Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Industry & Buildings

Aan:	Dhr. J. Demmer, Jalo Biopellets BV
Van:	Royal HaskoningDHV
Datum:	14 mei 2020
Kopie:	
Ons kenmerk:	BH3736
Classificatie:	Projectgerelateerd
Goedgekeurd door	

Onderwerp: **Duurzaamheidsevaluatie Jalo Biopellets BV**

1 Samenvatting

Jalo Biopellets BV ontwikkelt een fabriek om uit asrijk snoeihout uit landschapsonderhoud en uit vergelijkbare houtige biomassa circa 100.000 ton/jaar aan hoogwaardige, gecertificeerde biopellets te maken voor kleinschalige houtpelletketels tot 1 MW_{th} in de bebouwde omgeving (woningbouw en utiliteitsgebouwen).
De als grondstof gebruikte houtige biomassa wordt normaliter als houtsnippers afgezet voor toepassing als brandstof. Het Jalo Biopellets concept is erop gericht dit materiaal om te zetten in een certificeerbare brandstof van hogere kwaliteit.

Bij pelletproductie zullen diverse bijproducten vrijkomen in de vorm van houtgruispellets, CO_2 en surplus proceswarmte. Deze bijproducten zullen nuttig worden toegepast, respectievelijk

- Als asrijke brandstof,
- Als alternatief voor CO_2 uit fossiele brandstoffen voor toepassing in de voedingsmiddelenindustrie. In deze studie gaan we er vanuit dat de huidige fossiele CO_2 emissie hiermee wordt voorkomen.
- Levering van surplus proceswarmte aan omliggende bebouwde omgeving.

Jalo Biopellets BV zal volgens opgave de biopellets vermarkten waarbij naast de pellets in samenwerking met een leverancier ook moderne, emissie-arme en met elektrostatische filters uitgeruste pelletketels zullen worden aangeboden.

1.1 Beschouwde vergelijking

Op verzoek van Jalo Biopellets BV heeft Royal HaskoningDHV in een beknopte studie een vergelijking uitgevoerd tussen warmteproductie op basis van Jalo Biopellets BV Nederpellets en warmteproductie op basis van aardgas.

De vergelijkingen zijn uitgevoerd voor de gehele keten - vanaf landschapsonderhoud of gaswinning tot warmtelevering – en betroffen:

- de emissies van broeikasgassen (CO_2, CH_4, N_2O) per geleverde eenheid warmte; de vergelijking is dus inclusief warmtelevering vanuit het proces en nuttige toepassing van CO_2 uit het productieproces bij Jalo voor de voedingsmiddelen industrie.
- de emissies van verzurende en vermestende stikstofverbindingen (NO_x, NH_3) en zwaveloxide (SO_2) geleverde eenheid warmte.

Daarnaast is in de betreffende studie met oog op volledigheid ook een indicatie gegeven voor emissies van fijn stof (PM_{10}).

Er zijn twee verschillende schaalgroottes vergeleken:
- Toepassing in kleinschalige ketels (< 50 kW_{th}) bij individuele huishoudens;
- Toepassing als blokverwarming bij hoogbouw of grotere utiliteitsgebouwen (300 – 1.000 kW_{th}).

Het verschil tussen beide toepassingen is met name de voor deze schaalgroottes beschikbare rookgasreiniging en de mate waarin emissies van beschouwde verontreinigende stoffen kunnen worden geminimaliseerd.

De studie sluit aan op een eerder voor NVDE uitgevoerde studie[1] met betrekking tot warmteproductie op basis van snoeihout uit Nederland en pellets uit de VS of Balticum, waarin dezelfde vergelijking is gemaakt. In deze studie hanteren we dezelfde systematiek.

1.2 Resultaten

De belangrijkste resultaten van de analyse zijn hieronder samengevervat.

Het initiatief kan leiden tot uitsparen van 2,0 – 2,3 PJ/jaar aan aardgas.

Door het leveren van surplus proceswarmte zal een rendement van bijna 100% worden gerealiseerd. Bij een totale productie van 100.000 ton/jr leidt dit tot een besparing van circa 2 – 2,3 PJ/jr aan aardgas, afhankelijk van het aangehouden thermische rendement van de pelletketel (91% - 105%).

Er is sprake van een negatieve broeikasgasbalans.

De reductie van broeikasgasemissie door gebruik van Biopellets en houtgruispellets in plaats van aardgas zal meer dan 100% bedragen. Dat wil zeggen dat meer CO_2-emissies wordt uitgespaard als vrijkomt bij warmteproductie op basis van de te vervangen 2,0 – 2,3 PJ/jaar aan aardgas. Er wordt daardoor netto CO2 uit de atmosfeer afgevoerd ten opzichte van de referentiesituatie. Dit komt met name door afvang en gebruik van CO_2 bij pelletproductie en levering van surplus proceswarmte aan omliggende bebouwde omgeving.

Tabel 1 Illustratie negatieve broeikasgasemissie (waarden in ton CO_2-eq/jaar)

	best case	worst case
Ketenemissies pelletproductie	6.301	26.964
Uitgespaard bij gebruik Biopellets en houtgruispellets	-169.528	-130.665
Uitgespaard door warmte-afzet en CO_2-afzet	-35.662	-37.328
Totaal:	-198.889	-141.028
Broeikasgasreductie tov vermeden emissies door inzet Biopellets en houtgruispellets	117%	108%

De reductie is hoger dan bij direct gebruik van houtsnippers of bij gebruik van importpellets

De berekende broeikasgas emissiereductie is hoger dan de reductie berekend voor de in de voor NVDE onderzochte ketens[2]. In deze studie zijn percentages van 70% - 90% zijn berekend.

De hogere reductie hangt samen met CO_2-afvang en CO_2-benutting en met levering van surplus proceswarmte van pelletproductie aan de bebouwde omgeving.

[1] Zie: https://www.royalhaskoningdhv.com/nl-nl/nederland/nieuws/nieuwsberichten/warmte-uit-aardgas-of-uit-biomassa-q/10652
[2] Zie: https://www.royalhaskoningdhv.com/nl-nl/nederland/nieuws/nieuwsberichten/warmte-uit-aardgas-of-uit-biomassa-q/10652

Tabel 2 Vergelijking van jaarlijkse broeikasgasemissies bij een equivalente hoeveelheid geproduceerde warmte

	Jalo Biopellets	Hout-snippers	Houtpellets VS uit reststromen	Houtpellets VS obv pulphout	Houtpellets Balticum
A: inzet, TJ/jaar		2.136	2.136	2.136	2.136
B: ketenemissie (kg CO2-eq/GJ), inclusief inzet als brandstof (zie NVDE-studie)		4,8	11,5	15,5	7,1
A x B Jaarlijkse broeikasgasemissie in de keten, ton CO_2-eq		10.215	24.530	33.092	15.074
C: Fossiele CO_2 voor voedingsmiddelenindustrie		24.000	24.000	24.000	24.000
Totaal (A x B + C)	17.057	34.215	48.530	57.092	39.074

Toelichting:
Het betreft steeds de som van de energie-inhoud van houtgruispellets en Biopellets (1,98 PJ/jaar) en de geleverde hoeveelheid surplus proceswarmte (0,16 PJ/jaar). Er is aangenomen dat de houtgruispellets, Biopellets en surplus warmte één op één kunnen worden vervangen door houtsnippers en importpellets.

