

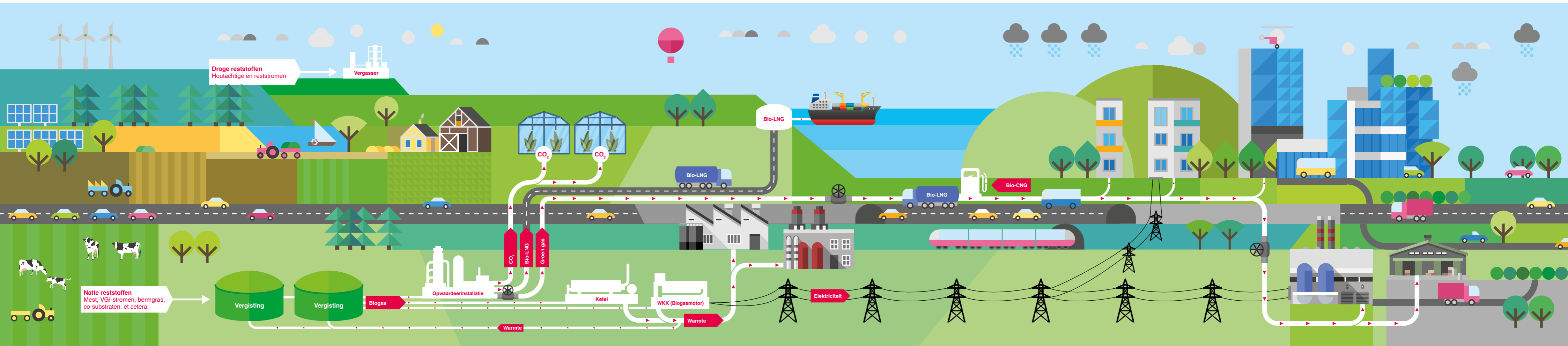
PANORAMA GROEN GAS



2021



Figuur 1: Waardeketen hernieuwbare gassen





Voorwoord van de redactie

Deze brochure gaat over groen gas. Op het eerste gezicht is dat niet bijzonder, want er is de laatste tijd al veel over dit onderwerp gesproken en geschreven. Toch onderscheidt Panorama Groen Gas zich. Het is namelijk géén studie, géén verkenning van kansrijke duurzame gasvormige energiedragers, géén beleidsdocument dat doelstellingen vastlegt en zeker géén pleidooi voor het een of het ander. Het is wél primair een bron van kennis over wat er nu is, een overzicht en uitleg van de wijze waarop vandaag groen gas wordt geproduceerd.

Nederland is bij uitstek een gasland; nergens is het aandeel van (aard)gas in de energievoorziening zo groot als hier. De oorzaak is bekend: de beschikbaarheid, sinds het einde van de jaren vijftig, van enorme eigen voorraden, wat Nederland zelfs in staat stelde om grote hoeveelheden gas te exporteren.

De meeste deskundigen waarschuwen al jaren dat het een illusie is te denken dat onze energievoorziening volledig kan overschakelen op duurzame elektriciteit. De voordelen van gas en zijn infrastructuur zijn evident. Gas heeft een hogere energiedichtheid dan elektriciteit; het is (daardoor) veel gemakkelijker en goedkoper op te slaan en te transporteren. Het invoeden van duurzaam biogas in het aardgasnet heeft enorme voordelen: de bestaande investeringen, particulier en collectief, blijven renderen en de infrastructuur behouden. Een belangrijk voordeel van (groen) gas is daarnaast dat het ongeacht de weersomstandigheden de klok rond energie kan leveren. Door aardgas te vervangen door groen gas zal het al met al een substantiële bijdrage leveren aan de energiebalans en de energietransitie.

De samenstellers van Panorama Groen Gas stellen zich ten doel het aandeel van groen gas in de energiemix te verhogen en ruimte te maken voor kansrijke scenario's. Deze publicatie brengt de verwerkelijking van deze ambitie dichterbij door de kennis over de mogelijkheden van groen gas te verbreden en te verdiepen. We hopen daarmee bij te dragen aan de oplossing van wat we gerust het grootste vraagstuk van onze tijd mogen noemen: hoe klimaatverandering tegen te gaan zonder de energievoorzieningszekerheid en sociaaleconomische vooruitzichten van ons land op het spel te zetten.

Panorama Groen Gas:
géén studie,
géén verkenning,
géén beleidsdocument,
géén pleidooi.
Wél een bron van
kennis!

Inhoudsopgave

1. Inleiding	9	Stortgasinstallaties	25
		Vergassing	25
2. Biograndstoffen: grondstof voor vergisters en vergassers	10	5. Conversie	27
Inleiding	10	Inleiding	27
Mest	12	Ketel	27
Reststromen uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie	13	Warmte/krachtkoppeling (WKK)	27
Gewassen	13	Pressure Swing-Adsorptie: CO ₂ -verwijdering met behulp van een vaste stof	29
Reststromen uit natuur en landschap	14	Chemische /organische absorptie: CO ₂ -verwijdering met een chemisch-organisch oplosmiddel	30
Dierlijke bijproducten	14	CO ₂ -verwijdering door middel van waterabsorptie	31
Groente-, fruit- en tuinafval (Gft) en organische natte fractie (ONF)	15	CO ₂ -verwijdering door membraanfiltratie	33
Zuiveringsslib	16	CO ₂ -verwijdering door condensatiescheiding (cryogene destillatie)	33
3. Technieken	17	6. Producten	34
Inleiding	17	Inleiding	34
Vergisting	18	Elektriciteit	34
Vergassing	22	Gas in Nm ³ en %	35
4. Categorieën installaties (regelgeving)	23	G-gas	35
Inleiding	23	H-gas	35
Mestcovergisting	23	Bio-CNG	37
Allesvergisting/Gft-vergisting/Overige vergisting	23	Grondstof	37
Grootschalige (alles)vergisting	23	CO ₂ -mineralen en organische stof	37
Monomestvergisting	23		
Slibgisting	25		

7. Producenten	39		
Inleiding	39		
Interactie met de omgeving	40		
8. Projectontwikkeling	43		
Inleiding	43		
Fase 1 Oriëntatie	43		
Fase 2 Haalbaarheid	43		
Fase 3 Ontwerp	44		
Fase 4 Projectvoorbereiding	44		
Fase 5 Realisatie	47		
Fase 6 Beheer	47		
Fase 7 Post SDE-operatie	48		
Optimale condities voor succesvolle projectontwikkeling	48		
9. Transport en distributie	50		
Inleiding	50		
Netbeheerders	50		
Invoeding van groen gas in het transport- en distributienetwerk	51		
Hoofdtransportnet	51		
Regionaal transportnet	53		
Distributienet	53		
Warmtenet	53		
Herleiding groen gas met Garanties van Oorsprong (GvO)	53		
		Pompstations	55
		CO ₂ -net	57
		Energiebedrijven	57
		10. Economie	59
		Inleiding	59
		Macro-economie	59
		Micro-economie	59
		Inkomsten uit de SDE	59
		Inkomsten uit de verkoop van Garanties van Oorsprong (GvO)	60
		Inkomsten uit de verkoop van Hernieuwbare Brandstofeenheden (HBe)	61
		Inkomsten uit de verkoop van energie	62
		Productiekosten en opbrengsten	63
		Consumentenprijs	64
		11. Klimaat	65
		Inleiding	65
		Geregistreerde broeikasgasreductie	65
		Niet geregistreerde broeikasgasreductie	67
		12. Kaders	69
		Inleiding	69
		Hernieuwbare energierichtlijn	69
		Elektriciteitswet en Gaswet	70

Warmtewet	70	Superkritische watervergassing	85
Klimaatwet	71	Vergassing droge biomassa	87
Routekaart groen gas	71	Waterstof	87
MR Gaskwaliteit	72	Methanisatie	87
Meststoffenwet	72	Bio-LNG	88
Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE)	72		
Emissions Trading System (ETS)	73	15. Idioom	90
Hernieuwbare energie voor vervoer en Hernieuwbare Brandstofeenheden (HBe)	75	Inleiding	90
Duurzaamheidssystemen	76	(Bio)grondstoffen	90
Bewijs van duurzaamheid/Proof of Sustainability (PoS)	77	Eenheden (Nm ³ /MJ/kWh/MW/MWh/PJ)	90
		Energetisch rendement	91
13. Toezichhouders	78	MEP, OV-MEP, SDE, SDE+, SDE++	91
Inleiding	80	Broeikasgassen	91
Autoriteit Consument en Markt (ACM)	80	Biogas, syngas, groen gas, Power-to-Gas (P2G), hernieuwbaar gas	92
Staatstoezicht op de Mijnen (SodM)	80	Carbon Credits	92
De Nederlands Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA)	80	Well-to-wheel	93
Nederlandse Emissieautoriteit (NEa)	81	CCS/CCU	93
		CO ₂ -emissies (kort-langcyclisch)	94
14. Toekomst	83	16. Panorama	96
Inleiding	83	Werkwijze	96
Autogeneratieve hogedrukgingsting/Autogenerative High Pressure Digestion (AHPD)	83		
Vergassing, de techniek	85	17. Fotoverantwoording	98

1. Inleiding

Een van de resultaten van het Klimaatakkoord is dat groen gas een gedefinieerde rol in de energietransitie en het bereiken van klimaatdoelen heeft gekregen. Groen gas is daarbij nodig voor zwaar wegtransport, zware industrie en in de gebouwde omgeving.

De afgelopen decennia is veel ervaring opgedaan met de productie van groen gas (biogas), dat qua samenstelling vergelijkbaar is met aardgas, maar wordt gewonnen uit duurzame biogrondstoffen zoals plantaardige restproducten en rioolslib en (dus) geldt als CO₂-neutraal.

Het Panorama Groen Gas, een publicatie van brancheverenigingen in de biogassectoren en de gasdistributiewereld, biedt een overzicht van de huidige biogas- en groengassector. Van productie tot en met afname, van de kaders waarbinnen groen gas wordt gemaakt en de organisatie van het ketentoezicht. Stakeholders die beroepshalve met biogas in aanraking komen, ontvangen met het Panorama Groen Gas een praktisch naslagwerk. Beleidsmakers geeft het inzicht in de bestaande situatie, zodat zij bij het ontwerpen van de wegen naar 2030 vanuit hetzelfde punt vertrekken. Voor huidige en toekomstige ondernemers is het een welkom hulpmiddel om klanten en omgeving te informeren over de sector.

De inhoud omvat een uitgebreid overzicht van de gebruikte grondstoffen, technologieën, productiemiddelen, transportmogelijkheden en regelingen die ons vandaag mede in staat stellen de ambitieuze doelstelling van het kabinet – opschaling van het productievolume van groen gas naar twee miljard m³ in 2030 – te verwekelijken.



