

Westerduinweg 3
1755 LE Petten
Postbus 15
1755 ZG Petten

www.tno.nl

T +31 88 866 50 65

TNO-rapport

Biomassa gegevens voor energietransitiemodel (ETM) van Quintel Onvolledige draftversie

Datum 27 februari 2020
Auteur(s) Pieter Kroon
Exemplaarnummer
Oplage
Aantal pagina's 40 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen
Opdrachtgever
Projectnaam
Projectnummer

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2020 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Kostengegevens installaties	4
2.1	Kosten van mestvergisters	4
2.2	Kosten van een Superkritische watervergasser	8
2.3	Droge vergassing	15
3	Prijzen	17
4	Biomassa potentiëlen in Nederland	19
5	Referenties	22
6	Ondertekening	26
	Bijlage(n)	
	A Biomassa potentieel Nederland	

1 Inleiding

Dit rapport bevat de achtergronden van cijfers die vanuit de researchgroep Biomassa en Energie Efficiency (BEE) van TNO Energie Transitie aan Quintel zijn geleverd ten behoeve van hun energietransitiemodel (ETM). De gegevens zijn bedoeld voor een uitbreiding en verbetering van het ETM.

Het rapport is nu nog onvolledig. In het tweede kwartaal van 2020 zal een meer volledige versie beschikbaar komen.

Randvoorwaarden en beperking

Binnen de beschikbare tijd en het aanwezige budget is zo goed mogelijk getracht de voor het model benodigde gegevens te verzamelen. Het doel is hierbij geweest om zo compleet mogelijk te zijn, zodat alle gewenste factoren zo kwantitatief mogelijk meegenomen kunnen worden. Dit heeft tot gevolg gehad, dat er vaak voor gekozen is om gevonden gegevens (al dan niet in bewerkte vorm) te gebruiken en niet verder te zoeken of er andere bronnen zijn die wellicht tot een beter onderbouwde keuze zouden leiden. Hierbij is wel gelet op consistentie met andere gevonden gegevens en of de gevonden waarden in de range liggen van wat verwacht mag worden.

Van belang is om hierbij aan te geven dat het veld van biomassa-energie in beweging is. Nieuwe technieken worden verder ontwikkeld of opgeschaald en nieuwe inventarisaties van (potentiele) biomassa stromen worden gepubliceerd. Dit levert door het verschil in gehanteerde uitgangspunten en randvoorwaarden echter niet altijd een meer consistent beeld op. Daarnaast is er de wereldmarkt, en het overheidsbeleid in ander EU landen, die de import van biomassastromen beïnvloed. Tevens moet er rekening mee worden gehouden dat biomassaprijzen niet bepaald worden door productiekosten maar door marktprijzen. Ofwel, onzekerheden zijn een inherent onderdeel van biomassa gegevens.

Inhoud

In hoofdstuk 2 is onderzoek gedaan naar een aantal biomassaconversie technieken en zijn daaruit gegevens voor ETS afgeleid.

2 Kostengegevens installaties

2.1 Kosten van mestvergisters

2.1.1 Voorbeeld co-vergister

Voor de keuzes ten behoeve van het ETM is naar diverse literatuurbronnen gekeken. Een paar hiervan worden hier toegelicht, daarna volgt de keuze voor het ETM.

In een publicatie uit 2018 (RVO, 2018) staat een voorbeeld van de kosten van een mestvergister die groen gas maakt, zie Tabel 1. Het gaat hierbij om een mestcovergister met membraamtechnologie voor het opwerken van biogas naar groen gas en directe invoeding op het 8 bar gasnetwerk. Vanuit dit voorbeeld wordt 505 m³ (n)/uur biogas opgewaardeerd naar 315 m³ (n)/uur groen gas¹. Met 8.000 vollasturen per jaar komt dat neer op een jaarproductie van 2.520.000 m³ groen gas. Een indicatie van de totale investering ligt dan rond de €3.700.000² en is voor zowel de vergister als de gasopwaardering. De OPEX³ kosten liggen rond de €1.200.000/j voor onder andere onderhoud, 5% eigen verbruik ruw biogas voor warmte en voor de kosten van vergistingsproducten (aankoop, verwerking en opslag).

Tabel 1 Kosten voor mestcovergister inclusief kosten co-vergistingsproduct (RVO, 2018)

Omschrijving	Eenheid	Natte vergisting
Efficiëntie: hoeveel groengas wordt er geproduceerd?	%	40%??
Energie-input: hoeveel gas / elektriciteit is er nodig?	%	
Gemiddelde capaciteit per plant	MWth _{output}	2,8
Investeringskosten per plant	EUR	3 700 000
Vaste jaarlijkse kosten per plant (onderhoud, aankoop co-product, 5% eigen verbruik)	EUR/jaar	1 200 000
Vollasturen	uur	8000

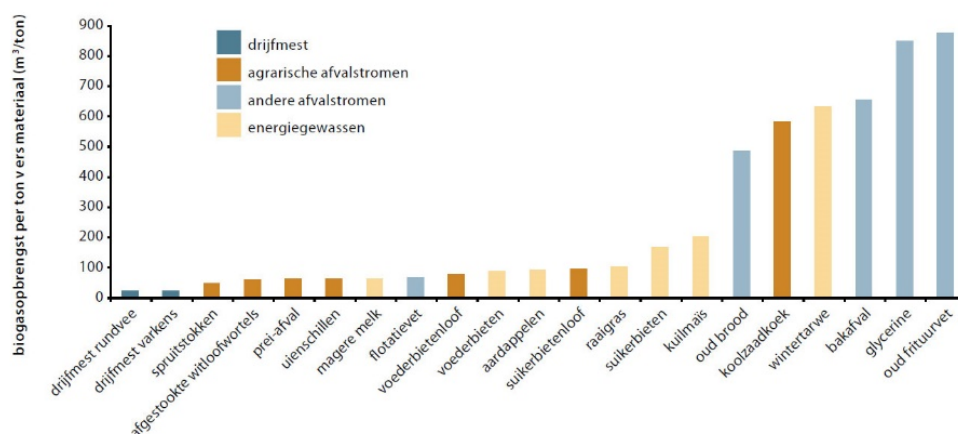
2.1.2 Gasopbrengst

De biogasproductie blijkt sterk afhankelijk te zijn van de soort mest. Bij melkkoeien kan die volgens (oudere) informatie van VITO op 0,2 m³ biogas/kg organische stof liggen, bij varkens op 0,3 tot 0,5 en bij leghennen op 0,7 (Derden, 2012; pag 109). Een rapport uit 2018 noemt dat bij vergisten 66-60% van de organische stoffen wordt omgezet (De Gemeynt, 2018). Op de internetsite van Fibronet (Fibronet, 2019) staat voor vergisten de gasopbrengst per ton vers materiaal, zie Figuur 1. De uitkomsten worden sterk beïnvloed door het vochtgehalte.

¹ Omrekening 315 m³/h*31,65 MJ/m³ (stookwaarde Groningen kwaliteit) = 10 GJ/h = 2,8 MW output.

² Bij de kosten staat vermeld: "Indicatie bedragen, op basis van eindadvies basisbedragen SDE+, 2017". Dit is een ECN/DHV.GL rapport (Lensink, 2016).

³ Operating Expenditures. De OPEX bestaat uit de variabele kosten per eenheid product en de jaarlijkse kosten die los staan van het productievolume. Kapitaallasten behoren niet tot de OPEX.



Figuur 1 Gasopbrengst hangt erg van de input af (Fibronet, 2019).

Helaas zijn eenduidige cijfers niet gevonden. Als gekeken wordt naar de bovenste verbrandingswaarde dan wordt van natte koemest 20-30% omgezet in biogas, bij natte varkensmest 40% en bij meer droge producten 50-60%. Wordt de stookwaarde⁴ gebruikt dan ligt deze bij drijfmest soms onder nul doordat het meer energiekost om het water/vocht te verdampen dan dat de verbranding oplevert.

Uit informatie van Groen Gas Nederland blijkt dat het vergisten van verse mest meer biogas oplevert dan van oudere mest (Groen Gas Nederland, 2014). Direct vergisten geeft veruit de hoogste opbrengst. Hoewel er uit de grafiek in het betreffende rapport ook grotere verschillen zijn af te lezen moet er toch vanuit gegaan dat bij het “wekelijks” afvoeren naar een centrale mestvergister de gasopbrengst toch 20% lager is.

2.1.3 SDE++-informatie

Een andere bron voor kostencijfers is het concept advies voor de SDE++ in 2020 (Daey Ouwens, 2019). Hierbij worden 4 verschillende technieken onderscheiden, zie ook Tabel 2:

- Grootschalige vergisting;
- Vergisting van uitsluitend dierlijke mest $\leq 400 \text{ kW}_{\text{th}}$ biogas input;
- Vergisting van uitsluitend dierlijke mest $> 400 \text{ kW}_{\text{th}}$ biogas input;
- Slibgisting bij waterzuiveringsinstallaties.

De grootschalige vergisting is gebaseerd op de “inkoop” van resten uit de voedselindustrie. Als prijs is hierbij gekeken naar snijmais (ook diervoeder, net als sommige resten uit de voedselindustrie) met 27,8 €/ton en een biogasopbrengst van 3,4 GJ/ton. Ongeveer 5% van het gas wordt gebruikt voor verwarming van de vergister. Elektriciteit wordt ingekocht, maar dat is niet zo veel. Ongeveer 34% van

⁴ Bij de onderste verbrandingswaarde (LHV) of stookwaarde, wordt er vanuit gegaan dat gevormd en verdampt water niet condenseert. Bij natte biomassastromen kan het verdampen van al het vocht zoveel verbrandingsenergie vragen dat er nauwelijks wat overblijft, of dat er per saldo zelfs energie bij moet.

de investering gaat zitten in het opwaarderen met membranen van het biogas naar groengas met aardgasnet kwaliteit.

Er wordt **geen** nieuwe SDE subsidie meer geven aan projecten op het gebied van co-vergisting. Hiervoor zijn zowel argumenten op het gebied van kosten als op het gebied van maatschappelijk draagvlak⁵. Vandaar dat er alleen kosten zijn gegeven voor een kleine en een grote mono-mestvergister. Als invoer is een mestmengsel verondersteld van varkensmest en rundveemest met een mix van drijfmest en dikke fractie in een verhouding van 80/20 (Daey Ouwens, 2019, pag. 18). Hiermee komt de gemiddelde biogasopbrengst van de invoer op ongeveer 0,63 GJ gas/ton mest te liggen. Gezien het hoge watergehalte is veel energie nodig om de vergister te verwarmen (ongeveer 30% van de gasopbrengst). Uit kostenoverwegingen gebeurt dit met een houtketel of een warmtepomp (kosten gemiddeld 7,5 €/GJ warmte). Deze verwarmingskosten zijn verwerkt in de investeringskosten en de jaarlijkse kosten. Omdat de inputcapaciteit al gebaseerd is op de potentiële gasproductie is het "rendement" 99%.