Emissies van NO_x, PM_{10} en SO_2 nemen significant toe bij gebruik van pellets bij particulieren.

Bij gebruik van Biopellets en houtgruispellets wordt 1,5 – 6,5 keer meer NO_x geproduceerd dan bij warmteproductie op basis van aardgas. De verhouding is met name afhankelijk van de emissie van de pelletketel (50 – 80 g NO_x/GJ brandstof), maar ook van de aangehouden spreiding van NO_x-emissie van de referentie aardgasketel (10 – 20 g NO_x/GJ brandstof).
Ook worden jaarlijks (afgerond) 15 – 105 ton fijn stof (PM_{10}) en 20 – 35 ton SO_2 geëmitteerd die bij warmteproductie op basis van aardgas niet zouden zijn geëmitteerd.

De emissies per eenheid geproduceerde warmte zijn door de beperkte of ontbrekende rookgasreiniging significant hoger dan in de in de eerder voor NVDE beschouwde ketens.

De toename in NO_x-emissies en de geëmitteerde hoeveelheden PM_{10} en SO_2 hangen sterk af van het type pelletkachel. In het concept dat Jalo Biopellets BV wil implementeren – Biopellets levering gecombineerd met aanbieden van een moderne emissiearme ketel – zijn de ondergrenzen van de genoemde bereiken representatief.

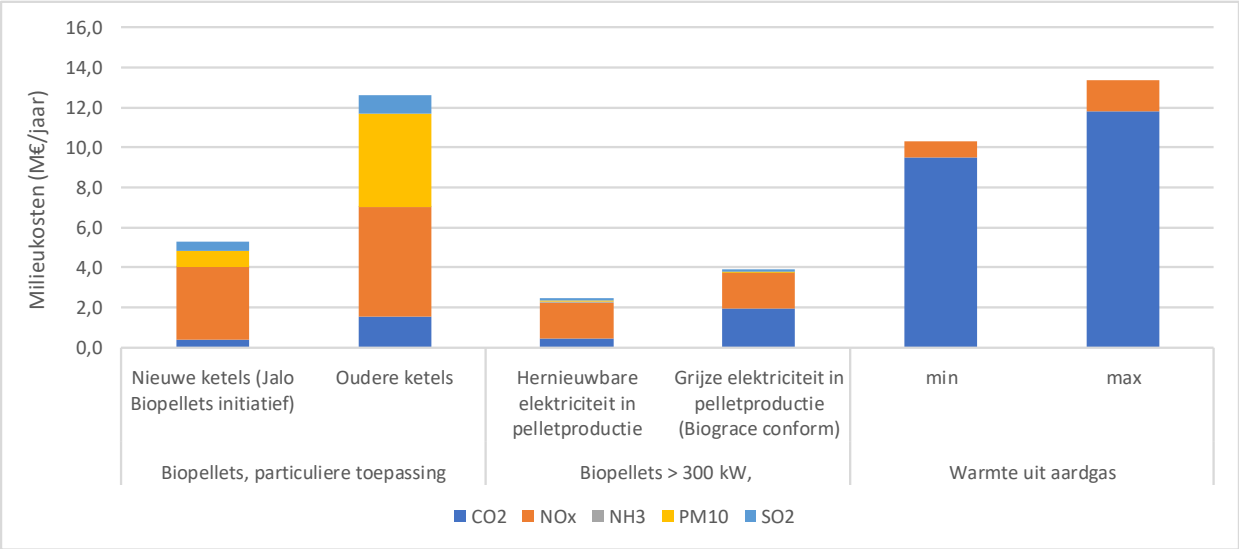
Inzet van Biopellets bij particulieren in emissie-arme ketels geeft netto voordeel, inzet in ketels met hogere emissies aan PM_{10} en NO_x niet.

Uitgedrukt in milieuprijzen is warmteproductie bij particulieren op basis van Biopellets aantrekkelijker dan warmteproductie op basis van aardgas, zolang de Biopellets worden ingezet in een moderne, efficiënte pelletketel met (relatief) beperkte emissies van NO_x en PM_{10} per eenheid warmte (zie Figuur 1). Dit is zoals aangegeven in voorgaande subparagraaf ook het concept dat Jalo Biopellets wil (helpen) implementeren.

De uitgespaarde CO_2-emissies wegen in dat geval ruimschoots op tegen de toename in NOx-emissies en het optreden van emissies van PM_{10} en SO_2.

Bij pelletketels met hogere emissies van NO_x en PM_{10} zijn de milieukosten voor warmteproductie op basis van pellets vergelijkbaar met of iets hoger dan de milieukosten gerelateerd aan warmteproductie op basis van aardgas.

Figuur 1 Milieukosten voor Biopellets initiatief vergeleken met milieukosten voor warmteproductie op basis van aardgas



Toelichting:

- Betreft steeds inzet van 2 PJ/jaar aan houtgruispellets en Biopellets en levering van surplus proceswarmte (160 TJ/jaar). Er wordt afhankelijk van het ketelrendement bij gebruik van Biopellets 2,0 – 2,3 PJ/jaar aan aardgas uitgespaard.
- Min voor aardgas = Noors aardgas en een ketel met NO_x-emissiefactor van 10 g/GJ. Uitgespaarde hoeveelheid aardgas is 2,0 PJ/jaar.
- max voor aardgas = LNG en een ketel met NO_x-emissiefactor van 20 g/GJ. Uitgespaarde hoeveelheid aardgas is 2,3 PJ/jaar.
- Bij biopellets in grotere ketels is gerekend met verschillende emissiefactoren voor de bij pelletproductie gebruikte elektriciteit, variërend van 0 voor elektriciteit uit hernieuwbare bronnen tot – conform Biograce rekentool - 147 kg/GJ_e voor grijze stroom. In de NVDE-studie is conformm SDE+ regeling een emissiefactor van 51 kg CO_2-eq/GJ_e aangehouden.

Grotere ketels met adequate rookgasreiniging bieden grotere voordelen

Technisch gesproken zijn bij grotere vermogens (>300 kW_{th}) voor utiliteitsgebouwen dezelfde emissiereductie processen (SCR DeNOx, doekenfilter, gecombineerde condensor en wasser) beschikbaar als voor de schaalgrootte beschouwd in genoemde studie voor NVDE (10 – 20 MW_{th}). In principe kunnen bij een voldoende uitvoerige rookgasreiniging ook vergelijkbare restemissies worden gehaald. Uiteraard leidt dit wel tot additionele investeringskosten.
De totale aan milieubelasting gerelateerde kosten kunnen bij volledige inzet van Biopellets in dit soort installaties worden beperkt tot 20% - 40% van de milieukosten bij warmteproductie op basis van aardgas. De aangehouden emissiefactor voor elektriciteit is daarbij van grote invloed op de milieukosten.

1.3 Aanbevelingen en aantekeningen

Aanbevelingen

Aanbevolen wordt de te produceren Biopellets zoveel mogelijk in te zetten in grotere ketel-installaties en emissies van milieuverontreinigende stoffen van deze ketels zover mogelijk te reduceren door toepassing van emissiereducerende technieken.

Uitgangspunt van onderstaande aanbeveling is dat de als grondstof voor pelletproductie gebruikte houtige biomassa normaliter als houtsnippers wordt afgezet voor toepassing als brandstof.