1 Vergistingssilo's

2. Biograndstoffen: grondstof voor vergisters en vergassers

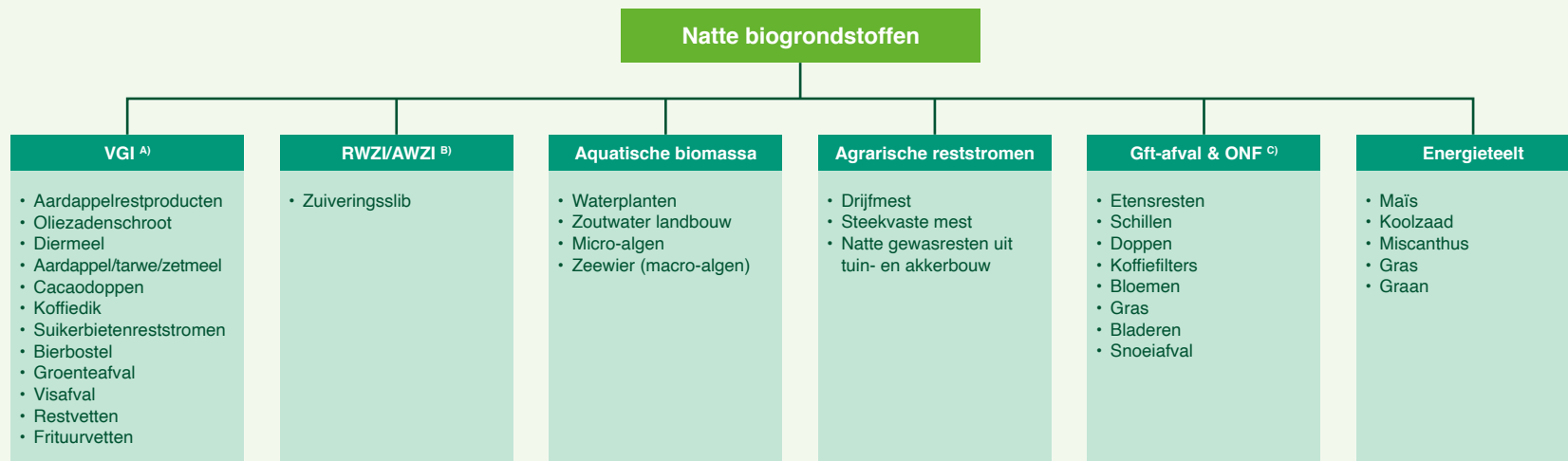
Inleiding

Vergisters en vergassers hebben biograndstoffen (ook wel biomassa genoemd) nodig om groen gas te kunnen maken. Vergisters gebruiken natte en vergassers momenteel voornamelijk droge biograndstoffen. Met name de inzet van droge biograndstoffen is momenteel onderwerp van discussie, omdat Nederland veel houtachtige biograndstoffen importeert voor verbranding in kolencentrales. In figuur 2 en 3 is het onderscheid tussen natte en droge grondstoffen weergegeven.

Biograndstoffen zijn de basis voor voedsel, bodemverbeteraar, chemische bouwstenen, bouw materiaal of als energiebron. Daarom moeten bij de toepassing van

biograndstoffen keuzes gemaakt worden. Meestal worden die keuzes bepaald op basis van de economische en/of maatschappelijke waarde. Zo heeft de inzet als voedsel voor mensen de voorkeur boven het gebruik als diervoer. Energieproductie komt op de laatste plaats. De ene toepassing sluit de andere overigens niet uit. In een vergistingsketen kunnen biograndstoffen bijvoorbeeld eerst gebruikt worden als voer; daarna wordt energie uit de mest gewonnen en wat overblijft is inzetbaar als meststof. Deze getrapte, naar waarde geordende inzet noemen we cascadering.

In opdracht van de overheid heeft de Sociaal Economische Raad (SER) een advies opgesteld over de inzet van alle typen biograndstoffen. Volgens dit advies ligt



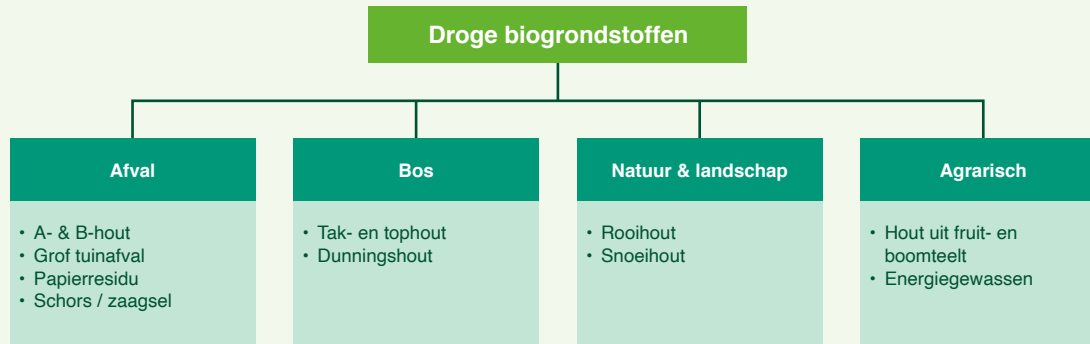
A) Voedings- en genotmiddelindustrie

B) Rioolwaterzuiveringsinstallatie en Afvalwaterzuiveringsinstallatie

C) Groente-, fruit- en tuinafval & Organische Natte Fractie

Figuur 2: Natte biograndstoffen

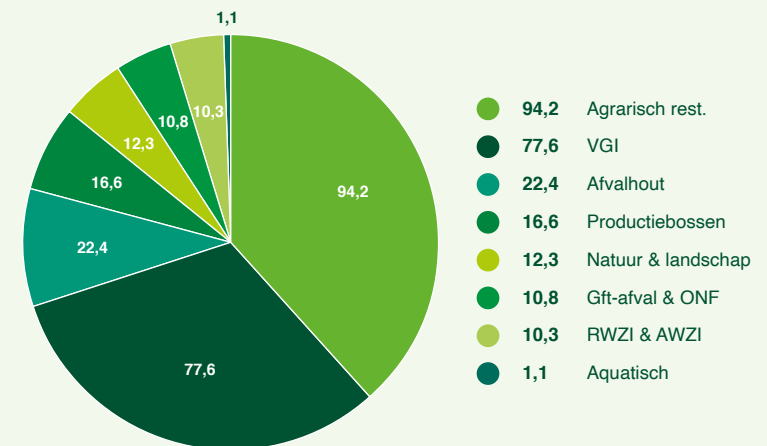
Figuur 3: Droge biograndstoffen



de toekomst van biograndstoffen bij de hoogwaardige inzet ervan als grondstof voor de chemie en materialen. Deze toepassing moet verder worden ontwikkeld en opgebouwd. Voor sommige energetische toepassingen is nog geen duurzaam alternatief beschikbaar. Bij zwaar transport bijvoorbeeld kunnen biograndstoffen een overbruggingsoplossing zijn. Hier is het van belang dat we omschakelen van fossiel naar duurzaam, de SER spreekt in dit geval over ombouw. Tot slot adviseert de SER dat de inzet van biograndstoffen voor laagwaardige warmte (gebouwverwarming) moet worden afgebouwd. Het kabinet is nu aan zet en moet de strategie voor de toepassing in Nederland bepalen, de kaders vastleggen en regie nemen. In de in juni 2020 verschenen *Routekaart Nationale Biograndstoffen* wordt aangegeven hoe we meer biograndstoffen kunnen produceren en bestaande biograndstoffen beter kunnen benutten.

In Nederland is veel biomassa beschikbaar die niet hoogwaardiger ingezet kan worden dan voor energieproductie. Figuur 4 toont de verschillende stromen en hoeveel energie er in potentie uit gewonnen kan worden. De hoeveelheid gas die uit biograndstoffen gewonnen kan worden verschilt. Hoeveel hangt af van aard en samenstelling. Meer informatie over biograndstoffen en hun biogaspotentieel is te vinden in de *European Feedstock Atlas*.

In de komende paragrafen worden de belangrijkste biograndstoffen voor de productie van biogas beschreven.



Figuur 4: Energie-inhoud biograndstoffen in Nederland (PJ)

Mest

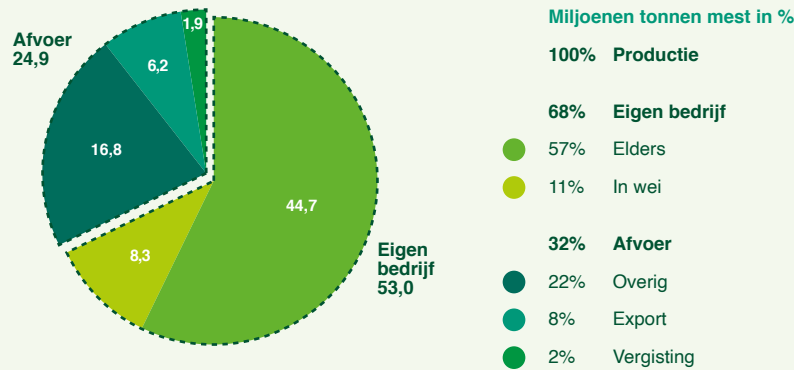
De urine en ontlasting van de Nederlandse veestapel noemen we mest. Van alle in Nederland vrijkomende biograndstoffen heeft mest weliswaar het grootste volume, maar het wordt zeer verspreid, op ruim 25.000 veehouderijbedrijven, geproduceerd. Hierdoor moet, om mest voor energietoepassingen en hergebruik van de mineralen en organische stof in te zetten, veel werk worden verzet. Dierlijke mest wordt bij voorkeur zoveel mogelijk binnen de kringloop van het eigen bedrijf of in de regio gebruikt om de bodemvruchtbaarheid in stand te houden. Door de weidegang van koeien belandt circa 11% van alle mest op het land; de overige 89% komt eerst in de stal terecht en daarna voor een aanzienlijk deel alsnog op het land, omdat organische stof en mineralen bijdragen aan een gezonde bodem. Bacteriën zetten in de vergister de makkelijk afbreekbare organische stof om in methaan. Dat is niet bezwaarlijk, doordat dit deel van de organische stof zo snel verteert dat het niet bijdraagt aan de opbouw daarvan in de bodem. Wat overblijft na vergisting noemen we digestaat; dit is vergelijkbaar met drijfmest en geschikt om de bodem te voeden.

Van de totale hoeveelheid mest wordt 2,4% aangewend voor de productie van biogas. Figuur 5 laat zien wat er met de Nederlandse mest gebeurt. In 2019 werd in Nederland 74.439 kiloton mest geproduceerd, voornamelijk door rundvee en varkens.

De hoeveelheid biogas die bacteriën uit mest kunnen maken verschilt per soort en de wijze van opslag. In de regel levert versere mest meer biogas dan oudere mest.



Figuur 5: Mest en vergisting
Productie van mest in Nederland in miljoenen ton: 77,9

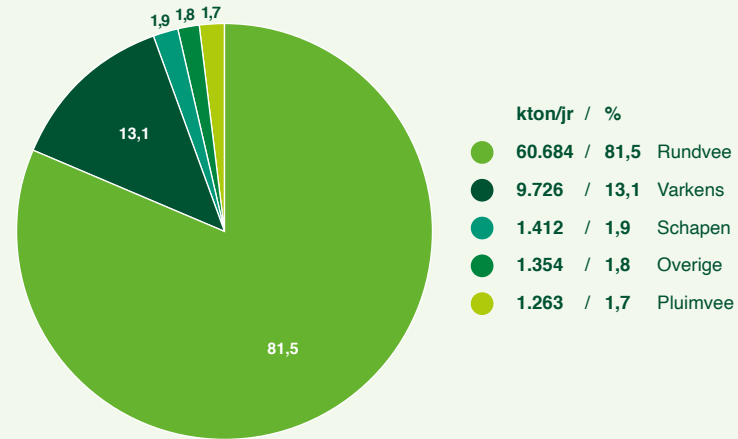


Het biogaspotentieel is het laagste bij drijfmest van varkens – circa 20 Nm³ biogas/ton – en het hoogste bij kippenmest – meer dan 200 Nm³ biogas/ton. Figuur 6 laat zien hoe de volumes mest van de verschillende dieren zich tot elkaar verhouden.

Reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie

Reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie (VGI) noemen we VGI-stromen. Voorbeelden hiervan zijn suikerbietenpuntjes en aardappelschillen. Over het algemeen zijn het interessante stromen voor energieproductie, doordat ze in grote hoeveelheden beschikbaar zijn, veelal een uniforme samenstelling hebben en vaak ook nog behoorlijk wat energie bevatten. In de voedings- en genotmiddelenindustrie in Nederland zijn bijna 7000 bedrijven actief, die gezamenlijk 6,8 Mton vergistbare reststromen produceren. Een aanzienlijk deel

Figuur 6: Mest en diersoorten
Verhouding mesthoeveelheid per diersoort



hiervan kan hoogwaardig worden toegepast als veevoer of als grondstof voor de productie van biodiesel; circa 45% van deze stroom is beschikbaar voor vergisting.