Tabel 2 Kosten voor vergisters naar groen gas in concept SDE++ 2020 (Daey Ouwens, 2019)

omschrijving	Eenheid	Grote ver- gister	Mest(mono) vergister ≤400 kW	Mest(mono) vergister >400 kW	Verbeterde slibver- gisting
Efficiëntie: hoeveel groengas wordt er geproduceerd? (HHV)	%	50%	40% ⁶	35%	?
Energie-input: hoeveel gas / elektriciteit is er nodig?	%	5% van biogas	(30%) zit in kosten	(30%) zit in kosten	39%
Gemiddelde cap. plant	MWth input**	5,5	0,35	5,50	1,90
Idem (LHV basis)	MW output	5,2	0,34	5,45	1,16
Investeringskosten per plant	mIn €	5,5	1,2	12,8 ⁷	10,6
Vaste jaarlijkse kosten per plant	mIn €/j	0,66	0,11	1,71	-0,77
Inkoop grondstof	mIn €/j	1,30	0	0	
Vollasturen	uur	8000	8000	8000	800
Mogelijk Basisbedrag SDE++	€/kWh	0,062	0,088	0,071	0,047

** Dit is op basis van de biogasproductie per ton biomassa (zonder eigenverbruik)

De installatie < 400 kW is gebaseerd op boerderijschaal. Onderaan in Tabel 2 is aangegeven wat het mogelijke basisbedrag is dat in het concept advies berekend

⁵ Er zijn hiervoor diverse argumenten: Allereerst lopen de kosten voor co-vergistingsmateriaal op. Daarnaast gaan producenten van dit materiaal vaker zelf vergisten. Ook zorgt de aanvoer van co-vergistingsmateriaal voor een groter mestoverschot. Bovendien blijkt regelmatig dat er afvalmateriaal vergist wordt, dat niet in de vergister hoort. Gaat de boer het zelf materiaal kweken dan zijn er wel vraagtekens of je mais of gras moet kweken voor de vergister (levert weer mestoverschot op) en wellicht veevoer aan het aanvoeren bent.

⁶ Verhoogt omdat verwacht mag worden dat de mest op het bedrijf zelf sneller in de vergister arriveert.

⁷ Doordat er bij een mestvergister veel meer vocht door de installatie gaat is deze per m³ gasproductie duurder. Het aandeel gasreiniging in de investeringskosten is hierdoor maar 17,7%.

wordt. De kleine installatie lijkt veel duurder. In beide gevallen wordt de mest als gratis gezien (0,63 GJ gas/ton mest). Wordt aan de aanvoer en afvoer van mest bij de grote installatie een zeer laag prijskaartje van 3 euro/ton gehangen, dan zijn de kosten echter al gelijk. De aannames rond rendementen wordt verderop toegelicht.

De slibvergisting heeft negatieve jaarlijkse kosten. Voor de afvoer van slib moet betaald worden, en alles wat door vergisting niet afgevoerd hoeft te worden bespaard op de kosten. Gerekend wordt op een besparing van 64 €/ton slib.

2.1.4 Overige opmerkingen

In tegenstelling met vergassing, is er geen synthesegas dat in methaan moet worden omgezet. Het biogas bevat water en CO₂ dat moeten worden verwijderd. Het gaat dus om een scheidingsproces, dat bijvoorbeeld met membranen kan worden uitgevoerd en niet met een chemisch omzettingsproces en een serie reactoren. Omdat (mono)mestvergistingsinstallaties niet zo groot zijn, kan het gas meestal op een vrij lage druk het lokale gasnet in worden gepompt. Dit betekent minder energieverlies door een zware compressor stap.

2.1.5 Input voor ETM

In het voorgaande van deze paragraaf zijn een tweetal literatuurbronnen beschreven. Voor het ETM is gevraagd om het als een vergistingsoptie naar groen gas te definiëren. Een inschatting hiervan is opgenomen in Tabel 3. Deze is ongeveer opgebouwd uit 80% grote mestvergister van 5,5 MWth en 20% mest(mono)vergister <400 kW (Daey Ouwens, 2019). Omdat het eigen gas betreft is de 8% eigen gasverbruik, reeds verwerkt in een lager rendement. De elektriciteit moet nog toegevoerd worden.

Tabel 3 Gegevens voor mestvergister naar groen gas.

Onderwerp	eenheid	omvang
Efficiëntie: hoeveel groengas wordt er geproduceerd per MJ natte biomassa/droge biomassa/biogas input?	%	48%
Energie-input: hoeveel elektriciteit is er nodig?	%	5%
Energie-input: hoeveel gas is er nodig?		8%
Gemiddelde capaciteit per plant	MW	4,5 MW output
Investeringskosten per plant	EUR	4,7 mln
Vaste jaarlijkse kosten per plant	EUR/jaar	0,23 mln/jaar
Vollasturen	uur	8000

In een later stadium is gevraagd deze te splitsen in een vergistingsdeel en een groen gas deel. Toen is ook nog eens kritisch naar het energieverbruik gekeken. Voor de opwerking is gekozen voor een elektrische opwerkingstechniek, bijvoorbeeld via cryogene techniek, waarbij eventuele restanten verbrand worden voor warmte voor de vergister (RVO, 2009). Als er veel restwarmte van hogere temperatuur beschikbaar is, zijn er ook technieken die het gas met warmte opwerken het elektriciteitsverbruik wordt dan lager. De opgesplitste en enigszins bijgestelde cijfers staan in Tabel 4. Het elektriciteitsverbruik (en het warmtegebruik) wordt

normaal uitgedrukt als deel van de output. Is de output bijvoorbeeld 150 TJ biogas dan is er voor vergisting (bij 1,2%) 1,8 TJ elektriciteit nodig en (bij 8%) 13 TJ gas.

Tabel 4 Gegevens voor ETM van mestvergister en voor biogas naar groen gas.

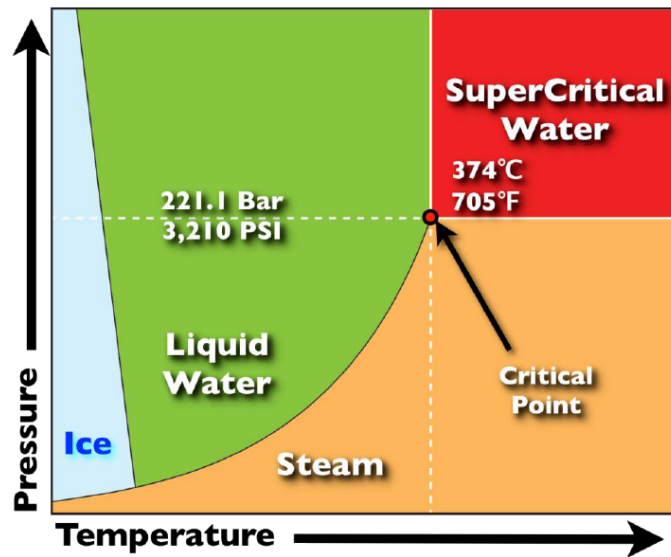
Onderwerp	eenheid	Vergistings- deel	groen gas deel
Efficiëntie: hoeveel groengas wordt er geproduceerd per MJ natte biomassa/droge biomassa/biogas input?	%	54%	100%
Energie-input: hoeveel elektriciteit is er nodig?	In % van de output	1,20%	4,2%
Energie-input: hoeveel gas is er nodig?	In % van de output	8,0%	
Gemiddelde capaciteit per plant	MW	4,5 MW output	4,5 MW output
Investeringskosten per plant	EUR	3,2 mln	1,5 mln
Vaste jaarlijkse kosten per plant	EUR/jaar	0,08 mln	0,15 mln
Vollasturen	uur	8000	8000

2.2 Kosten van een Superkritische watervergasser

2.2.1 Principe superkritische watervergasser (SCW)

Omdat Superkritische watervergassing (Super Critical Water gasification, SCW) een nieuwe techniek betreft, is hier extra toelichting opgenomen over de achtergrond. Bij SCW wordt natte biomassa⁸ onder hoger druk en temperatuur (minimaal 375 °C en 221 bar) omgezet in groen gas, zie ook Figuur 2.

⁸ Dit kunnen natte organische reststoffen, zoals afgekeurde eieren, slachtafval, gft, rioolafval of zelfs een olieproduct als plastic zijn. Het proces kan slurry verwerken met een droge stofgehalte tot +30% (Theelen, 2016).



Figuur 2 Super Kritisch Water (Theelen, 2016)

Het gaat op een thermo-chemische omzetting die juist gebruik maakt van de watercomponent in de natte afvalstromen. Door het water, met daarin de biomassa, onder hoge druk en temperatuur te brengen, ontstaat de zogenaamde superkritische fase. Alle organische moleculen in de biomassa vallen dan uiteen en bereiken een nieuw evenwicht in de vorm van biogas (methaan, waterstof, CO₂ en CO) (Gasunie, 2019). Gelijktijdig kristalliseren anorganische stoffen uit, zodat deze kunnen worden teruggewonnen. In Nederland is het bedrijf SCW Systems actief op dit terrein (SCW, 2019). Zie ook Figuur 3.

Superkritisch Water Vergassen



Figuur 3 Superkritisch water vergassen (<http://www.scwsystems.com/Technologie.html>)

2.2.2 SCW Installaties

In Alkmaar is in 2019 een SCW installatie gereed gekomen. Volgens een bericht in de NRC (Bakkum, 2019) wordt verwacht dat in de zomer van 2019 het eerste groene gas aan het Nederlandse netwerk geleverd kan worden. Naast de installatie van SCW Systems in Alkmaar, waarvoor het NRC een bedrag van 20 mln euro

noemt (waarvan Gasunie 10 mln betaald en ook het pensioenfonds PFZW een deel) zijn er plannen voor twee grote installaties in Rotterdam en Groningen (van 150-200 MW). De investeringen hiervoor worden geschat op 500 mln euro. Met wellicht nog een volgende eenheid zou er volgens SCW systems rond 2025 circa 650 MW_{output} moeten staan genoeg voor een jaarlijkse productie van 20 PJ SNG. Dit is in lijn met een recente scenariostudie, die tot een potentieel voor SCW komt van 74,2 PJ in 2030 (De Gemeynt, 2018, pag 19). Het is dan natuurlijk wel van belang dat de proefinstallaties in Alkmaar succesvol blijkt te werken.