Bij verwerking tot pellets kan door afzet van surplus proceswarmte en afvang en benutting van CO_2 in de voedingsmiddelenindustrie een grotere reductie van broeikasgasemissies worden gehaald als bij directe inzet als brandstof.

Er is echter alleen toegevoegde waarde wanneer door minimalisering van milieubelastende emissies kan worden voorkomen dat meer emissies naar lucht ontstaan als bij directe inzet van het tot pellets verwerkt hout als brandstof.

Aantekeningen bij studie en resultaten

Deze studie betreft een globale en generieke verkenning, waarin een beperkte hoeveelheid informatie is gebruikt.

De in deze studie berekende globale resultaten voor de broeikasgasbalans zijn alleen representatief zolang het landschap en bos waaruit het houtige materiaal afkomstig is duurzaam worden beheerd.

Ook moet opgemerkt worden dat de uitstoot van NO_x in Nederland momenteel sterk onder het vergrootglas ligt vanwege de te hoge deposities in Nederland. De vraag of ketels met een hogere NO_x uitstoot dan het alternatief wenselijk zijn, kan daarmee worden gesteld.
Het verdient daarom de aanbeveling om te onderzoeken of verder reductie door de toepassing van NO_x reducerende maatregelen mogelijk is.

2 Het proces, zoals beschreven in beschikbare bronnen

Bronnen: (Pfeiffer, 2020), (Meesters, 2008), Beoordelingsplicht M.E.R. (2018), Ontwerpbesluit intrekking omgevingsvergunning 2e fase, informatie van Jalo Biopellets BV.

In het productieproces worden per vrachtwagen aangevoerde houtsnippers uit landschapsonderhoud en A-hout houtsnippers bij de te realiseren pelletfabriek verkleind, gedroogd en tot pellets geperst. Concreet gaat het om de volgende activiteiten:

- aanvoeren en opslaan van schoon geshredderd hout;
- in meerdere stappen verkleinen van hout en zeven van ruwe houtsnippers;
- afvoeren van zand en klei als restproduct uit het verkleinproces;
- drogen en opslaan van fijne houtsnippers en aanvoeren naar de persen;
- persen van gedroogde fractie tot pellets en koelen;
- laden en lossen rechtstreeks vanuit respectievelijk in de silo's door mechanische verladingssystemen in silo's en vrachtwagens

Voor verkleinen zullen een shredder en hamermolens worden gebruikt. Fijne houtsnippers zullen worden gedroogd met een stoomdroger.

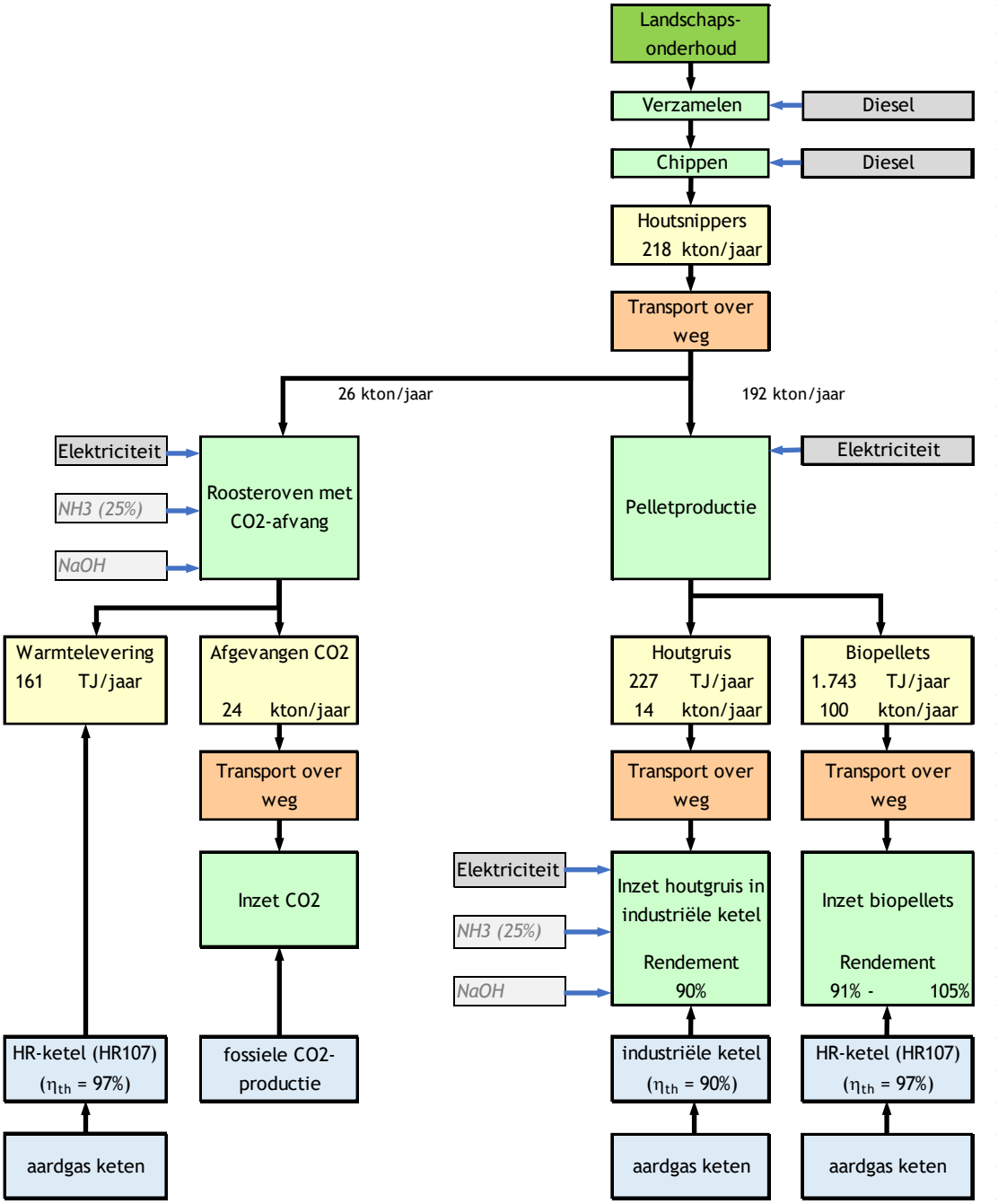
De voor drogen benodigde stoom zal worden geproduceerd met een 12 MW_{th} met houtsnippers gestookte roosterbed biomassaketel.
De rookgasreiniging van de biomassaketel zal bestaan uit SNCR, cycloon en een doekenfilter. Er wordt geen absorptiemiddel voor het doekenfilter geïnjecteerd.
Uit de rookgassen zal CO_2 worden afgevangen voor levering in vloeibare vorm aan bijvoorbeeld voedingsmiddelenindustrie.
De geplande installatie zal houtpellets van ENplus A2 kwaliteit (∅ 6 mm), houtgruispellets (∅ 8 mm) en vloeibare CO_2 leveren. Daarnaast zal warmte op circa 90°C aan de directe omgeving worden geleverd.

De Biopellets zullen voornamelijk worden afgezet bij particulieren en kleinere woonkernen in met name het landelijk gebied, in bedrijfsgebouwen, maatschappelijk vastgoed en utiliteitsgebouwen.
Houtgruispellets zullen worden afgezet bij bedrijven met ketels die deze brandstof kunnen inzetten.
Vloeibare CO_2 zal voornamelijk in de voedingsmiddelenindustrie worden afgezet.