Gewassen

Sommige gewassen worden specifiek verbouwd om energie uit te winnen. Voorbeelden van deze energiegewassen zijn maïs of koolzaad. Energiewinning uit deze gewassen concurreert mogelijk met de productie van voedsel en wordt daarom via regelgeving (onder meer via de *Renewable Energy Directive, RED II*) ontmoedigd. In Nederland worden gewassen voornamelijk gebruikt voor voedselproductie; uit de residustromen wordt energie gewonnen. Slechts een enkele vergister gebruikt nog maïs als deel van het biograndstoffenmenu.

3 Cacaodoppen



4 Afgekeurde uien



5 Natuurgras



In de meeste andere Europese landen bestaat geen bezwaar tegen gebruik van energiegewassen op voorwaarde dat deze afkomstig zijn uit tussenoogsten. Zij zetten hier sterk op in en combineren het opwekken van energie uit tussenoogsten met het verbeteren en regenereren van de bodemkwaliteit.

Reststromen uit natuur- en landschap

Bij het onderhouden en beheren van het landschap komen biograndstoffen vrij. Voorbeelden hiervan zijn natuur- en bermgras, snoeiafval en gemeentelijk groenafval. Op dit moment wordt dit materiaal meestal gecomposteerd en vervolgens ingezet voor bodemverbetering. Natuur- en bermgras wordt beperkt ingezet in vergisters; houtachtige stromen zijn niet geschikt om te vergisten en worden versnipperd en uitgestrooid, gecomposteerd of verbrand.

Dierlijke bijproducten

Onder dierlijke bijproducten vallen alle producten met ingrediënten van dierlijke oorsprong die niet worden gebruikt voor menselijke consumptie, bijvoorbeeld omdat dat verboden is of economisch onaantrekkelijk.

De *Europese Verordening Dierlijke Bijproducten* onderscheidt op basis van het risico voor de volks- en diergezondheid drie categorieën van deze biograndstoffen. Producten van Categorie 1 brengen het hoogste risico met zich mee en van Categorie 3 het laagste. Alleen producten uit de Categorieën 2 en 3 mogen worden omgezet naar biogas. Producten uit Categorie 1 moeten óf worden verbrand óf verwerkt tot biodiesel.

Bij de slacht vrijkomende mest en inhoud van het maagdarmkanaal van pluimvee, varkens en herkauwers zijn ook voorbeelden van dierlijke bijproducten die worden

6 Over-datum-producten



7 Gft-afval



8 Zuiveringslib



gebruikt in biogasinstallaties. Deze producten vallen in Categorie 2. Bij onderdeel C2 van bijlage Aa van de *Uitvoeringsregeling Meststoffenwet* worden meer stoffen van dierlijke herkomst genoemd die onder voorwaarden gebruikt mogen worden voor de productie van biogas. Voor het produceren van biogas uit dierlijke bijproducten moet de vergistingsinstallatie erkend en geschikt zijn volgens de *Verordening Dierlijke Bijproducten*.

Groente-, fruit- en tuinafval (Gft) en organische natte fractie (ONF)

Groente-, fruit- en tuinafval (Gft) en organische natte fractie (ONF) zijn organische afvalstromen afkomstig uit Nederlandse huishoudens. Gft-afval is organisch huishoudelijk afval dat gescheiden wordt ingezameld. Ondanks dat Nederlandse huishoudens goed zijn in afval scheiden, bevat ook het restafval nog ongeveer 35% organisch materiaal; dit wordt ONF genoemd. Jaarlijks komt ongeveer 1,3 miljoen ton Gft-afval en 2,6 miljoen ton ONF vrij.

Tegenwoordig is goede technologie beschikbaar om de ONF te scheiden van het restafval. Deze afvalstromen kunnen worden ingezet in vergistingsinstallaties voor de productie van biogas. Het digestaat dat overblijft na het vergisten van Gft-afval, is geschikt voor de productie van compost. Digestaat uit een ONF-vergister moet vanwege de onbepaalde samenstelling worden verbrand.

Zuiveringslib

Zuiveringslib is een restproduct dat overblijft na zuivering van afvalwater in waterzuiveringsinstallaties. Het bestaat uit niet afgebroken organisch materiaal uit het afvalwater en de resten van bacteriën die het afvalwater zuiveren; beide kunnen worden vergist. Hierdoor neemt de hoeveelheid slib af en wordt biogas gevormd. Uit Nederlandse rioolwaterzuiveringen komt jaarlijks 1250 kiloton zuiveringslib vrij, een vergelijkbare hoeveelheid (1267 kiloton) ontstaat bij zuivering van afvalwater door bedrijven.

9 Vergistingsinstallatie in het landschap



3. Technieken

Inleiding

Er zijn twee manieren om van biograndstoffen gas te maken:

1. Met behulp van bacteriën: dan spreken we van vergisting.
2. Onder hoge temperatuur: dit noemen we vergassing.

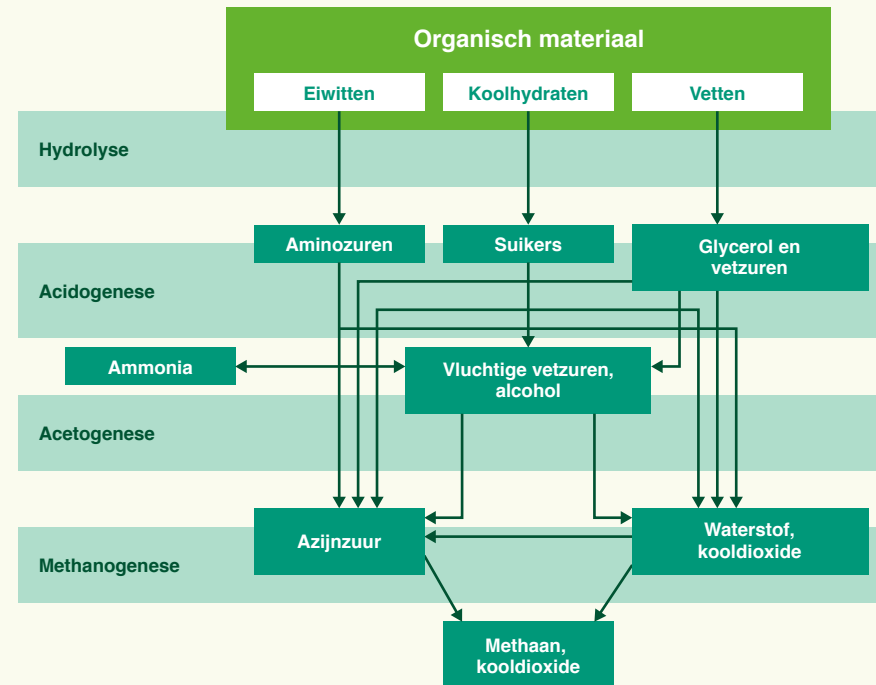
Beide technieken hebben gemeen dat ze de biograndstoffen afbreken in steeds kleinere delen, totdat uiteindelijk voornamelijk methaan en kooldioxide overblijven (bij vergisting) of een mengsel van methaan, waterstof en koolmonoxide (bij vergassing).

In figuur 7 (hiernaast) en figuur 8 (op pagina 18) is te zien hoe dat gaat.

Vergisting vindt plaats in een anaerobe (zuurstofloze) omgeving, waarbij verschillende types bacteriën de biograndstoffen steeds verder afbreken. Voor iedere stap in nevenstaand schema is een andere groep bacteriën verantwoordelijk. Een vergister heeft in de regel natte biograndstoffen nodig, gebruikt meer tijd om de biograndstoffen af te breken (een verblijftijd van enkele weken) en is in staat om een groot deel van de organische stof om te zetten in een brandbaar gas dat we biogas noemen. Biogas heeft een methaangehalte van tussen de 50 en 65%; de rest bestaat voor het grootste deel uit kooldioxide.

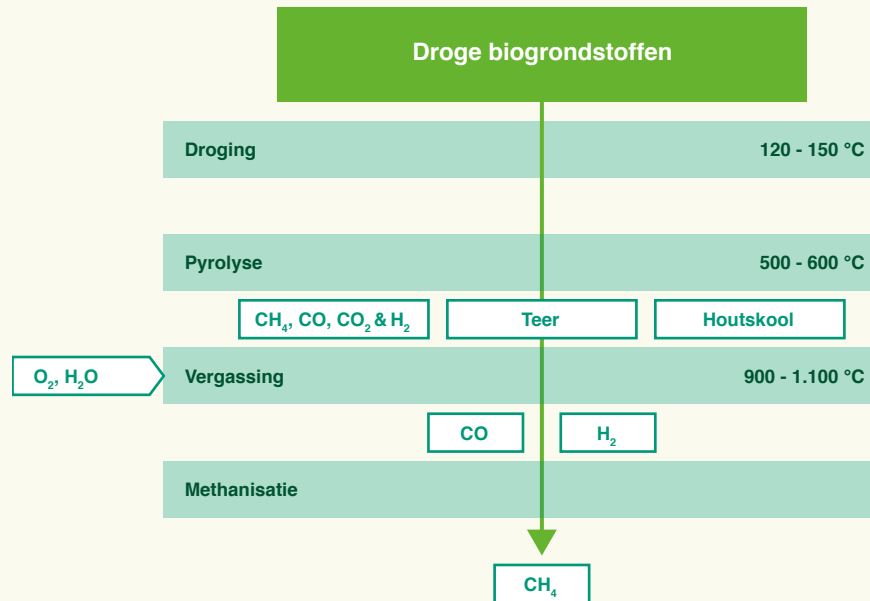
Vergassing gebruikt droge biograndstoffen zoals hout en zet bijna alle organische stof snel (in enkele minuten) om in een brandbaar gasmengsel, dat na verdere bewerking geschikt is als grondstof voor de chemie (CO en H₂). Door een

Figuur 7: Vergisting



methanisatiestap toe te voegen kan van CO en H₂ methaan en uiteindelijk groen gas worden gemaakt.

Figuur 8: Vergassing



Vergisting

Vergisters kunnen op verschillende manieren worden ingedeeld:

- 1) op basis van het vochtgehalte van de input (nat/droog),
- 2) op basis van het reactortype (CSTR/Propstroom) en
- 3) op basis van temperatuur.

We lichten deze drie categorieën vergisters hierna toe.

1. Vochtgehalte

Natte vergisting

Natvergisters werken met biogrondstoffen die minimaal 80% water bevatten of waaraan voldoende water is toegevoegd om de grondstoffen verpompbaar te maken. Dankzij dit hoge vochtgehalte is ook het digestaat dat overblijft na vergisting, goed te verpompen. De inhoud van natvergisters wordt verwarmd en geroerd.

Voordat de biogrondstoffen in een natvergister worden verwerkt, vindt meestal een voorbehandeling plaats: elementen die het proces kunnen verstoren, zoals bijvoorbeeld stenen, worden verwijderd en soms wordt de hoeveelheid biogrondstof verkleind, wat de vergistbaarheid verhoogt. Na de natvergisting volgt meestal navergisting. Hier krijgt het digestaat de tijd om te stabiliseren. Het digestaat is stabiel als de bacteriën niet meer actief zijn en de gasproductie stopt.

De natvergister is het meest voorkomende type vergister; het vermogen varieert van 0,07 tot 34 MW.

10 Industriële vergister Wabico in Waalwijk



Droge vergisting

Dit type vergisting werkt met natte reststofstromen die minder water bevatten (60 tot 80%) dan de biograndstoffen in een natvergister. Het betreft hier vaak biograndstoffen die ook geschikt zijn om compost van te maken.

Een droogvergister werkt volgens het batch-principe, wat inhoudt dat de vergister wordt gevuld met grondstoffen die, om de juiste bacteriën te krijgen, worden geënt met materiaal uit een vorige lading. Na een verblijftijd van 30 dagen zijn alle makkelijk afbreekbare organische stoffdelen omgezet in biogas. Het restmateriaal wordt gecomposteerd en verkocht.

