlijkse rente	6%	10%
Warmte dat afgezet kan worden	50%	0%
Investeringskosten	€ 28.577.000	€ 33.172.571
Onderhoudskosten	3,0%	4,9%
Prijs houtsnippers (incl. transport)	€ 38,00	€ 48,92
Opbrengst warmte (af fabriek)	€ 4,00	€ 0,01
Subsidie groen gas	€ 0,383	€ 0,328

Case: 50 MW, output syngas

Parameter	Huidige waarde	Break-evenwaarde
Prijs houtsnippers (incl. transport)	€ 33,00	€ 17,53
Opbrengst syngas (af fabriek)	€ 0,104	€ 0,139

Case: 50 MW, output WKK

Parameter	Huidige waarde	Break-evenwaarde
Jaarlijkse rente	6%	15%
Warmte dat afgezet kan worden	50%	0%
Investeringskosten	€ 56.079.000	€ 77.997.030
Onderhoudskosten	2,0%	6,2%
Prijs houtsnippers (incl. transport)	€ 33,00	€ 52,06
Opbrengst warmte (af fabriek)	€ 4,00	€ 0,00
Subsidie elektriciteit	€ 0,096	€ 0,064

Case: 20 MW, output Bio-SNG

Parameter	Huidige waarde	Break-evenwaarde
Jaarlijkse rente	6%	20%
Warmte dat afgezet kan worden	50%	0%
Investeringskosten	€ 60.561.000	€ 96.479.110
Onderhoudskosten	2,0%	8,4%
Prijs houtsnippers (incl. transport)	€ 33,00	€ 64,21
Opbrengst GroenGas	€ 0,200	€ 0,201
Opbrengst warmte (af fabriek)	€ 4,00	€ 0,01
Subsidie groen gas	€ 0,383	€ 0,225