3 Beschouwde keten

De beschouwde keten is globaal weergegeven in Figuur 2.

Figuur 2 Beschouwde keten



De beschouwde ketenopbouwe is gebaseerd op de informatie in (Pfeiffer, 2020) en officiële documenten met betrekking tot vergunningprocedures en subsidieaanvragen. De in de figuur opgenomen waarden worden in navolgende hoofdstukken toegelicht.

4 In deze studie aangehouden kwantitatieve informatie

4.1 Fysieke hoeveelheden en specificaties van ingaande en uitgaande stromen

Een overzicht van de in deze studie aangehouden omvang en specificaties van de verschillende aangevoerde stromen en producten is gegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Aangehouden omvang en specificaties van ingaande en uitgaande stromen

	ton/jaar	LHV, MJ/kg	% d.s.	% as d.s.	% N d.s.	% S d.s.
Ingaand						
- grondstoffen	192.000	9,4	55%	1,85%	0,30%	0,030%
- brandstoffen	26.000	9,4	55%	1,85%	0,30%	0,03%
	218.000					
Uitgaand						
- Biopellets	100.000	17,5	92%	1,0%	0,30%	0,03%
- houtgruis	14.000	16,2	92%	8,0%	0,30%	0,03%
- CO_2 (l) uit rookgas	24.000		100%	0%		
	138.000					

LHV = lower heating value, stookwaarde of onderste verbrandingswaarde

De gegevens zijn zoveel mogelijk consistent gemaakt qua hoeveelheden droge stof, stikstof en zwavel. Vast punt in de geschatte balans is een jaarproductie aan Biopellets van 100 kton, zoals in de regel wordt gecommuniceerd door Jalo Biopellets BV
De hoeveelheden zijn geschat op basis van beschikbare achtergrondinformatie bij een subsidieaanvraag bij de provincie Overijssel met betrekking tot warmtelevering.

Gehalten aan as, stikstof en zwavel zijn geschat op basis van informatie uit een eerdere Royal HaskoningDHV rapportage en op basis van de kwaliteitseisen voor houtpellets van ENplus A2 kwaliteit. Stookwaarden voor Biopellets en houtgruis zijn gebaseerd op een in de beschikbare achtergrond-informatie gegeven stookwaarde voor aangevoerde houtsnippers van 9,4 MJ/kg bij 45% vocht.

Voor warmtelevering is uitgegaan van 45 GWh_{th} per jaar, conform achtergrondinformatie bij een subsidieaanvraag bij de provincie Overijssel. Er is geen rekening gehouden met mogelijk warmteverlies in het warmtenet en de toevoerleiding tussen Biopellet fabriek en warmtenet.

4.2 Transporten

Voor aanvoer van grondstoffen en brandstoffen is uitgegaan van vrachttransport over de weg over een een – conform (Meesters, 2008) afstand van 70 km. De in (Meesters, 2008) aangehouden afstand is gebaseerd op de beschikbaarheid van houtige biomassa uit landschapsonderhoud in het gebied rond Almelo. Voor afzet van Biopellets, houtgruis en CO_2 is dezelfde transportafstand aangehouden.

4.3 Elektriciteitsgebruik

Voor het elektriciteitsgebruik is op basis van informatie van Jalo Biopellets BV een waarde aangehouden van 0,72 GJ_e/ton Biopellets. Dit verbruik is inclusief elektriciteitsgebruik voor afvang en vloeibaar maken van CO_2 (respectievelijk 70 en 90 kWh_e/ton CO_2).

4.4 Additievengebruik voor de rookgasreiniging van de biomassa stoomketel

Over de rookgasreiniging zijn geen gegevens beschikbaar over de precieze opbouw van de rookgasreiniging en consumptie van additieven.

In de eerder door Royal HaskoningDHV geproduceerde rapportage zijn indicaties gegeven met betrekking tot de opbouw van de rookgasreiniging. Zoals samengevat in hoofdstuk 1 bestaat de rookgasreiniging uit SNCR DeNOx, cycloon en doekenfilter zonder injectie van absorptiemiddelen voor afvang van zwavelverbindingen, halogenen en voor afvang van zware metalen en ander fijn stof. Conform deze samenvatting zou alleen rekening hoeven te worden gehouden met consumptie van ammoniak of ureum.
In die rapportage is echter geen reflectie ingevoegd op de combinatie van rookgasreiniging met CO_2-afvang en zijn geen gegevens opgenomen met betrekking tot additievengebruik.

Conform een presentatie van Frames-Group (beoogde leverancier van de CO_2-afvanginstallatie) en de praktijksituatie bij de biomassa heetwaterketel met CO_2-afvang van DES in Sirjansland zullen de rookgassen na het doekenfilter in een quench en scrubber worden gewassen voorafgaand aan afvang van CO_2. Tijdens het wassen zal een deel van de in de rookgassen resterende SO_2, NH_3 en NO_x in het waswater oplossen, dat daardoor zal aanzuren. Conform de vergunning en ervaringen bij bijvoorbeeld kwekerij BAAS in Ens zal (natron)loog aan quenchwater moeten worden toegevoegd om corrosie te voorkomen (Factsheet - Toepassing rookgascondensor bij een houtketel-installatie – Kas als Energiebron) en spui te neutraliseren.

In deze globale analyse is aangenomen dat SO_2 en NH_3 vergaand worden verwijderd, mede met oog op CO_2-afvang en kwaliteit van condens en spui van de quench.

Voor gebruik van ammoniak in de SNCR DeNOx is op basis van bij Royal HaskoningDHV bekende informatie van rookgasreinigingsinstallaties bij andere biomassaketels uitgegaan van een consumptie van 0,4 kg 25%-oplossing per GJ brandstof.
De natronloog consumptie is geschat uitgaande van 90% afvang van SO_2 in de afgassen en van 40% binding van de brandstof-zwavel in bodemas en vliegas. Effecten op NaOH consumptie door oplossing van ammoniak slip in quenchwater en waswater zijn verwaarloosd.

4.5 Emissiewaarden en rendementen voor warmteproductie

De in deze studie aangehouden emissiefactoren zijn gegeven in Tabel 4.

Stoomproductie en houtgruispellets inzet

De emissiewaarden voor gebruik van houtsnippers voor stoomproductie bij Jalo Biopellets zelf en bij inzet van houtgruis zijn grotendeels ontleend aan (Pfeiffer, 2020).

Biopelletgebruik bij particulieren

Emissiewaarden voor gebruik van Biopellets van ENplus A2 kwaliteit bij particulieren zijn gebaseerd op (Koppejan, 2018) en de daarin aangehaalde EMEP/EEA database.
Ter vergelijking, onder de huidige ISDE-richtlijn en de in Nederland conform Convenant Groen Stoken sinds 1 januari 2020 van kracht zijnde Europese Ecodesign regels voor pellets gestookte vuurhaarden gelden voor nieuw aan te schaffen pelletketels emissie-eisen voor PM_{10} en NO_x van respectievelijk 13,4 en 134 g/GJ brandstof (20 en 200 mg/Nm^3 bij 13 vol% O_2). De in deze studie aangehouden ondergrens is daarmee representatief voor ontwikkelingen op langere termijn.

Tabel 4 Aangehouden emissiewaarden en rendementen voor wamteproductie op basis van aardgas en biomassa stromen.