Volgens de Gasunie heeft de installatie in Alkmaar 10 units die elk 1 m³/uur biomassa met 30% droge stof kunnen verwerken. Wordt verondersteld dat dit asvrij is, dan komt dit uit op circa 17,6 MW input op HHV basis⁹. De opbrengt is 13,5 mln m³ methaan per jaar, wat overeenkomt met circa 17 MW (HHV) basis. Wordt dezelfde berekening gedaan op LHV basis dan gaat er 11,9 MW in en komt er 15,3 MW uit. Door de vergassing en het verwijderen van water, gaat de stookwaarde (onderste verbrandingswaarde) van de biomassa omhoog.

Doordat het vergassen op hoge druk gebeurt, komt ook het gemaakte synthetische (groen) aardgas op hoge druk beschikbaar.

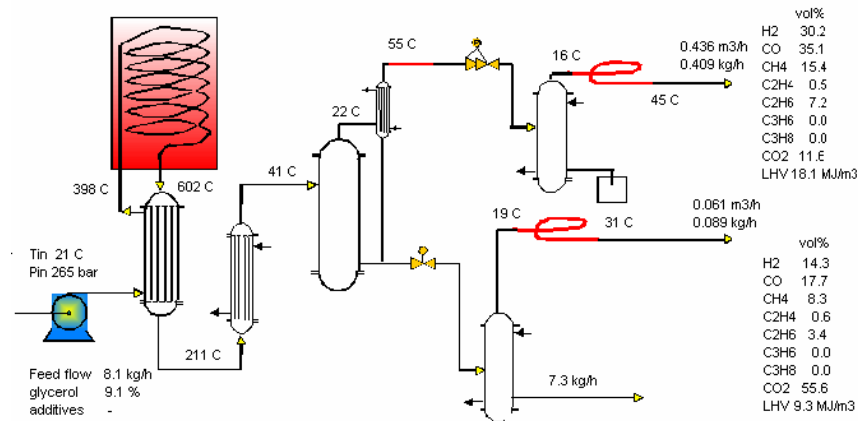
2.2.3 *Andere onderzoeken naar SCW*

Op de universiteit in Twente is onderzoek gedaan naar deze technologie in een kleine reactor. De reactor is ontworpen voor temperatuur tot 650 °C en drukken tot 300 bar met een maximum doorzet van 30 kg/h natte grondstof. De gegevens van een typisch experiment staan in Figuur 4. Op het gebied van energieverbruik laat dit schema zien dat er een pomp nodig is en een oven. Ook is er een hete processtroom die wordt afgekoeld. Om het eindproduct aan het gasnet te mogen leveren moet nog een de methanisering worden toegevoegd en moet CO₂ worden verwijderd¹⁰.

⁹ Wordt uitgegaan van een bovenste verbrandingswaarde (HHV) van 10,84 MJ/kg voor droog groente- fruit- en tuinafval (GFT) met 48,8% inert materiaal (<https://phyllis.nl/Biomass/View/1716>) dan laat dit zich omrekenen tot 3,25 MJ/kg met 70% vocht (LHV ca. 1,4 MJ/kg). Bij een veronderstelde soortelijke massa van 1 kg/l komt dit uit op 9 MW input.

Wordt uitgegaan van asvrij materiaal met 70% vocht (HHV 6,35 MJ/kg, LHV ca. 4,3 MJ/kg) dan komt de input uit 17,6 MW (HHV basis) en 12 MW LHV basis (berekeningen TNO). De bovenste verbrandingswaarde (HHV) gaat er vanuit dat al het gevormde en verdampte water weer condenseert; de onderste verbrandingswaarde (LHV) of stookwaarde verondersteld dat de waterdamp in gasvorm blijft.

¹⁰ De CO₂ verwijdering levert een redelijk zuivere CO₂ stromen op die zich leent voor andere toepassingen en ondergrondse CO₂ opslag.



Figuur 4 Waarden van een typisch experiment in Twente (Potic, 2006)

Overigens kunnen de verhoudingen tussen H₂, CO₂ en CH₄ versus CO worden beïnvloed door bijvoorbeeld een weinig Na₂CO₃ aan de voeding toe te voegen. Dan wordt in een experiment in Twente veel minder CO gevormd (Potic, 2006). Het promotierapport geeft niet aan hoe de installatie werkt op echte biomassa stromen met bijvoorbeeld zwavel en chloor. Wel wordt opgemerkt dat de aanwezigheid van zwavel en zuurstof bij de hoge reactietemperaturen tot corrosieproblemen kunnen leiden (pag 135)¹¹.

Problemen met verstopping en het gebruik van katalysatoren worden ook genoemd in (Reddy, 2014). Voor het verwerken van houtachtige biomassa laten deze een schema met eerst een hydrolyse stap zien. Uit hun publicatie nog het volgende fragment: “ *The current cost of H₂ produced via direct gasification of biomass is nearly three times higher than that of H₂ produced via steam methane reforming (SMR) of natural gas. The cost of H₂ production from natural gas through SMR is 1.5 - 3.7 US\$/kg (assuming 7 US\$/GJ natural gas price), whereas from biomass it is 10 - 14 US\$/GJ. However, the low-cost lignocellulosic biomasses offer advantages of direct use (even for wet biomass), high H₂ production and no sulfur removal from the product gases. In addition, H₂ produced through biomass gasification has a net higher heating value and energy efficiency of 56 - 64% [115]. Although the feedstock (biomass) price for SCWG is lower as compared to natural gas for SMR, the operating costs and capital costs for high-pressure SCW systems are high. The lack of demonstrated technology for the large scale production of H₂ from SCWG of biomass with net positive energy and economic conditions limits to the current commercial use of SMR from natural gas*”.

¹¹ (Potic, 2006): “Fouling and Corrosion. Corrosion is a serious problem at high temperatures, especially if oxygen and sulfur are present. This is one of the reasons to develop catalysts that can reduce the required gasification temperatures. With respect to the selection of the construction material for a commercial plant, a two-barrier solution could be adapted from the technology of SCW oxidation that has been developed earlier (Fauvel et al., 2003). Up to now it is recommended to construct the essential parts from a custom-made alloy like for instance Inconel 625. A problem of general nature in SCWG is the required heat exchange between the reactor outlet and inlet streams. Heating of the biomass slurry in a heat-exchanger is likely to cause fouling/plugging problems because the thermal decomposition starts already at ca 200 °C producing oily products (tars) and, more seriously, polymers (char)”.

Correa et. al. rapporteert uitgebreid over reactormaterialen. Het meest gebruikt worden nikkel legeringen als Inconel and Hastelloy en roestvrijstaal met hoge legeringspercentages als grade 316 (Correa, 2018). Er zijn zelfs test gedaan rond de reactiviteit van de wanden. In sommige gevallen was de waterstofproductie drie keer hoger dan bij een ander wandmateriaal. Corrosie kan al binnen 5 uur optreden. Ook keramische materialen bleken niet bestand tegen de reactor condities.

Een ECN rapport uit 2004 meldt dat er twee "grote" SCW installaties zijn (Mozaffarian, 2004):

1. Een installatie uit 2003 in het Forschungszentrum Karlsruhe (Fzk) in Duitsland met een capaciteit van 100 l/hr.
2. Een installatie, voor een PhD student (B. Potic), bij de Universiteit Twente met een capaciteit van 30 l/hr. Het Japanse NEDO mag deze construeren. Het Twentse BTG wordt verantwoordelijk voor de technische realisatie en het opstarten.

Verder laat dit rapport zien dat er inderdaad weinig elektriciteit nodig, zie Tabel 5.

Tabel 5 Resultaten van modelberekeningen aan SNG en CSNG via SCW (Mozaffarian, 2004)

MASS & ENERGY FLOW		SNG for gas grid		SNG for transportation	
		Mass (kg/s)	Energy (MW)	Mass (kg/s)	Energy (MW)
In:	Glycerol	6.2	100	6.2	100
	Water	30.5		30.5	
	Steam	4.7		5.8	
	Power		2.3		3.0
	Heat (>500°C)		19.3		19.3
Out:	SNG	2.4	92.8	2.1	92.4
	Power		2.4		1.5
	Heat (120-500°C)		1.3		1.4
	Water	35.9		37.3	
	CO ₂	2.3		2.3	
	LP-product	0.8		0.8	
SNG-to-glycerol ratio:		0.39	0.93	0.34	0.92
Carbon conversion:			100%		100%
SNG efficiency:			92.8%		92.4%
CO ₂ separation degree			80%		90%
SNG SPECIFICATION					
CH ₄	[mol.%]		88.17		94.24
H ₂	[mol.%]		1.90		0.93
CO ₂	[mol.%]		9.89		4.80
C ₂₊	[mol.%]		0.00		0.00
H ₂ O	[mol.%]		0.03		0.02*
CO	[mol.%]		0.01		0.00
Pressure	[bar]		15**		300***
LHV	[MJ/kg]		38.41		43.97
LHV	[MJ/m ³]		31.86		33.93
HHV	[MJ/kg]		42.64		48.80
Wobbe	[MJ/m ³]		44.16		48.69

* This water content is still approximately a factor 6 too high for use as transportation fuel (City of Gothenburg, 2000), additional water removal is necessary.

** For the foreseen application, i.e. injection into the natural gas distribution grid(s), a pressure of only 8 bar is necessary. The 15 bar given here excludes the pressure drop during the SNG production.

*** Natural gas for transportation is generally used at 200-250 bar, but stored at somewhat higher pressures, e.g. 300 bar.

2.2.4 SCW kosteninschattingen

In het genoemde ECN rapport staat een overzicht van kosten van diverse installaties, zie Tabel 6 (Mozaffarian, 2004). Dit rapport bleek echter geen eigen kostenonderzoek gedaan te hebben en het achterliggende rapport was niet meer

op internet te vinden. Bovendien zijn dit installaties die waterstof maken en geen SNG.