Droge vergisting is vooral interessant voor biograndstoffen waarin veel makkelijk afbreekbare organische stof zit, maar die verontreinigd is met bijvoorbeeld zwerfvuil en/of zand. Dit soort stromen is in natvergisters niet te verwerken.

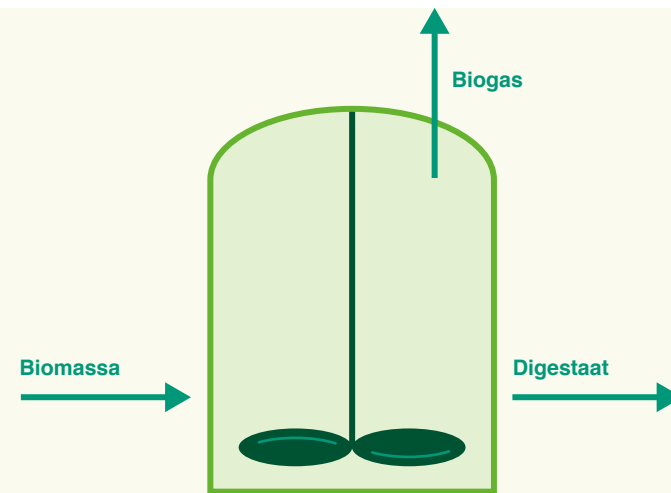
In Nederland staan twee installaties die volgens dit principe werken.

2. Reactortypes

Continuous stirred tank reactor (CSTR)

Een (continuous) stirred tank reactor (CSTR), oftewel vergister met roerwerk, is het meest voorkomende reactortype bij natvergisters. Figuur 9 is een schematische weergave van zo'n reactor. Het is een eenvoudig ontwerp. De menginrichting (het roerwerk) bevindt zich in een cilindrische tank, waarop vaak een bolle flexibele kap is geplaatst, waaronder het biogas wordt opgeslagen. Soms heeft de installatie een vast plat dak.

Figuur 9: Vergister met roerwerk

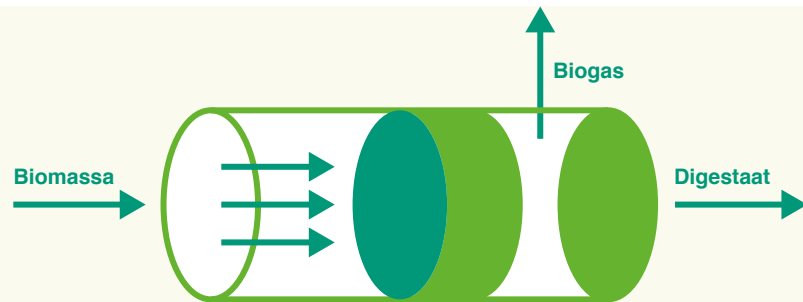


In de tank wordt continu biograndstof toegevoegd en vermengd met de daar al aanwezige grondstoffen, waardoor een goede warmteoverdracht ontstaat.

Overtollig digestaat wordt afgepompt naar een opslagtank. De menging voorkomt het ontstaan van drijf- of zinklagen en zorgt ervoor dat de verschillende stadia in het vergistingsproces over de gehele tank verspreid worden.

Het gehalte droge stof is, afhankelijk van het mengsysteem, beperkt tot maximaal 15%. Een voorbehandeling zorgt ervoor dat de biograndstof niet te droog is en niet te veel grote delen bevat.

Figuur 10: Propstroomreactor



Propstroomreactor

In een propstroomreactor wordt de biograndstof aan één zijde van de reactor ingevoerd en verlaat deze aan de tegenoverliggende zijde de reactor. De biograndstof beweegt als een prop door de reactor, waardoor de verschillende fasen van vergisting zich niet in de reactor kunnen vermengen en het materiaal dat de reactor verlaat, zo goed als volledig is afgebroken. Omdat geen vermenging plaatsvindt, is het proces wel gevoeliger voor verstoringen. Om die reden wordt het vooral gebruikt voor biograndstoffen met een constante kwaliteit.

De biograndstof wordt traag voortbewogen, waardoor het energiegebruik laag is, minder slijtage optreedt, hogere gehalten droge stof mogelijk zijn en weinig voorbehandeling van de biograndstof vereist is. Daartegenover staat dat alle onderdelen van een propstroomreactor zeer robuust moeten zijn uitgevoerd, wat hoge investeringskosten met zich meebrengt, en de schaalgrootte beperkt. Propstroomreactoren worden vaak gebruikt om Gft-afval te vergisten. Er staan zeven installaties in Nederland.

Figuur 10 en foto 11 tonen het principe en een foto van een propstroomreactor.



11 Propstroomvergister

3. Temperatuur

Psychrofiële, mesofiële & thermofiële vergisters

Naast een onderscheid op basis van technologie is nog een ander onderscheid te maken, volgend uit de temperaturen die nodig zijn om het proces goed te laten verlopen. Psychrofiële vergisting vindt plaats bij temperaturen die tussen de 10 en 20°C liggen. Dit type vergisting gebeurt bijvoorbeeld in een mestkelder. Bij deze temperaturen zijn zeer lange verblijftijden nodig om de biograndstoffen af te kunnen breken. Daarom wordt dit type ook niet gebruikt om biogas te produceren.

Een mesofiële vergister werkt op temperaturen tussen de 20 - 45°C (meestal rond 37°C) en een thermofiële vergister op temperaturen die tussen de 50 en 60°C liggen.

De mesofiële vergister is het meest voorkomende type vergister in Nederland. Mesofiële vergisting is een robuuster proces in vergelijking met thermofiële vergisting, heeft een lagere energiebehoefte en is minder gevoelig voor toxiciteit. Het proces verloopt trager, maar bij een voldoende lange verblijftijd – gemiddeld tussen de 25 en 40 dagen – wordt uiteindelijk evenveel biogas geproduceerd.

Bij thermofiële vergisting verloopt het afbraakproces sneller, waardoor een hogere belasting van de reactor mogelijk wordt. Door de kortere verblijftijd, van 15 tot 25 dagen, kunnen de reactoren kleiner worden gebouwd dan bij mesofiële vergisting. De hoge temperatuur zorgt voor het afsterven van pathogene micro-organismen,

maar het proces is desondanks geen volwaardig alternatief voor pasteurisatie. Daarvoor moet de temperatuur van de biograndstof of het digestaat minimaal 1 uur lang 70°C zijn¹⁾. Het thermofiële proces vraagt meer energie en is gevoeliger voor verstoring van de procesparameters. Zo kunnen temperatuurschommelingen van $\pm 2^\circ\text{C}$ het proces al negatief beïnvloeden.

Vergassing

Vergassers maken gebruik van temperaturen van meer dan 700°C om droge, vaak houtachtige biograndstoffen te ontleden in gassen. Daarbij wordt teer, houtskool en een mengsel van gassen gevormd, dat productgas wordt genoemd. Als de temperatuur verder stijgt en stoom of zuurstof wordt toegevoegd, worden ook teer en houtskool gekraakt en ontstaat syngas: een mengsel van waterstof en koolmonoxide. Syngas is geschikt als grondstof voor de chemische industrie; eventuele vervuilingen zoals zwavel dienen dan wel verwijderd te worden. Van syngas kan ook methaan worden gemaakt.

Als het materiaal te vochtig is, bemoeilijkt dit het proces en daalt het energetisch rendement. Daarom wordt de biograndstof vaak eerst gedroogd en verkleind, waardoor de biograndstof makkelijker is te hanteren en sneller vergast.

Een vergasser is in staat om ook moeilijk afbreekbare biograndstoffen om te zetten in gas en doet dat ook nog eens bijzonder snel, binnen enkele minuten. Het zijn industriële installaties met een vermogen van 6 MW of meer. Na vergassing blijft as over.

In Nederland zijn drie biovergassers in bedrijf.

¹⁾ Afhankelijk van het materiaal, systeem en de verblijftijd zijn lagere temperaturen toegestaan, bij Categorie 3 materiaal bijvoorbeeld 60 graden gedurende 24 uur of 55 graden gedurende drie dagen.

4. Categorieën installaties (regelgeving)

Inleiding

De Nederlandse overheid stimuleert de productie van duurzame energie met de *Subsidieregeling Stimulering Duurzame Energie* (SDE++) en haar voorgangers SDE+, SDE en MEP. De SDE-regeling onderscheidt een aantal categorieën installaties, die ieder een ander subsidietarief nodig hebben om rendabel te kunnen zijn. De indeling is voornamelijk gebaseerd op de gebruikte biogroundstoffen. Het gaat om de volgende typen installaties.

Mestcovergisting

Een mestcovergister gebruikt minimaal 50% mest als grondstof; het overige deel moet uit biogroundstoffen bestaan die genoemd worden in Bijlage Aa van de *Uitvoeringsregeling Meststoffenwet*. Voorbeelden van enkele veelgebruikte biogroundstoffen uit Bijlage Aa zijn aardappelstoomschillen, bietenpunten en -perspulp, glycerine en berm- en slotmaaisel. Wanneer deze bestanddelen in de juiste verhouding worden verwerkt, mag het restproduct, het digestaat, als mest worden aangewend.

In 2018 is de categorie SDE+-mestcovergisting samengevoegd met de categorie grootschalige monomestvergisting; in 2019 is dat weer ongedaan gemaakt en heeft men besloten om mestcovergisting te combineren met de categorie allesvergisting.

Allesvergisting/Gft-vergisting/Overige vergisting

Dit zijn allemaal benamingen die in de SDE gebruikt werden om vergisters aan te duiden die geen mest als grondstof gebruiken en ook geen zuiveringsslib. Het

digestaat uit deze installaties mag, anders dan bij digestaat uit een mestcovergister, niet als dierlijke mest gebruikt worden maar onder bepaalde *voorwaarden* wel als compost of als overige organische meststof. Die kan dan ingezet worden om de bodemvruchtbaarheid te verbeteren. Voorbeelden van enkele veelgebruikte biomassastromen door dit type vergister zijn Gft-afval, organisch restafval en residuen uit de levensmiddelenindustrie. Voor overige organische meststoffen gelden andere regels dan voor dierlijke mest; omdat de ammoniakuitstoot van overige organische mest veel lager is, hoeft die niet emissiearm verwerkt te worden. Deze mestsoort mag gedurende het hele jaar gebruikt worden en telt mee voor de stikstof- en fosfaatgebruiksnorm.

Grootschalige (alles)vergisting

Sinds 2019 wordt in de SDE zoals gezegd de categorie mestcovergisting gecombineerd met allesvergisting in een verzamelcategorie voor grootschalige installaties. Deze categorie bestaat nu uit allesvergisters, mestcovergisters, overige vergisters en Gft-vergisters.

Monomestvergisting

Installaties die (bijna) alleen mest verwerken vallen in de categorie monomestvergisters. Tot en met 2014 konden die installaties subsidie aanvragen voor projecten waarbij minimaal 95% mest werd vergist; na 2014 is dat veranderd. Projecten die na 2014 subsidie hebben aangevraagd in deze categorie, mogen alleen nog maar mest vergisten.



12 Mestcovergister



13 Slibgisting en biogasinstallatie op RWZI Tiel

14 Stortgasonttrekking, Attero Wijster

In 2017 is een aparte categorie ingesteld voor kleinschalige monomestvergisters met een vermogen van minder dan 400 kW. In eerste instantie omvatte deze categorie vergisters die minimaal 95% mest gebruikten, maar in latere jaargangen is deze eis, zoals hiervoor vermeld, opgeschroefd naar 100%. Deze kleinschalige vergisters zijn goed in te passen in agrarische bedrijven die dan met eigen mest in een deel van het energiegebruik voorzien. Zowel de aanvoer van mest als de afvoer van digestaat kan volledig binnen de eigen bedrijfsvoering plaatsvinden.