	Jalo Biopellets productie	Houtgruis Pellets inzet	Biopellet gebruik particulieren		Biopellet gebruik utiliteits-gebouwen, blokverwarming (ketels > 300 kW_{th}) Incl SCR, doekenfilter, cond, wasser.	Referentie: aardgas gestookte HR ketel	
			moderne pelletketel	bestaande pelletketel		min	Max
Emissies, waarden in g/GJ brandstof						70.000	80.000
CO_2							
NO_x	38	38	50	80	10 - 28	10	20
NH_3	0,4	0,4	0	0	0,2 - 0,7		
PM_{10}	0,8	1,1	13	60	0,2 - 1,0		
SO_2	1,9	1,9	10	10	0,7 - 3,5		
Rendementen warmteproductie (op onderwaarde)			105%	91%	91% - 105%	97%	97%

De rendementen voor houtpellets gestookte ketels bij particulieren zijn overgenomen uit (Koppejan, 2018) en uit informatie van leveranciers. Bij ketels zonder condensor worden rendementen op onderwaarde gerealiseerd van ongeveer 91%, bij ketels met condensor (warmte tot 45°C) rendementen van gemiddeld 105%.

Biopellet inzet in utiliteitsbouw en blokverwarmingen

Voor kleinschalige met Biopellets gestookte blokverwarmingen en ketels voor utiliteitsgebouwen is uitgegaan van dezelfde emissiefactoren als aangehouden in de voor NVDE uitgevoerde studie. Technisch gesproken zijn bij grotere vermogens (> 200 à 300 kW_{th}) voor utiliteitsgebouwen dezelfde emissiereductie processen (SCR DeNOx, doekenfilter, gecombineerde condensor en wasser) beschikbaar als voor de schaalgrootte beschouwd in genoemde studie voor NVDE (10 – 20 MW_{th})[3].

In principe kunnen bij een voldoende uitvoerige rookgasreiniging ook vergelijkbare restemissies worden gehaald als bij genoemde grotere ketels (zie Tabel 5). Uiteraard leidt dit wel tot additionele investeringskosten.

Tabel 5 Emissiefactoren bij adequate rookgasreiniging, waarden in g/GJ houtsnippers

	NO_x	PM_{10}	SO_2	NH_3
- van	10	0,2	0,7	0,2
- tot	28	1,0	3,5	0,7
gemiddeld	19	0,6	2,1	0,4

Bron: zie NVDE-studie

[3] Zie bijvoorbeeld (Schenk, 2009) en (Summerfield , 2015)

Referentie: warmteproductie op basis van aardgas
De referentie voor warmteproductie op basis van houtpellets en voor door de biopellet fabriek geleverde warmte is warmteproductie met een moderne HR CV combiketel met een gemiddeld rendement op onderwaarde over ruimteverwarming en heet water productie van 97%.

Voor houtgruis is vanwege de kwaliteit van het product uitgegaan van inzet in een industriële ketel. Voor het rendement van houtgruis en aardgas gestookte ketels is conform de uitgangspunten in SDE+/SDE++ is in beide gevallen uitgegaan van een waarde van 90%.

Broeikasgasemissies over de keten en NO_x-emissies bij gebruik van aardgas zijn overgenomen uit de eerder voor de NVDE uitgevoerde studie.

4.6 Emissiefactoren voor bedrijfsmiddelen, transporten en procesemissies

Over het algemeen is gebruik gemaakt van de standaard emissiefactoren uit Biograce II, versie 3.0 (zie Tabel 6).

Tabel 6 Gehanteerde emissiefactoren

	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2-eq	
Diesel gebruik in machinerie				95	g CO_2-eq/MJ
Elektriciteit	Zie tekst				
NH3	2.367	7,3	0,015	2.555	g CO_2-eq/kg
NaOH	693	2,5	0,028	765	g CO_2-eq/kg
CH4 and N2O emissies houtsnippers gestookte ketel		0,0049	0,0010	0,41	g CO_2-eq/MJ
CH4 and N2O emissies houtpellets gestookte ketel		0,0030	0,0006	0,25	g CO_2-eq/MJ
Wegtransport houtsnippers				80	g CO_2-eq/ton.km
Wegtransport houtpellets				83	g CO_2-eq/ton.km

Voor berekening van de aan elektriciteitsgebruik gerelateerde indirecte CO_2-emissie zijn verschillende benaderingen mogelijk

- Volgens Jalo Biopellets BV zal elektriciteit met groencertificaat worden ingekocht en zal elektriciteitsgebruik geen indirecte CO_2-emissies geven.
- In de SDE++ onrendabele top berekening wordt een emissiefactor voor geconsumeerde elektriciteit van 187 g CO_2-eq/kWh$_e$ of 52 kg CO_2-eq/GJ$_e$ gehanteerd. Deze factor moet worden gebruikt bij evaluatie van projecten onder de SDE++ subsidieregeling.
- In de PBL-publicatie Klimaat- en energieverkenning 2019 (KEV 2019) is voor de integrale methode (de gemiddelde emissiefactor over de gehele jaarproductie aan elektriciteit) voor 2020 een emissiefactor van 83 kg CO_2-eq/GJ$_e$ gegeven. De emissiefactor neemt richting 2025 en 2030 af tot 58 en 25 kg CO_2-eq/GJ$_e$. Deze emissiefactoren moeten worden gebruikt bij evaluatie in het kader van overheidsbeleid.
- Volgens de Biograce rekenregels is deze benadering niet toegestaan en moet voor geconsumeerde elektriciteit een standaard emissiefactor uit het Biograce rekeninstrument worden gebruikt. Voor elektriciteitsproductie in Nederland is dit 146,7 kg CO_2-eq/GJ$_e$.

In deze studie zijn beide uitersten meegenomen om inzicht te geven in de broeikasgas voetafdruk van het initiatief.

5 Resultaten

Aardgasbesparing

Het initiatief kan leiden tot uitsparen van 2,0 – 2,3 PJ/jaar aan aardgas.

Door het leveren van surplus proceswarmte zal een rendement van bijna 100% worden gerealiseerd ten opzichte van de energie-inhoud van de aangevoerde houtsnippers (zie Tabel 7).

Tabel 7 Balans over pelletproductie qua stookwaarde van ingaande en uitgaande fysieke stromen

	Ton/jaar d.s.	Stookwaarde GJ/ton	TJ/jaar
Aanvoer houtsnippers	119.900	19,2	2.305
Productie			
• Biopellets	92.000	19,2	1.769
• Houtgruispellets	12.880	17,7	228
• Directe warmtelevering			162
	104.880		2.159

Berekening van de uitgespaarde hoeveelheid aardgas is gegeven in Tabel 8.

Tabel 8 Berekening van de jaarlijks uitgespaarde hoeveelheid aardgas

	Biomassa producten			Rendement warmteproductie ob.v. Pellets		Rendement warmteproductie o.b.v. Aardgas	Verhouding aardgas : biomassa		Aardgas-consumptie TJ./jaar)	
	Ton/ jaar a.r.	Stook waarde GJ/ton	TJ/jaar	min	max		min	max	min	max
Biopellets	100.000	17,5	1.749	91%	105%	97%	94%	108%	1.641	1.893
Houtgruispellets	14.000	16,1	226	90%		90%	100%		226	
Directe warmtelevering			162	100%		100%	100%		162	
			2.136						2.028	2.281

De benadering voor directe warmtelevering is overgenomen uit (Pfeiffer, 2020). In de praktijk zal warmtelevering aan het Cogas warmtenet in Almelo plaatsvinden. De aangehouden benadering is ruw en houdt bij gebrek aan gegevens bijvoorbeeld geen rekening met warmteverlies in transmissieleidingen en distributienet.