Tabel 6 Kosten voor SCWG (Kersten, 2003) opgenomen in (ECN, 2004)

Reference	Feed		System	Capital cost	Gas price	E price
	Throughput wet ton / day (MW _{th})	Dry matter wt. %				
NREL (Amos 1999a)	9 (0.28)	15	SCWG-plant (recycle reactor) H ₂ -purification Waste water disposal	Purified H ₂	\$/GJ	\$/kWh
	90 (2.8)	15			6.5	603
	180 (5.6)	15			31	246
NREL (Amos 1999b)	180 (5.6)	15	SCWG-plant H ₂ -purification Waste water disposal	Purified H ₂	26	88
					28	103
					29.6	107
NREL (Amos 1999b)	180 (5.6)	15	SCWG-plant H ₂ -purification Waste water disposal Combustion turbine (407 kW _e)	Purified H ₂ Electricity	29.6	107
					29.6	107
					29.6	107
NREL (Amos 1999b)	180 (5.6)	15	SCWG-plant H ₂ -purification Waste water disposal Combined cycle (1758 kW _e)	Purified H ₂ Electricity	29.6	107
					29.6	107
					29.6	107
NREL (Amos 1999b)	180 (5.6)	15	SCWG-plant Waste water disposal Combined cycle (721 kW _e)	Electricity	29.6	107
					29.6	107
					29.6	107
(Metsumuru 2002)	5 (0.21)	20	SCWG-plant Waste water disposal	H ₂ -rich gas	2.1	25.5
EC project (EC-JO-ST-3042)	3200 (100)	15	SCWG-plant	H ₂ -rich gas	60	12

Een publicatie van Gassner et.al. uit 2011 beschrijft de kosten en rendementen van een SCW installatie met 20 MW input met diverse grondstoffen (Gassner, 2011a, 2011b), aangehaald in het boek van (Schildhauer, 2016, pag 273). Uit hun berekeningen blijkt dat er toch wel verschillen in rendementen en investeringskosten zijn tussen de diverse grondstoffen. Er is bijvoorbeeld een verschil in watergehalte en, voor wat betreft de vaste stof, in asgehalte. Bij mest is in Tabel 7 reverse osmose verondersteld om het watergehalte terug te brengen. Lignine heeft een veel hoger verbrandingswaarde dan hout 23,6 versus 18,6 MJ/kg (droog en asvrij). Ook blijkt dat bij verhogen van het rendement op een zeker moment de kosten sterk gaan stijgen (figuur 6f in de publicatie). In Tabel 7 zijn de cijfers rond dit knippunt aangegeven. De publicatie heeft als valutabasis \$ in 2006. In de betreffende publicatie is tevens aangegeven dat beneden de 20 MW schaalfactoren rond de 0,6 en 0,7 gebruikt worden. Boven de 20 MW gaat dit naar 0,8. Hoe hoger de schaalfactor hoe minder een grotere installatie leidt tot lagere productiekosten. Uitgegaan wordt verder dat de onderhoudskosten 5% van de investeringskosten zijn en dat er 4,56 operators nodig zijn (a 60.000\$/jaar) per shift.

Tabel 7 Geoptimaliseerde kosten en rendement bij diverse grondstoffen bij 20 MW input

Grondstoffen	Kosten \$ per kW input	Eq. SNG Rendement LHV (dry)
Varkens mest (97% vocht)	1100	65%
Zuiveringsslib (onvergist; 95% vocht)	800	57% ¹²
Lignine (uit hout) (75% vocht)	550	77%
Hout (50% vocht)	650	73%

In de publicatie worden veel varianten doorgerekend. Omdat het gas op hoge druk vrijkomt, en wegens de hoge temperaturen van de restwarmte, kan er ook elektriciteit gewonnen worden. Dit is met een opwekrendement van 55% opgeteld bij de SNG productie. Wordt dit niet gedaan en wordt uitgegaan van een elektrisch

¹² In een samenvattende tabel wordt voor zuiveringsslib rendementen van 60 tot 70% genoemd. Het is in de publicatie niet duidelijk waarom dit zoveel hoger is, dan in voorgaande figuren.

rendement van 3,3% dan moet de gasproductie in Tabel 7 met 6% verlaagd worden. In de publicatie wordt ook gerekend aan locaties met een warmtevraag. Dan kan geproduceerd gas in een WKK ingezet worden en wordt de installatie rendabeler, maar wel gaan dan de SNG rendementen nog verder naar beneden.

Een belangrijk probleem is de-activatie van de katalysator. De katalysator die nikkel of ruthenium bevat kan snel de-activeren door de aanwezigheid van zwavelverbindingen. Nadat de vloeistof is verhit tot boven kritische condities en voor de reactor met de katalysator, dienen de zouten met daarin zwavel verbindingen verwijderd te worden. Afhankelijk van de hoeveelheid zwavelverbindingen die niet afgescheiden wordt, zullen, om de deactivatie te beperken, de reactorcondities beperkt moeten worden, wat tot een slechter rendement leidt. Het artikel blijft hier echter vaag over wat er nu aan kosten voor de katalysator betaald wordt; in een extreme varianten waarbij naar de hoogste rendementen gestreefd wordt, lopen de cijfers die katalysator kost op tot boven de 250 \$/GJ biomassa input (tabel 5 "C cat kosten, rechter kolommen).

Er zijn verschillende methoden om deze cijfers naar huidige euro's om te rekenen. In 2006 omzetten in euro's en dan met de EU inflatie omrekenen naar eind 2018 levert een factor van 0,92 op. Een andere methode is om het eerst de USA inflatie toe te passen en het pas in 2018 naar euro's om te zetten. Dit levert een factor van 1,1. Gemiddeld komt dit uit op 1,01. Ofwel een \$ in 2006 is bijna gelijk aan een euro in 2018. Alleen in deze omrekening zit dus al een marge van $\pm 10\%$.

2.2.5 SCW keuze voor ETM

In de onderstaande tabel is er voor gekozen om een gemiddelde te maken tussen lignine en mest. De cijfers uit de 2006 publicatie lijken een onderschatting van de huidige kosten. SCW Systems noemt in nieuwsberichten voor installaties van circa 200 MW output cijfers in de orde van (omgerekend) 800 euro/kW output (Eemshaven, 2019). In lijn met dit cijfer zijn de kosten met ongeveer 15% opgehoogd, zie Tabel 8. De cijfers van de grote installatie met 100 MW output zijn aan het ETM geleverd.

Tabel 8 Kosten en rendement voor superkritische vergassing

Omschrijving	Eenheid	Natte vergassing	Natte vergassing
Efficiëntie: hoeveel groengas wordt er geproduceerd?	%	70%	70%
Energie-input: hoeveel gas / elektriciteit is er nodig?	%	1,7%	1,7%
Gemiddelde capaciteit per plant	MW input	20	140
	MW output	14	100
Investeringskosten per plant	EUR	19 mln	90 mln
Vaste jaarlijkse kosten per plant (onderhoud 5%v/d investering, bedienend personeel; katalysator (lage kosten). Excl .inkoop grondstof	EUR/jaar	3 mln	15 mln
Vollasturen	uur	8000	8000

Het SNG rendement ligt rond de 64% en er wordt ook circa 3,3% van de input omgezet wordt in elektriciteit (zowel uit hoge temperatuur restwarmte als uit expansie van het drukverschil tussen de reactor en het hoge druk gasnet). Na aftrek van het eigenverbruik blijft hier 1,6% van over. Omdat dit lastig in het model past is gekozen om dit te formuleren als 70% SNG productie en 1,7% elektriciteitsverbruik¹³. Technisch gezien is het mogelijk om de geproduceerde elektriciteit, via elektrolyse om te zetten in waterstof en dat weer in de installatie in SNG¹⁴.

2.3 Droge vergassing

2.3.1 Gegevens uit de SDE++ studie

In een rapport ter voorbereiding van de SDE++ tarieven van de SDE++ in 2020 zijn kostencijfers voor vergassing opgenomen (Cremers, 2009), zie Tabel 9. Ten opzichte van een jaar eerder zijn de investeringskosten verlaagd van 3250 €/kW naar 2700 €/kW. Er is geen onderscheid gemaakt tussen de investeringskosten en jaarlijkse kosten tussen snoei- en dunningshout en B-hout.

Tabel 9 Economische gegevens biomassa vergassing (Cremers, 2019).

Omschrijving	Eenheid	Vergassing (snoei- en dunningshout)	Vergassing B-hout
Efficiëntie: hoeveel groengas wordt er geproduceerd?	%	65%	65%
Energie-input: hoeveel gas / elektriciteit is er nodig?	%	-	-
Gemiddelde capaciteit per plant	MW input	32	32
	MW output	21	21
Investeringskosten per plant	EUR	56,7 mln	56,7 mln
Vaste jaarlijkse kosten per plant (7% van de investering)	EUR/jaar	4 mln	4 mln
Vollasturen	uur	7500	7500
Grondstofkosten	€/ton	41 (9 GJ.t)	0 (13 GJ/ton)

Wellicht dat de SDE cijfers beïnvloed zijn door de kostencijfers voor superkritische watervergassing, en deze cijfers niet meer representatief zijn voor droge vergassing.

¹³ Wordt 6 procentpunten van het SNG in een STEG gestopt dan komt hier 3,3 procentpunten elektriciteit uit. Energetisch is dit dus ongeveer gelijk.

¹⁴ In principe is het bij beide natte en droge vergassing mogelijk om extra waterstof, gemaakt uit duurzame elektriciteit toe te voeren en zo de SNG productie ongeveer te verdubbelen. Dit vergt wel een elektrolyse installatie en extra capaciteit in de methanisering. Ook bij vergisting is dit mogelijk, waarbij het biogas en het waterstof op dit moment nog door een extra biologische reactor geleid moet worden.

2.3.2 Andere kostencijfers

In Tabel 10 zijn wat oudere gegevens opgenomen van een kostenberekening voor droge vergassing met een wat hoger rendement (Kroon, 2018). De vaste jaarlijkse kosten zijn hierbij niet volledig op een algemeen percentage gebaseerd, maar berekend uit kosten voor hulpstoffen, personeel, afvoer van afvalwater en asresten en kosten voor onderhoud (2% van de investering) en verzekering (0,5% van de investering). De jaarlijkse kosten voor 10% elektriciteitsverbruik (ten opzichte van de output; dus 2,5 MW bij een SNG output van 25 MW), zijn hierin niet meegenomen en zijn wat omvang betreft vergelijkbaar met circa 3% van de investering. Het elektriciteitsverbruik heeft vooral te maken met de compressie van het gas voor injectie in het gasnet¹⁵. Ter vergelijking zijn hier ook cijfers uit het Conceptadvies voor de SDE+ 2019 opgenomen (Cremers, 2018).