Slibgisting

Deze categorie is exclusief bedoeld voor rioolwaterzuiverings- (RWZI's) en afvalwaterzuiveringsinstallaties (AWZI's). RWZI's zuiveren huishoudelijk en bedrijfsafvalwater, AWZI's alleen het laatste. Slibgisting is relatief goedkoop en het elimineert schadelijke micro-organismen. Het is, met andere woorden, een onderdeel van het waterzuiverings- en slibreductieproces. Reguliere vergisting van primair slib (het organische deel van het afvalwater) is op zichzelf een winstgevende activiteit en heeft dus geen subsidies nodig. Tegenwoordig is alleen SDE-subsidie beschikbaar voor technologieën die meer biogasproductie opleveren, zoals thermofiele gisting van secundair slib (het slib dat voornamelijk bestaat uit bacteriën die organisch afval hebben afgebroken), thermische-drukhydrolyse, warmtebehandeling en meertrapsgisting.

Stortgasinstallaties

Uit van stortplaatsen afkomstig biogas wordt al sinds de jaren '90 biogas en groen gas geproduceerd. Bacteriën breken, net als in een vergister, het organische afval



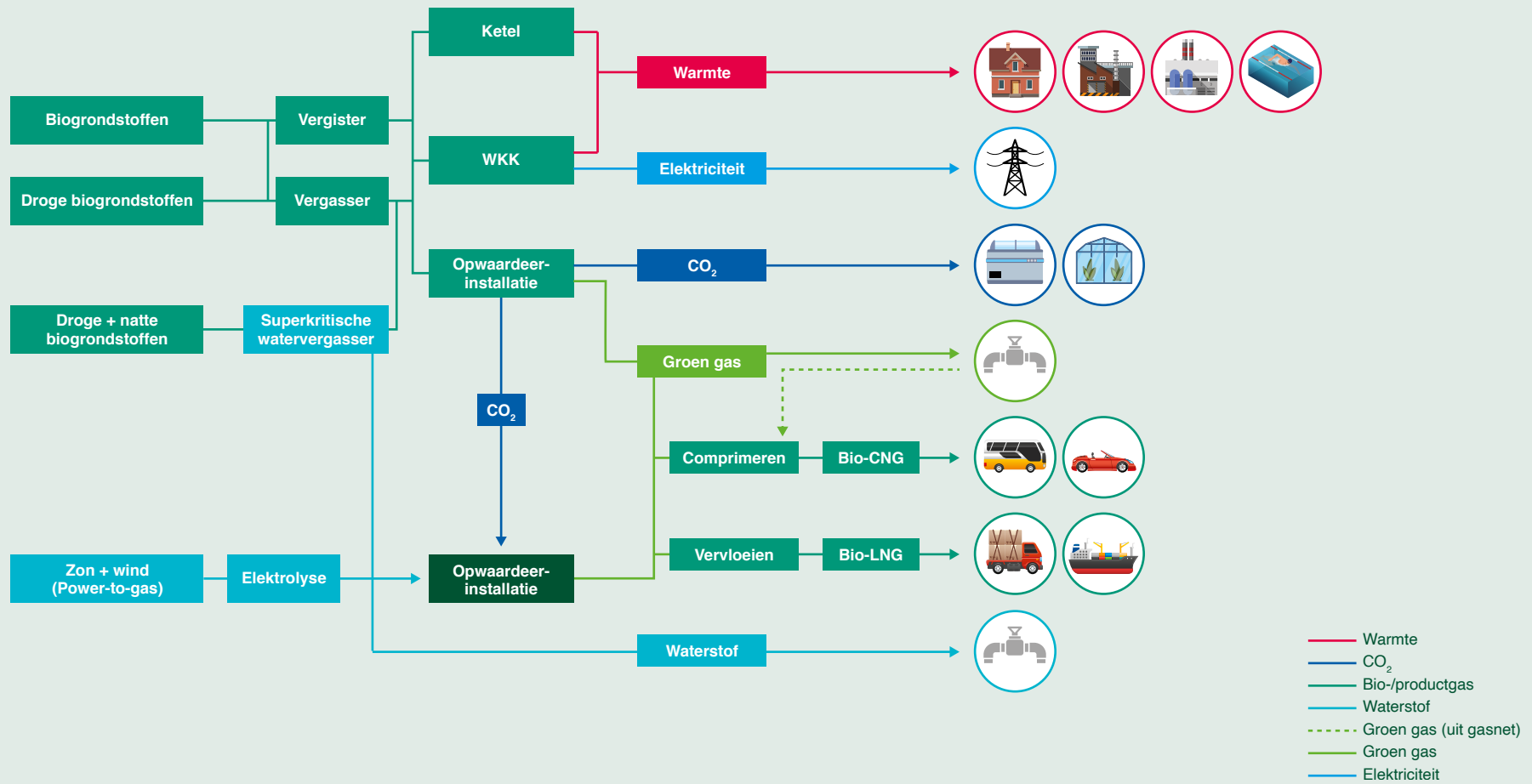
af dat hier gestort is en zetten het om in biogas, dat in dit specifieke geval stortgas wordt genoemd. Dit gas wordt afgevangen en, indien mogelijk, nuttig gebruikt. Omdat in Nederland sinds 2004 een stortverbod voor organisch afval geldt, lopen de volumes die op deze manier geproduceerd worden, snel terug. Het materiaal dat voor die tijd is gestort, is inmiddels grotendeels vergist en alleen met een ontheffing wordt sporadisch nog organisch materiaal gestort. Het is sinds 2011 al niet meer mogelijk om SDE-subsidies aan te vragen voor deze projecten.

Vergassing

Met deze technologie wordt droge biomassa omgezet in een gasmengsel waaruit vervolgens groen gas gemaakt kan worden. Omdat het proces onder hoge temperaturen moet plaatsvinden, wordt dit ook wel thermochemische conversie²⁾ genoemd. Twee typen vergassingsinstallaties komen sinds 2012 in aanmerking voor SDE. De eerste gebruikt meer dan 95% biograndstoffen zoals snoei- en dunningshout, de tweede zogeheten B-hout. Dit is afvalhout dat niet meer geschikt is als grondstof voor producten maar alleen nog voor het opwekken van energie.

²⁾ Conversie betekent omzetting. Een stof of materiaal wordt omgezet in een andere stof of materiaal.

Figuur 11: Routes naar duurzame gassen



5. Conversie

Inleiding

Vergisters en vergassers produceren een brandbaar gas, dat zowel gebruikt kan worden voor de productie van elektriciteit en/of warmte als voor de productie van biogas dat een met aardgas vergelijkbare kwaliteit heeft (groen gas). Bij de productie van groen gas blijft CO₂ over, waar ook een markt voor bestaat. Afhankelijk van de (eind)toepassing moet het gas in meer of mindere mate omgezet worden. In dit hoofdstuk beschrijven we hoe dit in zijn werk gaat.

Ketel

Ketels zetten een brandstof om in warmte door het te verbranden; in huishoudens zijn dit de bekende hoog-rendement-combi-ketels (HR-ketels), die aardgas gebruiken voor ruimte- en leidingwaterverwarming. De industrie past verschillende grote ketels toe die zowel warm water met een lage temperatuur (tot 70°C) als met een hoge temperatuur (tot 120°C/stoom) produceren.

Op dit moment werkt het merendeel van deze systemen op aardgas. De ketels kunnen zonder aanpassing ook gebruik maken van groen gas. Door aanpassing van de brander kunnen ze daarnaast geschikt worden gemaakt voor biogas. Ketels die werken op groen gas, hebben dezelfde efficiëntie (meer dan 90%) en kenmerken (flexibel vraaggestuurd warmteaanbod) als aardgasgestookte ketels.

Warmte/krachtkoppeling (WKK)

Biogas en gas uit een vergasser (syngas) kunnen in een warmte-krachtkoppeling-installatie (WKK) verbrand worden. Een WKK bestaat uit een verbrandingsmotor

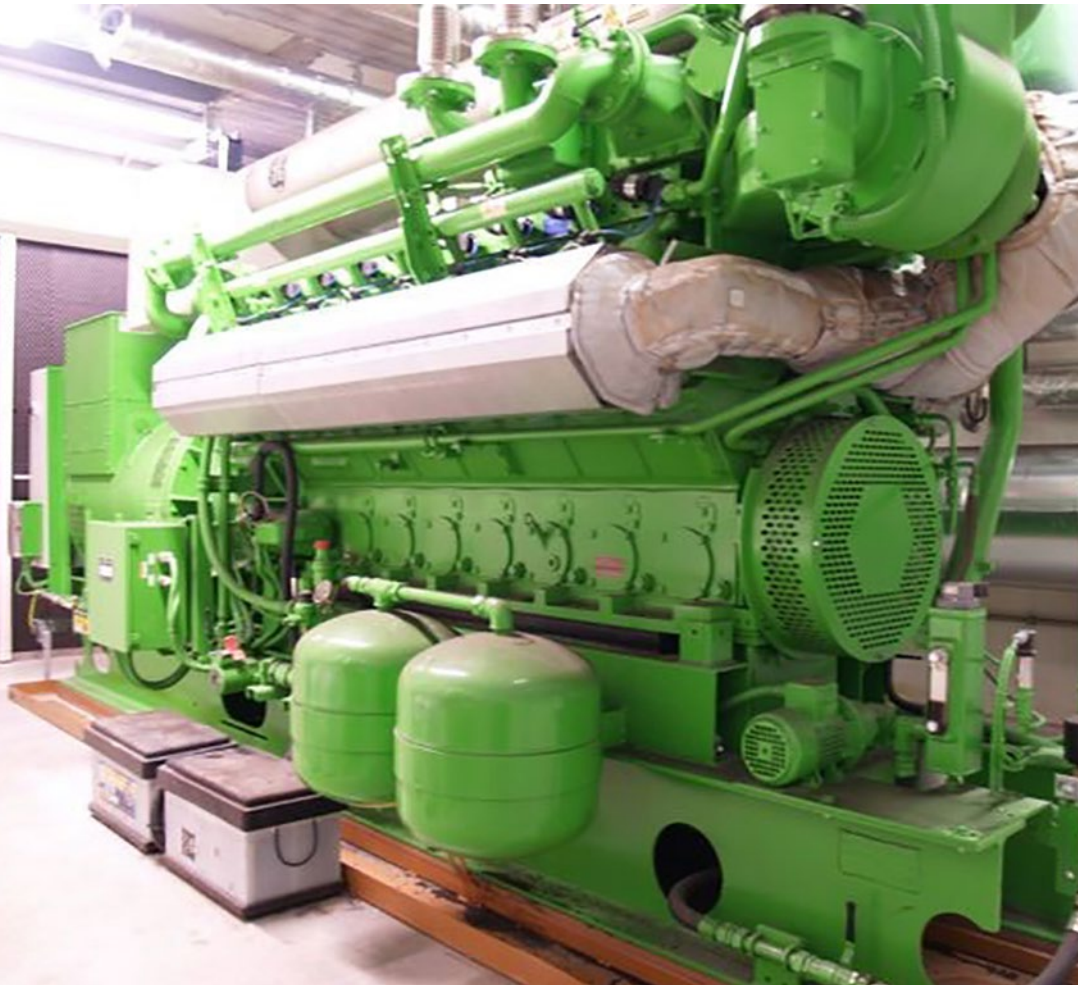
en generator, zodat tegelijkertijd warmte en elektriciteit wordt opgewekt. Door gas te verbranden gaat de motor draaien, die de generator aandrijft waarmee elektriciteit wordt geproduceerd. Hierbij ontstaat ook warmte; een koelvloeistof neemt deze warmte op en voert deze af. Een warmtewisselaar gebruikt de warmte uit de koelvloeistof om warm water te maken voor de verwarming of sanitaire toepassingen. Ook de warmte uit de verbrandingsgassen wordt via condensatie gebruikt voor de warmwaterproductie.