Broeikasgasemissies

Productie en gebruik van van Biopellets en houtgruis geeft, samen met afzet van warmte en CO_2 uit pelletproductie een netto reductie van broeikasgasemissies bedraagt (afgerond) 140 – 200 kton CO_2-eq/jaar (zie Tabel 11 en Tabel 12).

De reductie is sterk afhankelijk van:

- Het energetisch rendement van warmteproductie op basis van Biopellets;
- De voor elektriciteitsgebruik aangehouden emissiefactor.

Het initiatief kan leiden tot uitsparen van 2,0 – 2,3 PJ/jaar aan aardgas.

Door het leveren van surplus proceswarmte zal een rendement van bijna 100% worden gerealiseerd. Bij een totale productie van 100.000 ton/jr leidt dit tot een besparing van circa 2 – 2,3 PJ/jr aan aardgas, afhankelijk van het aangehouden thermische rendement van de pelletketel (91% - 105%).

Er is sprake van een negatieve broeikasgasbalans.

De reductie van broeikasgasemissie door gebruik van Biopellets en houtgruispellets in plaats van aardgas zal meer dan 100% bedragen. Dat wil zeggen dat meer CO_2-emissies wordt uitgespaard als vrijkomt bij warmteproductie op basis van de te vervangen 2,0 – 2,3 PJ/jaar aan aardgas. Er wordt daardoor netto CO2 uit de atmosfeer afgevoerd ten opzichte van de referentiesituatie. Dit komt met name door afvang en gebruik van CO_2 bij pelletproductie en levering van surplus proceswarmte aan omliggende bebouwde omgeving.

Tabel 9 Illustratie negatieve broeikasgasemissie (waarden in ton CO_2-eq/jaar)

	best case	worst case
Ketenemissies pelletproductie	6.301	26.964
Uitgespaard bij gebruik Biopellets en houtgruispellets	-169.528	-130.665
Uitgespaard door warmte-afzet en CO_2-afzet	-35.662	-37.328
	-198.889	-141.028
Broeikasgasreductie tov vermeden emissies door inzet Biopellets en houtgruispellets	117%	108%

Een gedetailleerder overzicht van de opbouw van de ketenemissies en uitgespaarde emissies is gegeven in Tabel 11 en Tabel 12.

De reductie is hoger dan bij direct gebruik van houtsnippers of bij gebruik van importpellets

De berekende broeikasgas emissiereductie is hoger dan de reductie berekend voor de in de voor NVDE onderzochte ketens. In deze studie zijn percentages van 70% - 90% zijn berekend.

De hogere reductie hangt samen met CO_2-afvang en CO_2-benutting en met levering van surplus proceswarmte van pelletproductie aan de bebouwde omgeving.

Tabel 10 Vergelijking van jaarlijkse broeikasgasemissies bij een equivalente hoeveelheid geproduceerde warmte

	Jalo Biopellets	Hout-snippers	Houtpellets VS uit reststromen	Houtpellets VS obv pulphout	Houtpellets Balticum
A - inzet, TJ/jaar		2.136	2.136	2.136	2.136
B - ketenemissie (kg CO2-eq/GJ), inclusief inzet als brandstof (zie NVDE-studie)		4,8	11,5	15,5	7,1
A x B Jaarlijkse broeikasgasemissie in de keten, ton CO_2-eq		10.215	24.530	33.092	15.074
C - CO_2 voor voedingsmiddelenindustrie		24.000	24.000	24.000	24.000
Totaal (A x B + C)	17.057	34.215	48.530	57.092	39.074

Toelichting:
Het betreft steeds de som van de energie-inhoud van houtgruispellets en Biopellets (1,98 PJ/jaar) en de geleverde hoeveelheid surplus proceswarmte (0,16 PJ/jaar). Er is aangenomen dat de houtgruispellets, Biopellets en surplus warmte één op één kunnen worden vervangen door houtsnippers en importpellets.

Tabel 11 Bepaling netto broeikasgasbalans, emissiefactor elektriciteit als in Biograce II

		A		X	B		=	C			C		X	D		=	Bijdrage
Houtsnipper productie en aanvoer	Diesel voor inzamelen	135	MJ/ton	X	218.000	ton/jaar	=	29,5	TJ/jaar		29,5	TJ/jaar	X	95	ton CO2-eq/TJ	=	2.799
	Diesel voor snipperen	38	MJ/ton		218.000	ton/jaar		8,2	TJ/jaar		8,2	TJ/jaar		95	ton CO2-eq/TJ		781
	Wegtransport houtsnippers	70	km		218.000	ton/jaar		15.260.000	ton.km		15.260.000	ton.km		8E-05	ton CO2-eq/ton.km		1.216
																	4.796
	NH3	0,94	kg/ton		26.000	ton/jaar		24,4	ton/jaar		24,4	ton/jaar		2,55	ton CO2-eq/ton		62
	NaOH	0,20	kg/ton		26.000	ton/jaar		5,3	ton/jaar		5,3	ton/jaar		0,76	ton CO2-eq/ton		4
	CH4 & N2O procesemissies										0,41	kg CO2-eq/GJ		244	TJ/jaar		101
																	167
Pelletproductie	Elektriciteit	720	MJ/ton	X	192.000	ton/jaar		138,2	TJ/jaar		138,2	TJ/jaar		147	ton CO2-eq/TJ		20.278
Toevoer en inzet houtgruis	Wegtransport houtgruispellets	70	km	X	14.000	ton/jaar	=	980.000	ton.km		980.000	ton.km/jaar	X	8E-05	ton CO2-eq/ton.km	=	78
	Elektriciteit	188	MJ/ton		14.000	ton/jaar		2,6	TJ/jaar		3	TJ/jaar		147	ton CO2-eq/TJ		385
	NH3	0,94	kg/ton		14.000	ton/jaar		13,1	ton/jaar		13	ton/jaar		2,55	ton CO2-eq/ton		34
	NaOH	0,20	kg/ton		14.000	ton/jaar		2,8	ton/jaar		3	ton/jaar		0,76	ton CO2-eq/ton		2,2
	CH4 & N2O procesemissies										0,41	kg CO2-eq/GJ		226	TJ/jaar		93
																	592
Toevoer + inzet biopellets	Wegtransport Biopellets	70	km	X	100.000	ton/jaar	=	7.000.000	ton.km		7.000.000	ton.km	X	8E-05	ton CO2-eq/ton.km	=	558
	CH4 & N2O procesemissies										0,25	kg CO2-eq/GJ		1.749	TJ/jaar		439
																	997
CO2-toevoer	Wegtransport CO2	70	km	X	24.000	ton/jaar		1.680.000	TJ/jaar		1.680.000	TJ/jaar		8E-05	ton CO2-eq/ton.km		134
Totaal houtpellets keten																	26.964
Uitgespaard	Aardgassubstitutie met houtgruis										226	TJ/jaar	X			=	
	- minimaal							100%	substitutie					70	ton CO2-eq/TJ		-15.795
	- maximaal							100%	substitutie					80	ton CO2-eq/TJ		-18.051
	Aardgassubstitutie door warmteafzet										162	TJ/jaar					
	- minimaal							103%	substitutie					70	ton CO2-eq/TJ		-11.662
	- maximaal							103%	substitutie					80	ton CO2-eq/TJ		-13.328
	Aardgassubstitutie met biopellets										1.749	TJ/jaar					
	- minimaal							94%	substitutie					70	ton CO2-eq/TJ		-114.870
	- maximaal							108%	substitutie					80	ton CO2-eq/TJ		-151.477
	Fossiele CO2 vervangen																-24.000
	Sommatie																
	- minimaal																-166.327
	- maximaal																-206.856