Tabel 10 Economische gegevens biomassa vergassing

Omschrijving	Eenheid	Vergassing B-hout	Vergassing B-hout	SDE advies 2018
Efficiëntie: hoeveel groengas wordt er geproduceerd?	%	70%	70%	65%
Energie-input: Benodigde elektriciteit in % van de output	%	10%	10%	
Gemiddelde capaciteit per plant	MW input	35	70	32
	MW output	25	50	21
Investeringskosten per plant	EUR	85 mln	130 mln	68 mln
Vaste jaarlijkse kosten per plant (excl elektriciteit en biomassa)	EUR/jaar	6 mln	9,5 mln	6 mln
Vollasturen	uur	8000	8000	7500
Grondstofkosten B-hout 13,45 MJ/kg	€/ton	40	40	0 (13 GJ/t)

In Tabel 10 is de grondstof B-hout. Uit Tabel 9 blijkt al dat het weinig uitmaakt voor de installatiekosten of B-hout of snoei- en dunningshout gebruikt wordt. Op dit moment nadert B-hout in Nederland de productiegrenzen. Het is dan ook de vraag wanneer afnemers van B-hout hiervoor moeten gaan betalen bij inzamelaars van afval. Bovendien wil de overheid eigenlijk dat meer B-hout hergebruikt wordt in nieuw plaatmateriaal. Bij snoei- en dunningshout is er nog wel de mogelijkheid tot groei.

2.3.3 Keuze ETM

Voor het ETM is de installatie met 50 MW output gekozen (middelste kolom) in Tabel 10.

¹⁵ Bij de superkritische watervergassing, wordt vloeistof op druk gebracht, wat veel minder energie kost dan gascompressie. Door de droge vergassing bij hogere druk uit te voeren kan ook hierin bespaard worden (en dalen ook de investeringskosten). Het toevoegen van een vaste stof bij hogere druk is technisch lastig. Ook waren van een dergelijke installatie (nog) geen kostencijfers beschikbaar.

3 Prijzen

Het PBL rapport gemaakt voor de SDE++subsidie in 2020 bevat de nodige prijsinformatie over biomassa (Cremers, 2019), zie Tabel 11.

Tabel 11 Prijsinformatie in rapport voor SDE++ in 2020 (Cremers, 2019).

Grondstof	Prijs	Opmerking
Grootschalige partijen		
Houtsnippers (25-45% vocht)	35-50 €/ton	Afhankelijk van kwaliteit
Idem	4-5 €/GJ	Cremers, 2019) rekt met 4.5 €/GJ ¹⁶
Hout shreds	30-40 €/ton	Uit wortels/stronken
idem	3,5-4,5 €/GJ	
Kleinschalige ketels		
Brandstofkosten	0-270 €/ton	Sterke variatie; vooral hoogwaardig; beperkt houtsnippers
Gemiddeld en rage	4,4 ± 2 €/GJ	
Snippers Duitsland		
Houtsnippers (35% vocht)	80 €/ton	Dalende tendens
idem grootschalig	60 €/ton (5,5 €/GJ)	Verwachting
Houtpellets		
Prijs aan de poort	150-170 €/ton	Stijging t.o.v. 2018 circa 10%
idem	8,8-10 €/GJ	(Cremers, 2019) rekt met 10 €/GJ
B-hout		
	0 €/ton (13 GJ/ton)	Verlijmd, geveerd en of gelakt hout. Bv. triplex, multiplex en spaanplaat.
Vloeibare biomassa		
Lage accijnstarief zw. olie	590 €/ton	Situatie 2018 (accijns € 36,40/ton)
Hoge accijnstarief zw olie	1136,60 €/ton ¹⁷	2019 maar onduidelijk (accijns € 583/ton)
(Cremers, 2019)	571 €/ton en 14,6 €/GJ	Bij 39 GJ/ton voor dierlijk vet. Gemiddeld over 5 jaar.

Voor co-vergisting bevat de SDE++ achtergronddocumentatie ook kostencijfers, zie Tabel 12 (Daey Ouwens, 2019). Het gaat in werkelijkheid om een grote diversiteit van producten. Een VITO studie uit 2012 geeft praktijkcijfers uit 2011 voor een aantal biomassastromen (derden, 2012). Deze staan ook in Tabel 12. VITO constateert bovendien dat voor de meeste biomassastromen er sprake is van een stijgende lijn. Verder merkt VITO op: "In de praktijk worden inputstromen voornamelijk ingenomen op basis van de te verwachten hoeveelheid gas/ton inputstroom (biogasopbrengst)".

¹⁶ Snoei en dunningshout met een prijs van 41 €/ton en een verbrandingswaarde van 9 GJ/ton. Dit is tijdens de opslag al enigszins gedroogd. Vers hout is circa 7 GJ/ton

¹⁷ Berekend via 590-36,40+583. Niet duidelijk of de belastingdienst in 2019 echt met het hoge tarief heeft gewerkt (Cremers, 2019)

Tabel 12 Prijsinformatie voor vergisting (Daey Ouwens, 2019), (Derden 2012).

Grondstof	Prijs	Opmerking
Restromen voedings- middelenindustrie		Indicator is veevoederprijs
Veevoedermarkt (snijmais)	27,8 €/ton	Biogasproductie 3,4 GJ/ton
Mix varkens en rundveemest	0 €/ton	Biogasproductie 0,63 GJ/ton
Slibvergisting	-64 €/ton	Vergistingswinst bij slib van waterzuivering
Belgische gegevens 2011		(Derden, 2012 Pag 46-47)
Kippenmest	0-5 €/ton	
Graanresten	40-55 €/ton	Met transport 20 €/ton meer. Prijs was tot 2009 5 €/ton
Organisch-biologische afvalstoffen (OBA)	10 €/ton	
Maag-darm inhoud	10-15 €/ton	Incl. transportkosten
Flotaat van slachthuizen	5 €/ton	Incl. transportkosten
Zuiver kippenolie	200 €/ton	Incl. transportkosten
Restproducten Turkse olijfindustrie	500 €/ton	Incl. transport- en invoerkosten
Energiemais	25-30 €/ton	
Dikke varkensmest	15-18 €/ton	
OBA voedings- middelenindustrie	25 €/ton	

<http://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/pyrolysis-and-gasification/gasification/>

4 Biomassa potentiëlen in Nederland

Literatuurbronnen met nationale cijfers

De bekendste studie over Nederlandse biomassa potentiëlen is die van Koppejan (Koppejan, 2009). In 2017 heeft ook DNV-GL een studie gedaan waarbij ze veel verschillende literatuurbronnen naast elkaar gezet hebben (Schulze, 2017). Hoewel de potentiëlen er goed uit zien, zitten er in de onderbouwende tekst helaas wel de nodige tikfouten. Omdat deze studie een breed overzicht geeft van de alle biomassasoorten is de DNV-GL studie toch gebruikt voor de structuur. In 2018 is door Probos nog een studie gemaakt naar de beschikbaarheid van houtachtige biomassa (Boosten, 2018). Het potentieel van een aantal waterige biomassastromen is overgenomen uit rapportage van het platform groene grondstoffen (Reith, 2006) (WUR, 2006). Potentiëlen zijn zo goed mogelijk gecontroleerd met andere informatie die bij TNO Energie Transitie (onderdeel bioenergy van BEE) beschikbaar was. Ook verbrandingswaarden zijn door TNO waar nodig ingeschat en toegevoegd.

Er zijn inmiddels ook veel regionale of provinciale studies met biomassa potentiëlen (of delen van het potentieel). Deze zijn niet vergeleken met de cijfers die hier gebruikt zijn. Binnen de beschikbare tijd en budget is vooral geprobeerd om voor alle stromen een basisinschatting te maken.

Verdeling over 4 groepen biomassa

Voor de structuur zijn de biomassastromen in 4 soorten ingedeeld: Natte biomassa, droge biomassa, vethoudende biomassa en biogeen afval. Een tweede punt van belang is de verbrandingswaarde. Natte biomassa leent zich voor vergisten, superkritische vergassing en torrwash. Dit zijn processen waarbij een nuttige (bio)energiedrager als het ware uit een waterige grondstof gehaald wordt. Dat de biomassastoom, door het hoge watergehalte een lage verbrandingswaarde (onderste stookwaarde) heeft is hierbij minder van belang. In Tabel 13 is voor natte biomassa de stookwaarde op droge basis opgenomen. Droge biomassastromen (vaste stromen met een beperkt vochtgehalte laten zich bijvoorbeeld goed verbanden. Uit vethoudende biomassastromen kan biodiesel gemaakt worden. Ten slotte is er biogeen afval, wat zich door de aanwezigheid van andere stoffen alleen in speciale installaties laat verwerken (bijvoorbeeld afvalverbrandingsinstallaties).

Tabel 13 Biomassa potentieel in Nederland (PJ)

	Natte biomassa	Droge biomassa	Vethoudende biomassa	Biogeen afval
2004/2005	17	47	11	22
2030/2035	110	62	11	21

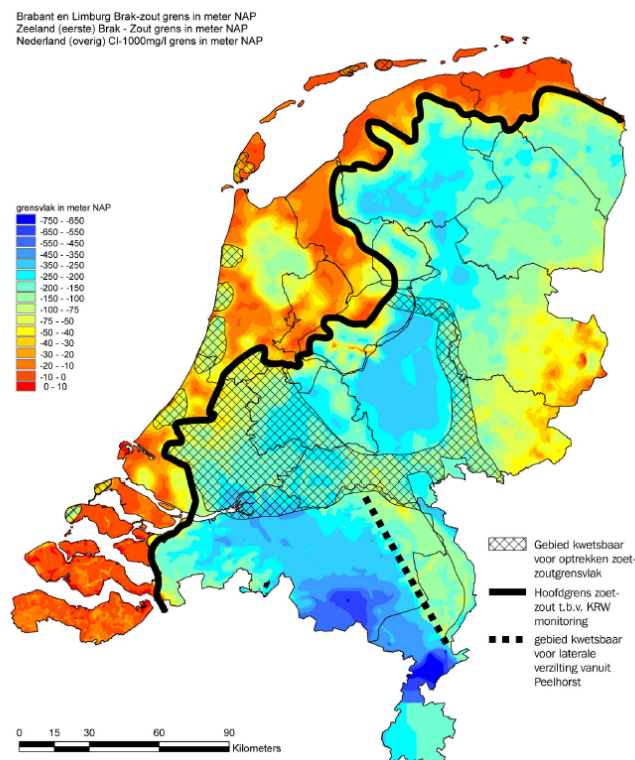
Op basis van de genoemde literatuurbronnen met potentiëlen en statistieken over duurzame energieproductie (CBS, 2018) is een inschatting gemaakt van het "huidige gebruik" rond 2014-2015 en het realiseerbaar potentieel in 2030. Dit laatste is een zo goed mogelijke inschatting van wat daadwerkelijk de komende 10 jaar gerealiseerd kan worden. Om aan te geven dat er de nodige onzekerheden zijn is hier het label 2030/2035 aan gekoppeld. Er zijn hierbij geen hoge prijsstijgingen of kostendalingen verondersteld of grootschalige nationale veranderingen van

grondgebruik. Voor enkele energiegewassen is wel berekend wat de opbrengst van 10.000 ha zou zijn, maar dit is verder niet aan het potentieel toegevoegd.