Biogas bevat behoorlijk wat vocht, een beetje zwavelwaterstof en mogelijk nog wat andere microverontreinigingen die een negatief effect kunnen hebben op de levensduur van de WKK. Deze stoffen worden daarom verwijderd voordat het gas de WKK ingaat. Gas uit een vergasser heeft een andere samenstelling, maar ook dat dient nog gereinigd te worden voordat het in een WKK ingezet kan worden. Uit dit gas dient vooral teer te worden verwijderd.

Een WKK kan uit 1 Nm³ biogas maximaal 2,4 kWh elektriciteit produceren, afhankelijk van het methaangehalte van het biogas en de gebruikte techniek. Gas uit een vergasser heeft een lagere energie-inhoud dan biogas; met een WKK kan daar maximaal 1,9 kWh elektriciteit uit 1 Nm³ gas gewonnen worden.

Groen gas

Voordat bio- of syngas als groen gas ingezet mag worden, moet het een aantal bewerkingen ondergaan. De eerste stap is de gasbehandeling, daarna volgt de gasopwaardering en om tenslotte het gas in te kunnen voeden in het gasnet moet het nog op de juiste druk worden gebracht.



15 Warmte-krachtkoppeling

Gasbehandeling

Om biogas of syngas op te kunnen werken tot groen gas, moeten deze eerst worden gedroogd; dat wil zeggen dat water uit het gas wordt verwijderd. Dit gebeurt in verschillende soorten installaties zoals drogers of glycolsystemen.

Daarna moeten andere (schadelijke) sporencomponenten uit biogas of syngas worden verwijderd. In biogas kunnen zich bestanddelen bevinden zoals waterstofsulfide, gehalogeneerde koolwaterstoffen, terpenen en siloxanen. Deze stoffen kunnen schadelijk zijn voor het leidingnet, eindgebruikersapparatuur of de mens. Syngas bevat andere onzuiverheden zoals as, stof, zwavelcomponenten, gebonden stikstof, halogenen en teer. Deze kleinschalige vervuilingen kunnen worden verwijderd met actiefkoolfilters of gaswassers.

Gasopwaardering

De volgende stap is het opwaarderen; oftewel het omzetten van het ruwe biogas (50 tot 65% methaan en 50 tot 35% kooldioxide) naar groen gas, dat dezelfde eigenschappen moet hebben als aardgas en nog maximaal 10% CO₂ bevat. Bij syngas, het product uit vergassing van biograndstoffen, wordt het methaangehalte verhoogd door waterstof te laten reageren met koolmonoxide of kooldioxide, waarbij methaan ontstaat (= methanisatie, zie ook het hoofdstuk Toekomst op pagina 83).

Figuur 12: PSA-installatie

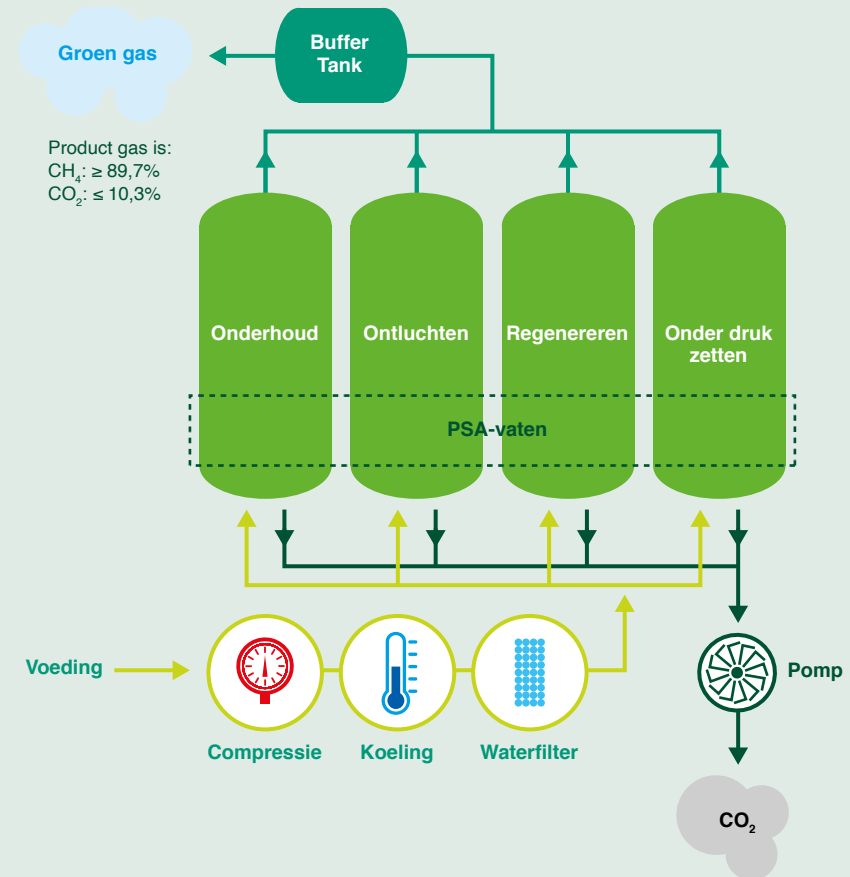
Voor de verwijdering van CO₂ uit biogas wordt meestal één van de volgende vijf technieken toegepast en soms een combinatie daarvan:

- Pressure Swing-Adsorptie
- Chemische/organische absorptie
- Waterabsorptie
- Membraanfiltratie
- Condensatiescheiding (cryogene destillatie).

Pressure Swing-Adsorptie: CO₂-verwijdering met behulp van een vaste stof

Bij deze technologie wordt de CO₂ verwijderd door het te binden aan een vaste stof zoals actief kool³⁾ of zeoliet⁴⁾. Deze stof laat het methaan door en bindt alleen de CO₂. Wanneer de CO₂ eenmaal vastzit in het actief kool, kan zij weer worden losgelaten (regenereren) door de druk te veranderen. Het afvangen van CO₂ gebeurt bij een druk van 6 tot 8 bar en het regenereren bij een druk van minder dan 1 bar.

De meest gebruikte adsorptiemethode om biogas op te waarderen is vacuüm pressure swing adsorption (VPSA). Het hierboven beschreven proces gebeurt in dat geval in kolommen. Omdat maar één proces per keer kan plaatsvinden (afvangen van CO₂ of regenereren van het actief kool), wordt tussen de kolommen geschakeld. Meestal bevat het systeem drie kolommen, waarbij één kolom de CO₂ afvangt, de tweede klaarstaat om dat te doen en de laatste regeneert. Hierdoor kan continu biogas worden opgewaardeerd.



³⁾ Actief kool is een speciaal behandelde koolstof en bevat een groot aantal zeer fijne poriën. Het trekt gasvormige of vloeibare deeltjes (moleculen) aan en niet alle moleculen worden even sterk aangetrokken en vastgehouden (geabsorbeerd). Hierdoor is het mogelijk om ongewenste stoffen uit lucht, gas of water te verwijderen.

⁴⁾ Een zeoliet heeft een vergelijkbare functie als actief kool; alleen bestaat het niet uit koolstof maar is het opgebouwd uit silicium-, aluminium- en zuurstofatomen.

Belangrijke voordelen van dit systeem zijn dat het betrouwbaar is, lang meegaat en dat de energiekosten relatief laag zijn. Nadelen zijn de investeringskosten (door de toepassing van meer kolommen en een schakel mechanisme), het regelmatig moeten vervangen van het actief kool en de kwetsbaarheid voor vervuilingen in het biogas.

Chemische/organische absorptie: CO₂-verwijdering met een chemisch-organisch oplosmiddel

Bij dit type absorptie wordt gebruik gemaakt van een chemisch of organisch oplosmiddel om de CO₂ uit het biogas te verwijderen. Nadat het oplosmiddel is verzadigd met CO₂, vindt altijd regeneratie plaats, waarna deze hergebruikt kan worden. Dit gebeurt door het opwarmen van de vloeistof, waardoor de CO₂ wordt 'uitgekookt'. Het oplosmiddel wordt verwarmd tot een temperatuur van 70 - 110 graden Celsius, waardoor de CO₂ uit de vloeistof borrelt.

De eerste stap in dit proces is de reactie tussen de CO₂ en de vloeistof in een contactkolom⁵⁾. Veelal bevat deze kolom een vulling die het contactoppervlak vergroot, waardoor de omvang van de kolom beperkt kan blijven. De CO₂ lost op in de vloeistof en het methaan gaat verder naar de eindgebruiker. De met CO₂ verzadigde vloeistof wordt naar een andere kolom geleid, waar deze wordt geregenereerd.

Chemische en organische absorptiesystemen worden veel gebruikt voor het opwaarderen van biogas. Voordelen zijn de hoge CO₂-verwijderingsgraad



⁵⁾ Een contactkolom is doorgaans een staande buis waar vloeistof van boven naar beneden beweegt en gas van onder naar boven.

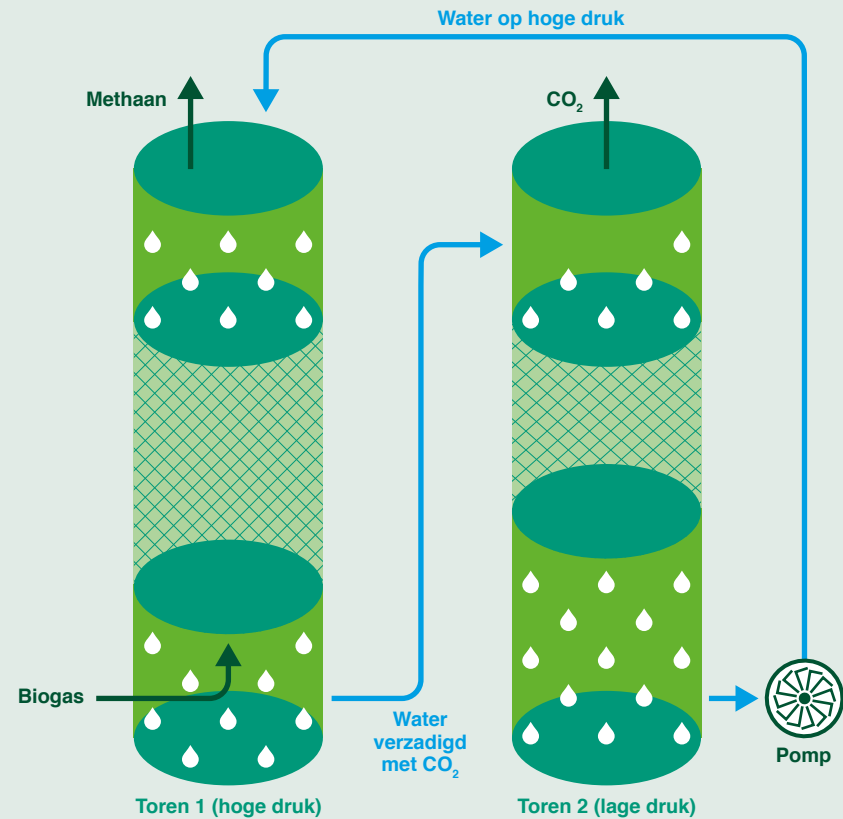
Figuur 13: Waterabsorptie

(tot 99,9%), de pure CO₂-stroom en de flexibiliteit van het systeem. Nadelen zijn het extra energiegebruik voor de regeneratiestap en de kwetsbaarheid voor vervuiling van het oplosmiddel.