Tabel 12 Bepaling netto broeikasgasbalans, emissiefactor elektriciteit op nul gesteld

		A		X	B		=	C			C		X	D		=	Bijdrage
Houtsnipper productie en aanvoer	Diesel voor inzamelen	135	MJ/ton	X	218.000	ton/jaar	=	29,5	TJ/jaar		29,5	TJ/jaar	X	95	ton CO2-eq/TJ	=	2.799
	Diesel voor snipperen	38	MJ/ton		218.000	ton/jaar		8,2	TJ/jaar		8,2	TJ/jaar		95	ton CO2-eq/TJ		781
	Wegtransport houtsnippers	70	km		218.000	ton/jaar		15.260.000	ton.km		15.260.000	ton.km		8E-05	ton CO2-eq/ton.km		1.216
																	4.796
	NH3	0,94	kg/ton		26.000	ton/jaar		24,4	ton/jaar		24,4	ton/jaar		2,55	ton CO2-eq/ton		62
	NaOH	0,20	kg/ton		26.000	ton/jaar		5,3	ton/jaar		5,3	ton/jaar		0,76	ton CO2-eq/ton		4
	CH4 & N2O procesemissies										0,41	kg CO2-eq/GJ		244	TJ/jaar		101
																	167
Pelletproductie	Elektriciteit	720	MJ/ton	X	192.000	ton/jaar		138,2	TJ/jaar		138,2	TJ/jaar		0	ton CO2-eq/TJ		0
Toevoer en inzet houtgruis	Wegtransport houtgruispellets	70	km	X	14.000	ton/jaar	=	980.000	ton.km		980.000	ton.km/jaar	X	8E-05	ton CO2-eq/ton.km	=	78
	Elektriciteit	188	MJ/ton		14.000	ton/jaar		2,6	TJ/jaar		3	TJ/jaar		0	ton CO2-eq/TJ		0
	NH3	0,94	kg/ton		14.000	ton/jaar		13,1	ton/jaar		13	ton/jaar		2,55	ton CO2-eq/ton		34
	NaOH	0,20	kg/ton		14.000	ton/jaar		2,8	ton/jaar		3	ton/jaar		0,76	ton CO2-eq/ton		2,2
	CH4 & N2O procesemissies										0,41	kg CO2-eq/GJ		226	TJ/jaar		93
																	207
Toevoer + inzet biopellets	Wegtransport Biopellets	70	km	X	100.000	ton/jaar	=	7.000.000	ton.km		7.000.000	ton.km	X	8E-05	ton CO2-eq/ton.km	=	558
	CH4 & N2O procesemissies										0,25	kg CO2-eq/GJ		1.749	TJ/jaar		439
																	997
CO2-toevoer	Wegtransport CO2	70	km	X	24.000	ton/jaar		1.680.000	TJ/jaar		1.680.000	TJ/jaar		8E-05	ton CO2-eq/ton.km		134
																	6.301
Uitgespaard	Aardgassubstitutie met houtgruis										226	TJ/jaar	X			=	
	- minimaal							100%	substitutie					70	ton CO2-eq/TJ		-15.795
	- maximaal							100%	substitutie					80	ton CO2-eq/TJ		-18.051
	Aardgassubstitutie door warmteafzet										162	TJ/jaar					
	- minimaal							103%	substitutie					70	ton CO2-eq/TJ		-11.662
	- maximaal							103%	substitutie					80	ton CO2-eq/TJ		-13.328
	Aardgassubstitutie met biopellets										1.749	TJ/jaar					
	- minimaal							94%	substitutie					70	ton CO2-eq/TJ		-114.870
	- maximaal							108%	substitutie					80	ton CO2-eq/TJ		-151.477
	Fossiele CO2 vervangen																-24.000
	Sommatie																
	- minimaal																-166.327
	- maximaal																-206.856

Emissies van verzurende stoffen en van fijn stof bij gebruik van Biopellets bij particulieren

Bij gebruik van Biopellets en houtgruispellets wordt 1,5 – 6,5 keer meer NO_x geproduceerd als bij warmteproductie op basis van aardgas (zie Tabel 13). De verhouding is met name afhankelijk van de emissie van de pelletketel (50 – 80 g NO_x/GJ brandstof), maar ook van de aangehouden NO_x-emissie van de referentie aardgasketel (10 – 20 g NO_x/GJ brandstof).
Ook worden jaarlijks (afgerond) 15 – 105 ton fijn stof (PM_{10}) en 20 – 35 ton SO_2 geëmitteerd die bij warmteproductie op basis van aardgas niet zouden zijn geëmitteerd.
De emissies per eenheid geproduceerde warmte zijn door de beperkte of ontbrekende rookgasreiniging significant hoger dan in de in de eerder voor NVDE beschouwde ketens.

De toename in NO_x-emissies en de geëmitteerde hoeveelheden PM_{10} en SO_2 hangen sterk af van het type pelletkachel. In het totaal concept dat Jalo Biopellets BVG wil implementeren – Biopellets levering gecombineerd met aanbieden van een moderne emissiearme ketel – zijn de ondergrenzen van de genoemde bereiken representatief.

Tabel 13 Emissiecijfers voor Biopellet productie en voor warmteproductie op basis van biopellets of aardgas

	Initiatief Biopellets		Warmte uit aardgas, hoger rendement biopelletketel		Warmte uit aardgas, lager rendement biopelletketel	
	min	max	min	max	min	max
CO_2	6.286	26.948	183.081	205.807	165.396	185.595
NO_x	104	157	23	45	21	40
NH_3	0,2	0,2				
PM_{10}	18	105				
SO_2	18	36				

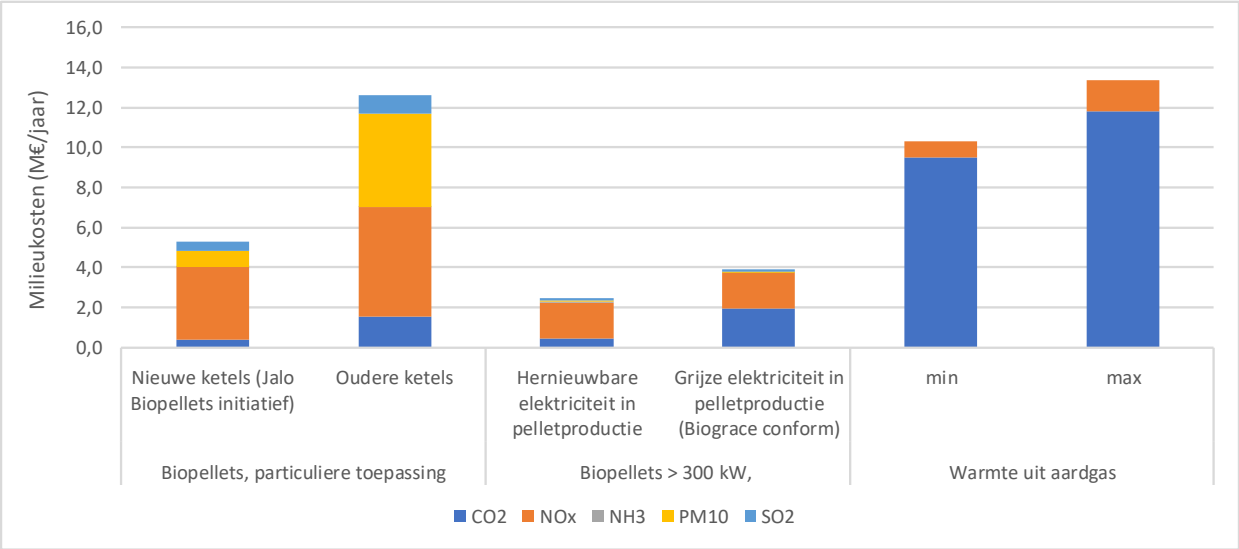
Inzet van Biopellets bij particulieren in emissie-arme ketels geeft netto voordeel, inzet in ketels met hogere emissies aan PM_{10} en NO_x niet.