Afval niet goed terug te vinden

Opgemerkt moet wel worden dat de berekende hoeveelheid biogeen afval rond de 22 PJ uitkomt. In 2015 is er 40,8 PJ aan biogeen afval in afvalverbrandingsinstallaties verbrand (dit is 55% van de totale hoeveelheid verbrand afval). Hiervan kwam er 7,7 PJ uit het buitenland (inclusief 6,3 PJ niet biogeen). Er blijft hierdoor een post van $40,8 - 7,7 - 22 = 11,1$ PJ biogeen over, waarvan in deze analyse niet duidelijk is waar dit precies vandaan komt. Er zou een afvalstroom kunnen missen. Het verschil kan ook veroorzaakt worden door de gehanteerde verbrandingswaarde.

Informatie over prijzen is bijvoorbeeld te vinden in de achtergronddocumenten van de subsidie regeling voor duurzame energie (Cremers, 2019), (Daey Ouwens, 2019). Ook in een wat ouder rapport van VITO zijn kostengegevens te vinden. (Derden 2011). Omdat kostencijfers natuurlijk uiteenlopen en er een verschil is tussen de productiekosten en de marktprijs van een biomassa stroom zitten hier ranges in. Verder moet bedacht worden dat het inladen, uitladen en vervoeren van een ton biomassa al gauw 10 tot 20 €/ton kost. Waar geen goede gegevens beschikbaar waren is een zo goed mogelijke inschatting gemaakt.



Figuur 5 Zoutwatergrens in het grondwater. Bron (Stuurman, 2006)

Om de biomassa te verdelen over Nederland is gekeken welke statistieken bij het CBS beschikbaar zijn op gemeentelijk niveau. Door de hoeveelheid of oppervlakte in een gemeente te delen door het nationale totaal, kan een factor berekend worden waarmee het Nederlandse totaal verdeel kon worden over de diverse

gemeentes. Bij zaken als het aantal hectares bos, het aantal melkkoeien en de oppervlakte agrarisch terrein kan dit een redelijke verdeling opleveren. Alleen voor grassoorten op zoute grond is een uitzondering gemaakt. Hier is een verdeling gemaakt op basis van de diepte van het grensvlak tussen zout en zoet water¹⁸. Alleen een de gemeenten met een beperkte diepte is potentieel toegewezen (Stuurman, 2006, pag 70).

¹⁸ De verzilting komt omdat de bodem een hoog zoutgehalte bevat. In Nederland gaat het naar verwachting binnen vijftien tot twintig jaar om 150.000 hectare land, vooral in de kustprovincies
<https://edepot.wur.nl/354010>
<https://www.digitaleetalages.nl/thema/water/verzilting/verziltinginnederland.html>
<https://edepot.wur.nl/186856>

5 Referenties

Bakkum, M. van (2019): In Alkmaar begint de gasrevolutie. NRC, 24 april 2019.

Boosten, M., J. Oldenburger, J. Kremers, J. van den Briel, N. Spliethof, D. Borgman (2018): Beschikbaarheid van Nederlandse verse houtachtige biomassa in 2030 en 2050. Studie naar binnenlands potentieel en toekomstige vraag vanuit energie en biobased ontwikkelingen. Probos, Wageningen, juni 2018.

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/07/Beschikbaarheid-van-Nederlandse-verse-houtige-biomassa-in-2030-en-2050.PDF>

CBS (2018): *Hernieuwbare energie in Nederland 2017*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag, september 2018.

<https://www.cbs.nl/>

Correa C.R., A. Kruse (2018): *Supercritical water gasification of biomass for hydrogen production – Review*. The Journal of Supercritical Fluids, 133 (2018) 573–590.

Cremers, M., J. Daey Ouwens, B. Strengers (2019): *Concept advies SDE++ 2020. Verbranding en vergassing van biomassa*. PBL-publicatienummer: 3689, PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag, 6 mei 2019.

Cremers, M., J. Daey Ouwens, B. Strengers (2018): *Concept advies SDE+ 2019. Verbranding en vergassing van biomassa*. PBL-publicatienummer: 3274, PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag, 15 mei 2019.

Daey Ouwens, J., M. Boots, A. Uslu (2019): *Conceptadvies SDE++ 2020 vergisting van biomassa*. PBL-publicatienummer: 3688, PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag, 6 mei 2019.

De Gemeynnt, J.P. van Soest. H. Warmenhoven (2018): *Green Liaisons. Hernieuwbare moleculen naast duurzame elektronen. Contouren van een routekaart Hernieuwbare Gassen 2050*. De Gemeynnt Coöperatie u.a., Klarenbeek, April 2018.

<https://groengas.nl/wp-content/uploads/2018/04/Green-Liaisons-Hernieuwbare-gassen-2050-April-2018.pdf>

Derden, A., S. Vanassche, D. Huybrechts (2012): *Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor (mest)covergistinginstallaties*. BBT-kenniscentrum, VITO. Mol, België, Februari 2012.

file:///C:/5%20Info/Biomassa/Vergister%20mest%20etc/20102%20vito_BBT_cove rgistingsinstal.pdf

EBA (2014): *Biogas profile The Netherlands 2014*. European Biogas Association, Brussels, 2017.

EBA (2017): *Statistical report 2017*. European Biogas Association, Brussels, 2017

EBA (2018): *Statistical report 2018*. European Biogas Association, Brussels, 2018

Eemshaven (2019): *Mega-fabriek in Delfzijl maakt uit mest, rioolslib en gft-afval groen gas*. Internet bericht op eemshaven.info, 28 april 2019
<https://eemshaven.info/category/nieuws/>

Fibronet (2019): *Mestvergisting*. Internet site, laatst geraadpleegd 8 februari 2019
http://www.fibronot.nl/page_id177-mestvergister/

Gassner, M., F Vogel, G. Heyen, F. Maréchal (2011a): *Optimal process design for the polygeneration of SNG, power and heat by hydrothermal gasification of waste biomass: Process optimisation for selected substrates*. Energy and Environmental Science, 2011.

Gassner, M., F Vogel, G. Heyen, F. Maréchal (2011b): *Optimal process design for the polygeneration of SNG, power and heat by hydrothermal gasification of waste biomass: Thermo-economic process modelling and integration*. Energy and Environmental Science, 2011.

Gasunie website (2019): SCW. Laatst geraadpleegd 30 juli 2019.
<https://www.gasunienewenergy.nl/projecten/scw>

Groen gas Nederland (2014): *De bijdrage van monomestvergisting aan grootschalige mestverwerking*. Groen Gas Nederland, Utrecht, februari 2014.
<https://groengas.nl/documenten/factsheet-de-bijdrage-van-monomestvergisting-aan-grootschalige-mestverwerking.pdf>

IEA (2018): Task33 Database Gasification of Biomass and Waste. Internet site, geraadpleegd 2 augustus 2019.
<http://www.task33.ieabioenergy.com/>

Werkgroep Afvalregistratie (2016): *Afvalverwerking in Nederland: gegevens 2015*. ISBN 978-94-91750-13-7, Werkgroep Afvalregistratie, Rijkswaterstaat, Utrecht, november 2016.

Koppejan, J., W. Elbersen, M. Meeusen, P. Bindraban (2009): *Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020*. Procede Biomass BV, Enschede, november 2009

Kroon, P. (2018): *Resultaten berekend uit via persoonlijke communicatie verkregen gegevens*. ECN, Petten, 2018.

Lensink, S.M., J.W. Cleijne ECN (2016): *Eindadvies basisbedragen SDE+ 2017*. ECN-E—16-040, ECN, Amsterdam, 18 november 2016.
<https://www.rvo.nl/file/eindadvies-basisbedragen-sde-2017>

Lemmens, B., J. Ceulemans, H. Elslander, S. Vanassche, E. Brauns en K. Vrancken (2007): *Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor mestverwerking*. BBT-kenniscentrum, VITO. Mol, België, Academia Press, Gent, 2007.
https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/migrated/bbt_mestverwerking.pdf

Mozaffarian, M., E.P. Deurwaarder, S.R.A. Kersten (2004): *"Green gas" (SNG) Production by Supercritical Gasification of Biomass*. ECN-C--04-081, ECN, Petten, 10 November 2004.

<https://publicaties.ecn.nl/PdfFetch.aspx?nr=ECN-C--04-081>

Potic, B. (2006): *Gasification of biomass in supercritical water*. Proefschrift Universiteit Twente, Enschede, The Netherlands, 12 mei 2006.

<https://www.utwente.nl/en/tnw/spt/publications/pdfs/2006%20Biljana%20Potic.pdf>

Probos (2019): *Factsheet resultaten biomassa-enquête 2018*. Bosberichten 2019 no 2, maart 2019.

<https://i.ytimg.com/vi/6hcR3EsTlb0/maxresdefault.jpg>

Reddy, S.N., S. Nanda, A. K. Dalai, J. A. Kozinski (2014): *Supercritical water gasification of biomass for hydrogen production*. International Journal of Hydrogen Energy, Volume 39, Issue 13, 24 April 2014, Pages 6912-6926.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319914005230>

Reith, H., J. Steketee, W. Brandenburg, L. Sijtsma (2016): *Platform Groen Grondstoffen, Werkgroep 1: Duurzame productie en ontwikkeling van biomassa; Deelpad: Aquatische biomassa*. ECN, Petten UR, juli 2006

<https://edepot.wur.nl/36321>

RVO (2018): *Groen gas voor energiecoöperaties*. RVO Brochure, december 2018.

<https://www.n-tra.nl/wp-content/uploads/2018/12/RVO-Groen-gas-voor-energiecooperaties.pdf>

RVO (2009): *Van biogas naar groen gas. Opwaarderingstechnieken en leveranciers*. 2009 Platform Nieuw Gas, Werkgroep Groen Gas, Utrecht, 2009.