CO₂-verwijdering door middel van waterabsorptie

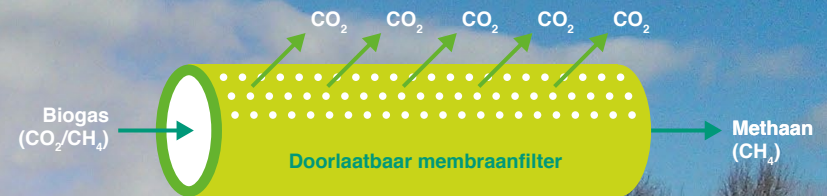
Bij dit type absorptie dient water (onder hoge druk) als oplosmiddel om de CO₂ uit het biogas te verwijderen. Voor het overige verloopt het proces grotendeels hetzelfde als bij chemisch-organische absorptie. Regeneratie vindt plaats door het terugbrengen van de druk naar atmosferisch⁶⁾ niveau. Het afvangen van CO₂ met water gebeurt op een druk van ongeveer 8 bar. Door de verlaging van de druk borrelt het CO₂ uit het water, waardoor het in gasvorm vrijkomt. Hierna dient het water te worden gestript in een zogeheten stripperkolom. Daar wordt lucht door het water geblazen om het restant CO₂ te verwijderen. Vervolgens is het water geschikt voor hergebruik.

Waterabsorptiesystemen worden veel gebruikt om biogas op te waarderen. Voordelen in vergelijking met membraan- en aminesystemen zijn de relatief lage investering en het gunstigere energieverbruik; nadeel is het hogere methaanverlies, ook wel methaanslip genoemd.



⁶⁾ Atmosferische druk wordt gebruikt om de gemiddelde luchtdruk op zeeniveau aan te duiden. Het is iets meer dan 1 bar en werd vroeger ook wel 1 atmosfeer genoemd.

Figuur 14: Membraanfilter



17 Vergister met membraaninstallatie

CO₂-verwijdering door membraanfiltratie

Bij membraanscheiding wordt gebruik gemaakt van de verschillende deeltjes-grootte van methaan en CO₂ en de doorlaatbaarheid van het membraanmateriaal. Het methaan en de CO₂ kunnen worden gescheiden doordat deze moleculen verschillende groottes hebben en het membraan alleen de CO₂ doorlaat. Feitelijk werkt een membraan als een zeef.

Onder hoge druk (10 tot 15 bar) wordt biogas door het membraan geperst. Het membraan zelf heeft de vorm van polyester rietjes, gemaakt van polyester en is samengepakt in afgesloten bundels. Het methaan kan zoals gezegd niet door de gaten in het membraan bewegen; de CO₂ en enkele andere mogelijke vervuilingen zoals zuurstof, ammoniak en water wel. Zo wordt het gasmengsel grotendeels gescheiden. Doordat methaan en CO₂ ongeveer even groot zijn, komt er ook altijd wat methaan mee met de CO₂. Hierdoor treedt een klein verlies aan methaan op, methaanslip genoemd. Een tweetraps-membraaninstallatie met CO₂-opwaarderling is in staat om een verwijderingsrendement van 100% te halen.

Membraansystemen worden het meest gebruikt voor de opwaarderling van biogas. Voordelen zijn dat ze compact zijn en relatief lage investeringskosten met zich meebrengen, weinig onderhoud vergen en modulair toe te passen zijn, waardoor ze met een installatie mee kunnen groeien. Nadelen zijn het methaanverlies en de gevoeligheid voor vervuilingen.

CO₂-verwijdering door condensatiescheiding (cryogene⁷⁾ destillatie)

Cryogene destillatie is een techniek die componenten uit gassen kan verwijderen door gebruik te maken van de verschillen in condensatietemperatuur. Dit kan door afkoeling van de gasstroom tot het punt waarop CO₂ vloeibaar wordt, te weten bij -57 graden Celsius. Methaan wordt pas vloeibaar bij -162 graden Celsius, waardoor tijdens de afkoeling van het gasmengsel eerst vloeibare CO₂ ontstaat en het methaan gasvormig blijft. De vloeibare en (soms) deels vaste ijsvormige CO₂ vloeit uit het systeem en wordt opgevangen voor verdere verwerking en gebruik.

Deze techniek verwijdert alle CO₂ uit de biogasstroom en levert zeer zuivere CO₂ en een bijna 100% zuivere stroom methaan. Dit is een voordeel voor processen waarbij de CO₂ wordt gebruikt, zoals in de levensmiddelenindustrie.

Voor normale opwaarderling is dit proces eigenlijk te goed, aangezien het veel energie kost om de gasstroom voldoende af te koelen en voor invoeding in het gasnet geen zuiver methaan nodig is. Deze technologie heeft dan ook vooral meerwaarde wanneer er behoefte is aan een zeer pure CO₂- en/of methaanstroom.

Er zijn ook systemen die de CO₂ eerst scheiden door gebruik te maken van de ene technologie, zoals membraanfiltratie, waarna zij de CO₂ koelen tot het niveau waarop die vloeibaar wordt. De CO₂ is dan gemakkelijker op te slaan en te vervoeren.

⁷⁾ Cryogeen betekent koudmakend en wordt gebruikt om processen aan te duiden die bij zeer lage temperaturen plaatsvinden.

6. Producten

Inleiding

Uit het gas van vergisters en vergassers kunnen, zoals getoond in het hoofdstuk Conversie, diverse producten gemaakt worden. De belangrijkste zijn: elektriciteit, warmte, groen gas en CO₂. In dit hoofdstuk worden deze producten beschreven.

Elektriciteit

Het grootste deel van het biogas in Nederland wordt omgezet in elektriciteit en warmte via WKK's.

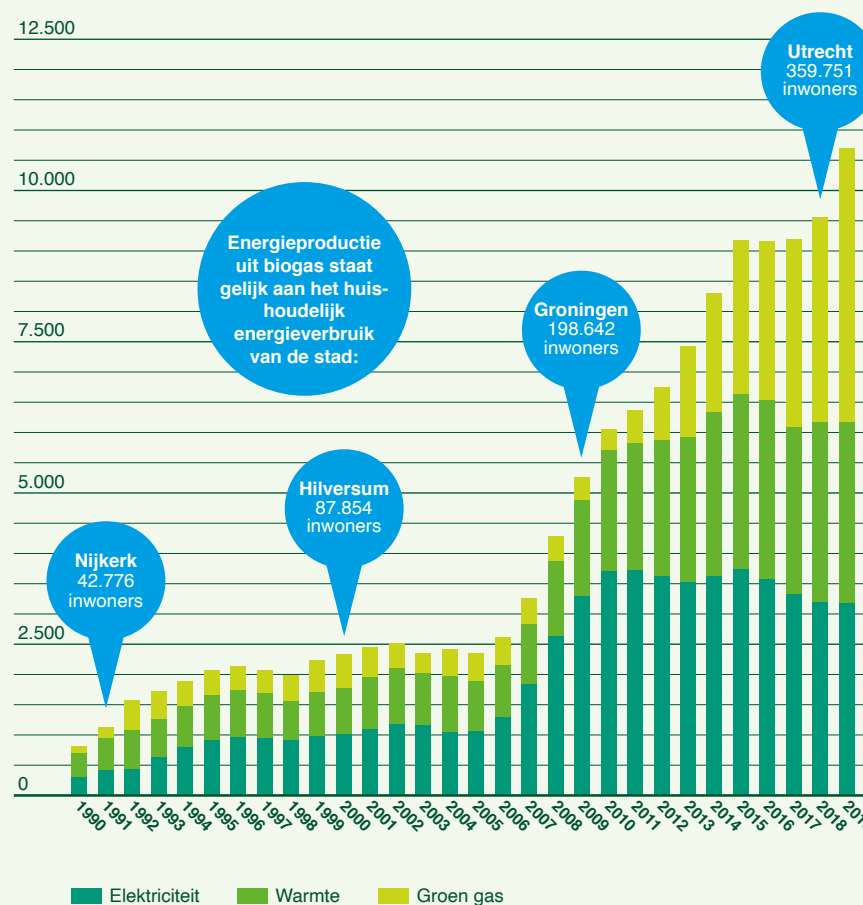
In figuur 15 is te zien hoe de hoeveelheid uit biogas geproduceerde elektriciteit zich heeft ontwikkeld sinds 1990 en hoe dit volume zich verhoudt tot de productie van warmte en groen gas uit biogas. De laatste jaren neemt vooral de productie van groen gas toe. Dat is te danken aan de SDE-regeling, die betere business cases helpt creëren.

Met uitzondering van enkele stortgasinstallaties waren de biogasinstallaties van het eerste uur alle verbonden met een WKK.

Mestcovergistingsinstallaties produceren gezamenlijk 56% van alle elektriciteit uit biogas en leveren daarmee de grootste bijdrage. Na een snelle groei in het begin van deze eeuw zagen we vanaf 2010 een langzame daling optreden.

In tegenstelling tot stroomopwekking door wind en zon is de elektriciteitsproductie uit biogas heel constant en dus voorspelbaar. Via de site www.energieopwek.nl is te zien hoe de productie van hernieuwbare energie uit onder andere zon, wind en biogrondstoffen zich tot elkaar verhouden.

Figuur 15: Energieproductie uit biogas in Nederland (TJ/jaar)



Gas in Nm³ en %

Biogas dat opgewaardeerd wordt naar groen gas vervangt aardgas. In 2019 werd 144 miljoen Nm³ groen gas geproduceerd. Het aandeel aardgas in het Nederlandse energieverbruik is in 2019 toegenomen, nadat dit een aantal jaren nagenoeg gelijk bleef. In 2019 was aardgas goed voor 44% van het energieverbruik (41% in 2018). Door het landelijke gastransportnet stromen, in gescheiden transportnetten, twee verschillende gaskwaliteiten: laagcalorisch gas (G-gas) en hoogcalorisch gas (H-gas). Groen gas dat in een G-gasnet wordt ingevoerd, moet dan ook een andere samenstelling hebben dan groen gas dat bestemd is voor het H-gasnet.

G-gas

De term G-gas staat voor Groningengas. Dit type aardgas bevat meer stikstof dan het gas dat uit de meeste andere gasvelden wordt gewonnen (14%). Doordat stikstof inert (onbrandbaar) is, heeft G-gas een lagere energie-inhoud dan gas waarin zich minder stikstof bevindt. G-gas wordt daarom ook wel laagcalorisch gas (L-gas) genoemd. Vanwege de enorme omvang van het Groningenveld is begin jaren zestig, kort na de ontdekking, besloten om van dit type gas de standaardkwaliteit voor particulier gasgebruik in Nederland, België, delen van Duitsland en Noord-Frankrijk te maken. Alle groengasprojecten in Nederland leveren momenteel daarom gas af met deze kwaliteit.

H-gas

Gas uit andere bronnen dan het Groningenveld bevat over het algemeen veel minder stikstof en meer methaan. Hierdoor is de energie-inhoud ook hoger. We



19 Dikke fractie digestaat



noemen het daarom hoogcalorisch gas (H-gas). H-gas wordt in Nederland via de hoofd- en regionale transportleidingen getransporteerd; de eisen die worden gesteld aan de samenstelling van dit gas zijn ook anders. Groengasproducenten moeten meer kosten maken om H-gas in te kunnen voeren, waardoor ze bij voorkeur G-gas produceren. Op dit moment zijn er daarom nog geen projecten die groen gas op H-gas kwaliteit afleveren.

Bio-CNG

Bio-CNG staat voor Bio Compressed Natural Gas en is gecompriemd groen gas dat dient als transportbrandstof. In 2019 werd 15% van het Nederlandse groen gas als Bio-CNG ingezet. Op een paar locaties is er een directe koppeling tussen een groengasinstallatie en het tankstation, maar in de meeste gevallen wordt groen gas eerst ingevoerd in het aardgasnet. De tankstations voor groen gas gebruiken gas uit het net dat ter plaatse op de juiste druk wordt gebracht. Door groengas-certificaten in te kopen voor het verkochte gasvolume, kan de tankstationhouder aantonen dat het geleverde product groen gas is.

Grondstof

Net als aardgas wordt groen gas niet alleen gebruikt voor energiedoelinden maar dient het ook als grondstof in de chemische industrie, die er basischemicaliën of andere producten van maakt. Ongeveer een kwart van alle aardgas wordt in Nederland door (petro-) chemische bedrijven afgenomen, bijvoorbeeld voor de productie van ammoniak en methanol. Groen gas wordt vooral ingezet voor de productie van biomethanol.