Uitgedrukt in milieuprijzen is warmteproductie bij particulieren op basis van Biopellets aantrekkelijker dan warmteproductie op basis van aardgas, mits de Biopellets worden ingezet in een moderne, efficiënte pelletketel met (relatief) beperkte emissies van NO_x en PM_{10} per eenheid warmte (zie Figuur 1).

De uitgespaarde CO_2-emissies wegen in dat geval ruimschoots op tegen de toename in NOx-emissies en het optreden van emissies van PM_{10} en SO_2.

Bij pelletketels met hogere emissies van NO_x en PM_{10} zijn de milieukosten voor warmteproductie op basis van pellets vergelijkbaar met of iets hoger dan de milieukosten gerelateerd aan warmteproductie op basis van aardgas.

Figuur 3 Milieukosten voor Biopellets initiatief vergeleken met milieukosten voor warmteproductie op basis van aardgas



Toelichting:

- Betreft steeds inzet van 2 PJ/jaar aan houtgruispellets en Biopellets en levering van surplus proceswarmte (160 TJ/jaar). Er wordt afhankelijk van het ketelrendement bij gebruik van Biopellets 2,0 – 2,3 PJ/jaar aan aardgas uitgespaard.
- Min voor aardgas = Noors aardgas en een ketel met NO_x-emissiefactor van 10 g/GJ. Uitgespaarde hoeveelheid aardgas is 2,0 PJ/jaar.
- max voor aardgas = LNG en een ketel met NO_x-emissiefactor van 20 g/GJ. Uitgespaarde hoeveelheid aardgas is 2,3 PJ/jaar.
- Bij biopellets in grotere ketels is gerekend met verschillende emissiefactoren voor de bij pelletproductie gebruikte elektriciteit, varierend van 0 voor elektriciteit uit hernieuwbare bronnen tot – conform Biograce rekentool - 147 kg/GJ_e voor grijze stroom. In de NVDE-studie is conformm SDE+ regeling een emissiefactor van 51 kg CO_2-eq/GJ_e aangehouden.

Grotere ketels met adequate rookgasreiniging bieden grotere voordelen

Technisch gesproken zijn bij grotere vermogens (>300 kW_{th}) voor utiliteitsgebouwen dezelfde emissiereductie processen (SCR DeNOx, doekenfilter, gecombineerde condensor en wasser) beschikbaar als voor de schaalgrootte beschouwd in genoemde studie voor NVDE (10 – 20 MW_{th}). In principe kunnen bij een voldoende uitvoerige rookgasreiniging ook vergelijkbare restemissies worden gehaald.

De totale aan milieubelasting gerelateerde kosten kunnen bij volledige inzet van Biopellets in dit soort installaties worden beperkt tot 20% - 40% van de milieukosten bij warmteproductie op basis van aardgas. De aangehouden emissiefactor voor elektriciteit is daarbij van grote invloed op de milieukosten.

Literatuur

Measures to address air pollution from small combustion sources (blz 18)
February 2, 2018
M. Amann (ed.)
International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)

G. Visser, M. Visser,
Rapportage emissiemetingen BEC Meerhoven
HoSt B.V.
03-11-2016

Next generation bio fueled energy plants for the industry
B. Van de Drinck
Presentatie op Stoomtechniekdag 2019, 8 May 2019

Presentatie van Nick ten Asbroek
Frames Renewable Energy Solutions

Slashing emissions from residual wood heating
Brochure van Bioenergy Europe

Kennisdocument Houtstook in Nederland
J. Koppejan, F. de Bree
Enschede
September 2018

Edward Pfeiffer
Jalo Biopellets, duurzaamheid en milieuaspecten van de productielocatie Almelo en de biopellets
Royal HaskoningDHV, Nijmegen, 2020

Titel Duurzaamheidsanalyse pellet keten
K. Meesters, J. Koppejan en W. Elbersen
WUR, Agrotechnology and Food Sciences Group
Wageningen, December 2008

VERORDENING (EU) 2015/1185 VAN DE COMMISSIE van 24 april 2015 tot uitvoering van Richtlijn 2009/125/EG van het Europees Parlement en de Raad wat eisen inzake ecologisch ontwerp betreft voor toestellen voor lokale ruimteverwarming die vaste brandstoffen gebruiken.

S. Peeters
Factsheet - Toepassing rookgascondensor bij een houtketel-installatie – Kas als Energiebron
EnergyMatters
https://www.kasalsenergiebron.nl/content/docs/Bio-energie/Toepassing_rookgascondensor_houtketel.pdf

E. Schenk, J. Mieog, D. Evers
Handreiking luchtemissiebeperkende technieken
DHV B.V., Ruimte en Mobiliteit, 3818 EX Amersfoort, 15 april 2009

I. Summerfield, et al
A Methodology for Evaluating the In-Situ Performance of Solid Fuel Biomass Boilers
KIWA, Cheltenham, July 2015
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/458581/Evaluation_of_the_In-Situ_Performance_of_Biomass_Boilers_Final_Report_after_final_boiler_anonymisation.pdf

Bezochte websites

- https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/isde/particulieren/overgangsregeling/biomassaketels-en-pelletkachels/emissie-en-installatie
- https://ekwadraat.com/nieuws/innovatieve-biopelletproductie-bespaart-37-miljoen-m3-aardgas/
- https://www.pzc.nl/schouwen-duiveland/stoere-sirse-tuinders-openen-biomassacentrale-met-co2-afvang~ab22a6fa/?referrer=https://www.google.com/
- http://www.des-bv.nl/home/nieuws/bericht2/
- http://biomassmagazine.com/articles/6301/technology-uses-biomass-emissions-as-greenhouse-plant-fertilizer
- https://www.jewagas.com/nl/blog/koolzuur-of-co2-een-veelzijdig-en-nuttig-gas
- https://airqualitynews.com/2017/07/18/stove-manufacturers-working-tackle-emissions/
- https://www.bioenergie-promotion.fr/64647/premiere-mondiale-de-captation-de-co2-sur-chaudiere-bois-pour-culture-sous-serre/
- http://www.frames-group.com/News-Events/First-commercial-CO2-capture-installation
- https://www.installatie.nl/nieuws/strengere-eisen-aan-kachels/
-