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Van%20Biogas%20naar%20Groen%20Gas%20-%20Opwaarderingstechnieken%20en%20leveranciers.pdf>

Schildhauer, J.T., S.M.A. Biollaz (2016): *Synthetic natural gas from coal, dry biomass and power-to-gas applications*. TSBN 978-1-118-54181-4 John Wiley & Soms, Canada, 2016.

Schulze, P., J. Holstein, H. Vlap (2017) *Biomassapotentieel in Nederland*.

Verkennde studie naar vrij beschikbaar biomassapotentieel voor energieopwekking in Nederland. GCS.17.R.10032629.2, DNV-GL, Arnhem, 6 april 2017

SCW Systems (2019): Website SCW Systems. Laatst geraadpleegd 6 december 2019.

<http://www.scwsystems.com/>

Segers, R. (2013): *Houtverbruik huishoudens WoON-onderzoek 2012*. Webartikel 2013, Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag, 20 december 2013.

<https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/onderzoeksomschrijvingen/aanvullende%20onderzoeksbeschrijvingen/houtverbruik-van-huishoudens-woon-onderzoek-2012>

Stuurman, R., G. Oude Essink, H.P. Broers, B. van der Grift (2006): *Monitoring zoutwaterintrusie naar aanleiding van de Kaderrichtlijn Water "verzilting door zoutwaterintrusie en chloridevervuiling"*. 2006-U-R0080/A, TNO, 2 juni 2006.
<https://library.wur.nl/ebooks/hydrotheek/1880481.pdf>

Theelen, M.J.W.M.C. (2016): *Super Kritische Water Vergassing; Super Critical Water Gasification; Samenwerking Gasunie New Energy met SCW Systems*. KVGn symposium 15 september – Innovatie en nieuwe businessmodellen, 15 september 2016
<https://kvgn.nl/wp-content/uploads/2017/11/martijn-theelen-super-kritische-water-vergassing.pdf>

Thunman, H. (2019): Status of Gasification in Europe. The seventh Nordic Biogas Conference (NBC), Oslo, 9-10 April 2019.
<https://www.nordicbiogasconference.org/presentations>

Wouters, J., J. Leroy, (2007): *Dossier energiegewassen. Europa wil energiegewassen. Onze Vlaamse boeren ook?* Werkgroep voor een Rechtvaardige en Verantwoorde Landbouw, Wervel vzw, Brussel, maart 2007.
https://www.wervel.be/downloads/opiniestukenergiegewassen_brochure_definitief.pdf

WUR (2006): *Platform Groene Grondstoffen; Duurzame productie en ontwikkeling van biomassa, zowel in Nederland als in het buitenland. Uitwerking van transitiepad 1: Duurzame Productie en Ontwikkeling van Biomassa*. EnergieTransitie Platform Groene Grondstoffen, Sittard Augustus 2006

6 Ondertekening

Petten, <datum>

TNO

<naam afdelingshoofd>
Afdelingshoofd

<(Hoofd)auteur>
Auteur

A Biomassa potentieel Nederland

De biomassa potentiëlen zijn vastgelegd in een grote spreadsheet, die zich lastig leent voor opname in dit rapport. In deze bijlage is de sheet in vier tabellen gesplitst, waarbij de eerste kolom telkens gelijk is gehouden. Om een opmerking of een getal te begrijpen moet soms om ook naar de andere tabellen gekeken worden. In het rapport staat reeds de algemene toelichting op de sheet. Hier zijn, waar dat nodig is, alleen enkele technische opmerkingen toegevoegd. De potentiëlen hebben betrekking op 2014/2015 omdat het rapport van (Shulze, 2017) hier ook vanuit gaat. De indeling uit dit rapport is hier ook, voor zover mogelijk, overgenomen. Voor de toekomst beelden is 2030/2035 aangehouden.

Tabel 14 Biomassa potentieel in Nederland (PJ) Deel .: Omvang en eigenschappen van de biomassa-stromen

Product/sector	Omvang kton	Droge stof gehalte	organisch/totaal droog os/ds	Verbrandings waarde MJ/kg ds	Theoretisch Potentieel	Beschikbaar
Voedings- en genotmiddelenindustrie						
Frituur en restvetten	284	0,97	0,95	38,1	Beide samen	Deel gaat naar biodiesel
Natte stromen	7816	0,25	0,9	17,4	35	17
RWZI/AWZI-slib						
• Slib RWZI	8000	0,04	0,7	11	3,52	30% biogas/deel verbrand
• Slib AWZI	3075	0,04	0,7	11	1,35	30% biogas
Als verbrand	1342	0,23		11	3,40	verbrand in AVI/cement
Agrarische reststromen						
Drijfmest	73400	0,075	0,85	16,7	91,93	

Droge mest	3000	0,2	0,75	16	10,8	Verbranding
Stro	830	0,875	0,94	17,9	13	Vooral toepas. buiten energie
Natte gewasresten	6630	0,15	0,85	18,1	18	
Groente-, Fruit- en Tuinafval & Organische Natte Fractie (GFT en ONF)						
GFT	1356	0,38	0,55	14	7,2	Kan dit niet goed
ONF in Afval	1270	0,36	0,5	12	5,5	kloppend krijgen
Zeefoverloop	140	0,5	0,6	13	0,9	80% hergebruik
Droge biomassa						
Resthout uit houtverwerkende industrie	430	0,93	0,97	19	7,6	Van 50 % => 30% strooisel
Afvalhout	1398	0,93	0,97	19	24,7	60% NL =>80%
Afvalhout particulier	200	0,5	0,97	19	1,9	Veel onderhands/zelf geregeld
Papierresiduen	1000	0,232		9,9	2,3	Verbranden in ketels en ovens
Papier in Afval	908	0,8	0,7	15	10,9	In AVI
Nederlandse productiebossen						
Productiebos	2120	0,5	0,97	19	7,05	Na houtproduct aftrek; Probos 2050 3,8
Productiebos particulier	400	0,5	0,97	19	3,8	Veel onderhands
Korte omloop bomen	0,36	0,5	0,97	19	0,00086	36 ha (8 jaar omloop)
„ 36 => 4036 ha	40	0,5	0,97	19	0,38	Probos 2050 0,8
Import/onbekend particulier	200	0,7	0,97	15	2,1	Met 4 posten nu 15 PJ verantwoord

Natuur en landschapsbeheer						
Hout van fruit- en boomteelt	160	0,5	0,9	19,8	1,6	nu 0,02 PJ
Hout uit landschap	960	0,5	0,9	19,8	9,5	
Tuin/landbouw/openbaar groen	700	0,5	0,97	19	6,7	Veel onderhands/zelf geregeld
Natuurgras+bermgras	4667	0,3	0,85	17	23,8	Nu 0,4 PJ (60% natuur, 40% berm+slootmaaisel)
Heide	7	0,8	0,85	17	0,1	?
Aquatische biomassa						
Riet en andere waterplanten	1500		als droge stof	16	24	150000 ha
Grassoorten op zoute grond	1250		als droge stof	16	20	125000 ha 2035
Microalgen	1000		als droge stof	20	2,5	20000 ha 2035
Zeewier	8400		als droge stof	15	30	420000 ha 2035
Energieteelt						
Schatting Koppejan	750000		15 ton ds/ha	17,5	13,1	50000 ha (65% andere toepassingen)
			hiervan droog	17,5		
Maïs	727	0,28	0,95	18,1	3,62	10000 ha (voorbeeld) hele gewas
Koolzaad	703	0,16	0,8	20,1	2,26	10000 ha (voorbeeld) hele gewas
Miscanthus	400	0,35	0,85	17	2,38	10000 ha (voorbeeld) hele gewas
Gras	117	0,25	0,85	18,1	0,53	10000 ha (voorbeeld)
Graan	66	0,4	0,94	17	0,45	10000 ha (voorbeeld) korrels

Opmerkingen

- Belangrijkste literatuurreferenties: (Shulze, 2017) (Koppejan, 2009), (Boosten, 2018), (Reith, 2006), (CBS, 2018).
- ds=droge stof.
- os=organische stof (vergistbaar/brandbaar).
- Bij slib RWZI is hier een getal van 3,52 opgenomen. DNV-GL noemt een getal van 7,3 als totaal potentieel maar met een veel lagere energie-inhoud.
- Bij drijfmest is verondersteld dat 10% van de mest in de wei vrijkomt, en dus niet beschikbaar is.
- Zeefoverloop komt vrij na het vergisten van groente- fruit- en tuinafval. Dit zijn de grote stukken hout die na afloop van de vergisting nog aanwezig zijn. Deze worden afgescheiden uit de compost. Mogelijk dat een deel naar de afvalverbranding gaat. Ook wordt dit als brandstof ingezet in biomassa ketels.
- Bij de 7,05 uit productiebos is verondersteld dat 50% van het hout naar de bouw gaat. Van de rest is verondersteld dat dit voor 70% winbaar is.
- Bij de korte omloop bomen is verondersteld dat 25% hiervan voor energie ingezet kan worden.
- Bij riet en waterplanten is verondersteld dat 50% voor dakbedekking gebruikt wordt.
- Voor het zeewier potentieel is gekeken naar de oppervlakte van windparken op zee rond 2030/2035.
- Voor de opbrengst van gras van 117 kton bij 10.000 ha is uitgegaan van een opbrengst van 53 GJ/ha.
- Voor de opbrengst van graan van 55 kton bij 10 000 ha is uitgegaan van een opbrengst van 45 GJ/ha.

Tabel 15 Biomassa potentieel in Nederland (PJ) Deel 2: Omvang in 2014/2015 en potentieel in 2030/2035 en enkele eigenschappen van de stromen

Product/sector	2030/2035				2014/2015				PJ LHV	Stookwaarde (MJ/kg nat)
	Natte biomassa	Droge biomassa	Vethoudende biomassa	Biogeen afval	Natte biomassa	Droge biomassa	Vethoudende biomassa	Biogeen afval		
Voedings- en genotmiddelenindustrie										
Frituur en restvetten			10,5				10,5			
Natte stromen	6,5				3,6				1,0	2,67
RWZI/AWZI-slib										
• Slib RWZI	3,5				2,4				0,6	-1,73
• Slib AWZI	1,4				0,4				0,2	-1,73
Als verbrand				3,4				3,6	0,2	0,79
Agrarische reststromen										
Drijfmest	25,0				2,5				-1,2	-0,83
Droge mest		8,8				8,8				
Stro		2,6				0,0				
Natte gewasresten	11,0				3,0				0,5	0,80
Groente-, Fruit- en Tuinafval & Organische Natte Fractie (GFT en ONF)										
GFT	8,7				3,6				2,0	3,92
ONF in Afval	1,8			3,7	0,6			4,9	1,3	2,88
Zeeoverflow		0,728				0,2			0,3	5,37

Droge biomassa					
Resthout uit houtverwerkende industrie	5,32		4		
Afvalhout	19,76		12,5		
Afvalhout particulier	2		2	0,9	8,37
Papierresiduen		2,3		1,1	0,1
Papier in Afval		12		12	0,57
Nederlandse productiebossen					
Productiebos	3,2		1,9		
Productiebos particulier	4		4	1,8	8,37
Korte omloop bomen	0,0		0,0		
„ 36 => 4036 ha	0,38		0		
Import/onbekend particulier	2		2		
Natuur en landschapsbeheer					
Hout van fruit- en boomteelt	0,4		0,02	0,2	8,77
Hout uit landschap	4,8		5	2,1	8,77
Tuin/landbouw/openbaar groen	7,0		7	3,1	8,37
Natuurgras+bermgras	5,0		0,4	1,0	3,52

Heide	0,0				0			
Aquatische biomassa								
Riet en andere waterplanten	18				0			
Grassoorten op zoute grond	12				0			
Microalgen	1,5				0			
Zeewier	12				0			
Energieteelt								
Schatting Koppejan	3,5				0,26			
hiervan droog		1,2				0,04		
Maïs								
Koolzaad								
Miscanthus								
Gras								
Graan								
Totaal	109,9	62,2	10,5	21,4	16,8	47,4	10,5	21,6

Opmerkingen

- Voor het 2030 potentieel van stro is verondersteld dat 20% van de productie kan worden aangewend voor energie (Koppejan, 2009).
- Bij het huidige gebruik noemt DHV-GL 9,5 PJ voor zeefoverloop, maar dat lijkt niet te kloppen met hun verbrandingswaarde.
- De hoeveelheid hout die particulieren uit zelf uit bossen halen is niet goed bekend. Van de hier ingeschatte 4 PJ wordt maar 1 PJ geregistreerd.
- Bij energieteelt is bij de 0,26 verondersteld dat in Nederland geteelde koolzaadolie niet voor energiedoeleinden wordt ingezet.

Tabel 16 Biomassa potentieel in Nederland (PJ) Deel 3. Informatie over huidige prijzen

Product/sector	Prijzen en opmerkingen				Waarde in mln euro (2030/2035)			
	Prijs	Eenheid	Opmerking	Euro/GJ	Natte biomassa	Droge biomassa	Vethoudende biomassa	Biogeen afval
Voedings- en genotmiddelenindustrie								
Frituur en restvetten	500	euro/ton	vroeger 275	14			142,1	
Natte stromen	28	euro/ton		6	41,8			
RWZI/AWZI-slib								
• Slib RWZI	0	intern		0	0,0			
• Slib AWZI	0	intern		0	0,0			
Als verbrand	-60	euro/ton	Kosten voor AVI verbranding	-24				-80,5
Agrarische reststromen								
Drijfmest	-20	euro/ton		-16	-399,2			
Droge mest	20	euro/ton	Bron België	6		55,0		
Stro	60	euro/ton		4		10,0		
Natte gewasresten	20	euro/ton	Dit kost alleen transport al	7	81,0			
Groente-, Fruit- en Tuinafval & Organische Natte Fractie (GFT en ONF)								
GFT	-60	euro/ton	Biomassa in fracties	-11	-98,1			
ONF in Afval	-60	euro/ton		-14	-25,0			-51,2
Zeevoerloop	25	euro/ton	Schatting	4		2,8		

Droge biomassa					
Resthout uit houtverwerkende industrie	100	euro/ton	schatting	6	30,1
Afvalhout	35	euro/ton	schatting	2	39,1
Afvalhout particulier	60	euro/ton	25-100 (als er voor wordt betaald)		0,0
Papierresiduen	0	euro/ton	geen bron	0	0,0
Papier in Afval	-60	euro/ton		-5	-60,0
Nederlandse productiebossen					
Productiebos	40	euro/ton		4	13,5
Productiebos particulier	60	euro/ton	25-100 (als er voor wordt betaald)		0,0
Korte omloop bomen	80	euro/ton	schatting incl 50 euro voor het land	8	0,0
„ 36 => 4036 ha	80	euro/ton	schatting incl 50 euro voor het land	8	3,2
Import/onbekend particulier	60	euro/ton	25-100 (als er voor wordt betaald)		0,0
Natuur en landschapsbeheer					
Hout van fruit- en boomteelt	20	euro/ton		2	0,8
Hout uit landschap	35	euro/ton		4	16,8
Tuin/landbouw/openbaar groen	60	euro/ton	25-100 (als er voor wordt betaald)		0,0
Natuurgras+bermgras	-15	euro/ton??	range -10 tot -20	-3	-14,7

Heide	20	euro/ton	range 0-40	1	0,0				
Aquatiscche biomassa									
Riet en andere waterplanten	40	euro/ton ds	range 0-40 bij droog	3	45,0				
Grassoorten op zoute grond	150	euro/ton ds	Gekeken naar 117 voor gras opgehoogd naar 150	9	112,5				
Microalgen	200	400 €/ton ds	500 \$/ton droog in 2030?	10	15,0				
Zeewier	150	1000 €/ton ds	(€ 250/ton nat in2020; 131 euro/ton droog) 2050) notitie J range +- 50%	10	120,0				
Energieteelt									
Schatting Koppejan	100	euro/ton ds	schatting incl. 70 euro voor het land	6	20,0				
hiervan droog	115	euro/ton ds	schatting incl. 70 euro voor het land	7	7,8				
Maïs	28	euro/ton	hele plant weinig vervoer	6					
Koolzaad	130	euro/ton ds	hele plant	40					
Miscanthus	44	euro/ton ds	hele plant	7					
Gras	117	euro/ton ds	internet	26					
Graan	200	euro/ton ds	Alleen graankorrels	29					
Totaal						-101,7	179,2	142,1	-191,7

Opmerkingen:

- Euro/ton ds betekent euro/ton droge stof
- De verbrandingswaarde van niet gescheiden ONF of zeefoverloop ligt veel lager rond de 1,5 MJ/kg.

- De kosten voor riet wordt vooral bepaald doordat dit zo volumineus is om te vervoeren. Het vochtgehalte ligt normaal rond de 15%.
- De prijs voor microalgen en zeewier betreffen stelposten. De opbrengst moet vooral komen uit grondstoffen die er eerst uitgehaald worden.
- De prijs bij koolzaad is een mix van de prijs voor het zaad en een prijs voor het stro.

Tabel 17 Biomassa potentieel in Nederland (PJ) Deel 4 : Verdeelsleutel op basis van CBS statistieken

Product/sector	Voorgestelde verdeelsleutel
Voedings- en genotmiddelenindustrie	
Frituur en restvetten	?? mln bevolking/17,282 mln
Natte stromen	?? (mln are cultuurgrond-mln are blijvend grasland)/(177 mln are - 68 mln are)
RWZI/AWZI-slib	
• Slib RWZI	mln bevolking/17,282 mln
• Slib AWZI	?? (mln are cultuurgrond-mln are blijvend grasland)/(177 mln-68 mln)
Als verbrand	mln bevolking/17,282 mln
Agrarische reststromen	
Drijfmest	0,84*mln melkoeien/1,62 mln+0,16*mln varkens/12,4mln
Droge mest	0,26*mln melkoeien/1,62 mln+0,74*mln kippen/97mln
Stro	mln are granen/16,7 mln are
Natte gewasresten	mln are akkerbouwgroenten/6,1 mln are
Groente-, Fruit- en Tuinafval & Organische Natte Fractie (GFT en ONF)	
GFT	mln bevolking/17,282 mln
ONF in Afval	mln bevolking/17,282 mln

Zeefoverloop	mln bevolking/17,282 mln
Droge biomassa	
Resthout uit houtverwerkende industrie	mln bevolking/17,282 mln
Afvalhout	mln bevolking/17,282 mln
Afvalhout particulier	mln bevolking/17,282 mln
Papierresiduen	mln bevolking/17,282 mln
Papier in Afval	mln bevolking/17,282 mln
Nederlandse productiebossen	
Productiebos	ha bos/341270
Productiebos particulier	mln bevolking/17,282 mln
Korte omloop bomen	ha totaal agrarisch terrein/2,236mln ha
„ 36 => 4036 ha	ha totaal agrarisch terrein/2,236mln ha
Import/onbekend particulier	mln bevolking/17,282 mln
Natuur en landschapsbeheer	
Hout van fruit- en boomteelt	?? ha totaal agrarisch terrein/2,236mln ha
Hout uit landschap	?? 0,5*km totaal gemeentelijke en waterschapswegen/126523 km + 0,5* ha park en plantsoen/30819 ha
Tuin/landbouw/ openbaar groen	mln bevolking/17,282 mln
Natuurgras+bermgras	?? 0,4*km totaal gemeentelijke en waterschapswegen/126523 km + 0,6* ha bos/341270 ha (er zijn geen betere indicatoren)

Heide		ha open droog natuurlijk terrein / 95055 ha
Aquatiscie biomassa		
Riet en andere waterplanten		ha open nat natuurlijk terrein + ha recreatief binnenwater + ha overig binnenwater /(62631 ha+1242 ha+107129 ha)
Grassoorten op zoute grond		50% zeeland, 10% noord Holland 40% Groningen
Microalgen		ha totaal agrarisch terrein/2,236mln ha
Zeewier		Noordzee
Energieteelt		
Schatting Koppejan		ha totaal agrarisch terrein/2,236mln ha ?? mln bevolking/17,282 mln
	hiervan droog	
Maïs		?? (mln are cultuurgrond-mln are blijvend grasland)/(177 mln are-68 mln are)
Koolzaad		
Miscanthus		mln bevolking/17,282 mln
Gras		?? (mln are cultuurgrond-mln are blijvend grasland)/(177 mln-68 mln)
Graan		mln bevolking/17,282 mln

Opmerkingen:

Voor de verdeelsleutel zijn hier de statistische waarden voor heel Nederland voor 2019 ingevuld. Het opnemen van deze cijfers maakt het ook makkelijker om te controleren of de juiste verdeelsleutel gebruikt wordt.