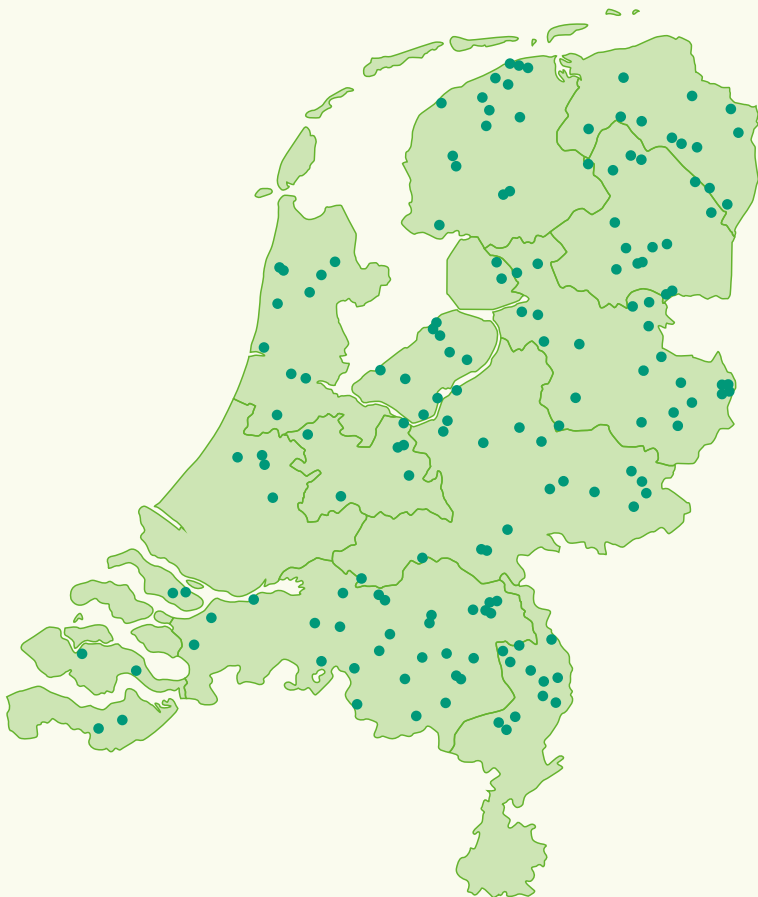
CO₂-mineralen en organische stof

Een vergister levert meer dan alleen energie. Bij het opwaarderen van biogas tot groen gas wordt CO₂ afgescheiden. Deze CO₂ wordt op verschillende manieren gebruikt. In broeikassen is het een elementaire voedingsstof voor planten en vervangt het fossiele CO₂. Het wordt daarnaast gebruikt als koelmiddel en in de levensmiddelenindustrie om producten zuurstofloos te verpakken, waardoor ze langer vers blijven. Ook wordt steeds meer gekeken naar de inzet van CO₂ als grondstof in de chemie.

De mineralen in digestaat zijn onder meer geschikt als vervanger van kunstmest. Voorbeelden hiervan zijn fosfaat, stikstof en kalium. In Nederland is de waarde ervan echter laag, doordat er een mineralenoverschot bestaat.

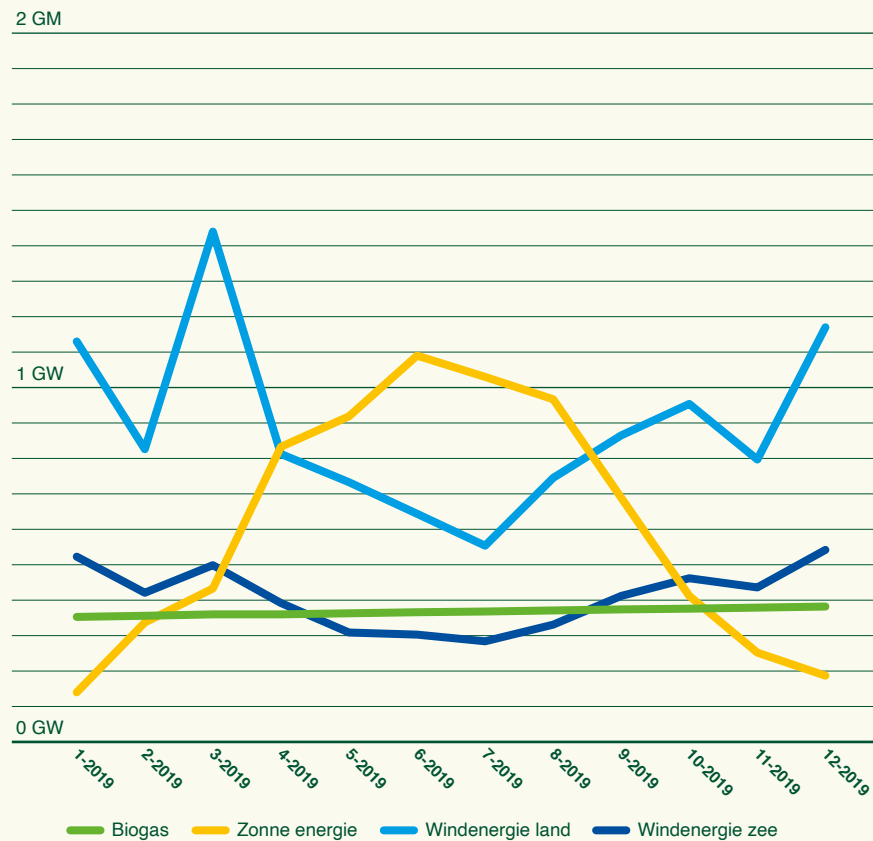
Organische stof is onmisbaar voor een gezonde bodem. Digestaat bevat nog organische stof die niet is afgebroken in de vergister. Deze levert als grondverbeteraar een belangrijke bijdrage aan de humusopbouw in de bodem. Hoeveel CO₂-mineralen en organische stof de Nederlandse vergisters afzetten, wordt niet geregistreerd.

Figuur 16: Biogasinstallaties in Nederland. Via de SDE-viewer op de site van RVO kan per installatie meer detailinformatie ingezien worden over onder meer type, biomassa en vermogen. Indien gewenst kunnen via de SDE-viewer ook de installaties getoond worden die nog in ontwikkeling zijn.



Figuur 17: De grafiek geeft weer hoeveel hernieuwbare energie in Nederland is geproduceerd in 2019 uit zon, wind en biogas. De informatie is overgenomen van de site *energieopwek.nl* waar ook overzichten per dag of per maand te vinden zijn.

Energieproductie (GW/jaar)



7. Producenten

Inleiding

In Nederland staan meer dan 270 installaties die biogas omzetten in elektriciteit en/of warmte of groen gas. Deze installaties variëren van kleinschalige anaerobe afvalwaterzuiveringen bij bedrijven die enkele kubieke meters groen gas of biogas per uur produceren, tot grote industriële vergisters die goed zijn voor duizenden kubieke meters biogas per uur. In figuur 16 zijn de installaties weergegeven.

Op basis van de gegevens van CertiQ, SDE en Vertogas kunnen we dit aantal verder uitsplitsen.

- 169 vergisters met een gezamenlijk vermogen van 194 MW die biogas leveren voor de productie van elektriciteit. Daaronder zijn 157 vergisters met een gezamenlijk vermogen van 447 MW die biogas leveren voor de productie van elektriciteit en warmte.
- Volgens de gegevens van de SDE zijn er in Nederland op dit moment 23 biogasinstallaties die alleen warmte produceren.
- 15 stortgasinstallaties met een gezamenlijk vermogen van 10 MW die biogas leveren voor de productie van elektriciteit.

Vertogas registreerde in 2019 60 installaties die biogas leverden voor de productie van groen gas.

- 24 covergisters met een gezamenlijk vermogen van 114 MW.
- 23 allesvergisters met een gezamenlijk vermogen van 143 MW.
- 8 RWZI & AWZI's met een gezamenlijk vermogen van 10 MW.
- 5 stortplaatsen met een gezamenlijk vermogen van 20 MW.

Daarnaast is er nog een aantal kleinschalige installaties die louter biogas produceren voor eigen warmtevoorziening, geen SDE ontvangen en (daarom) niet door Vertogas zijn geregistreerd.

Interactie met de omgeving

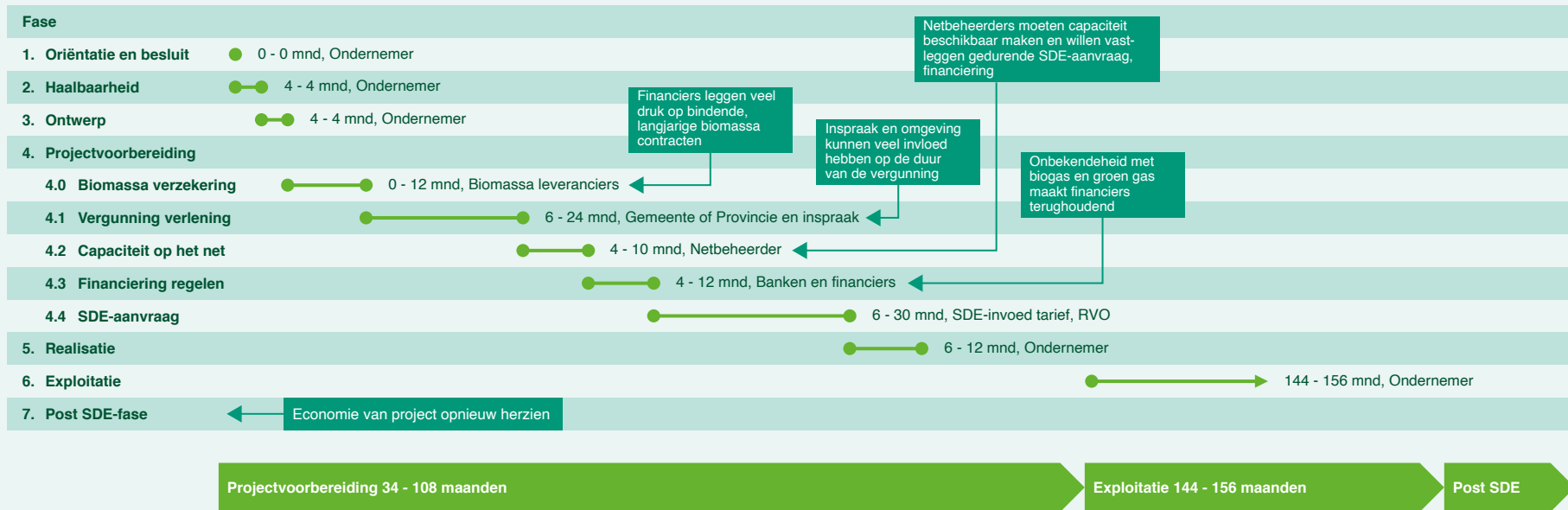
Vergistingsinstallaties staan letterlijk en figuurlijk midden in de maatschappij. Er worden biograndstoffen uit de omgeving verwerkt en de installaties leveren energie en voedingsstoffen voor de bodem terug. Bij de vergunningverlening voor een nieuwe vergistingsinstallatie worden mogelijke nadelige effecten op de omgeving beoordeeld en maatregelen opgelegd om deze, waar mogelijk, te beperken of te voorkomen. Het gaat daarbij vooral om de logistieke bewegingen die het gevolg zijn van de aan- en afvoer van grondstoffen en restproducten, om beperking van geuroverlast en milieubelasting (water, grond, lucht) en om inpassing van de installatie in de omgeving. De vergunningverlening voor dit type installaties is daarom inmiddels een langdurig en complex traject; de regelgeving is streng en de belangen voor omwonenden worden zwaar meegewogen. Het ontwerp, de inpassing en exploitatie van de huidige generatie vergisters is zodanig aangepast dat de omgeving er onder normale omstandigheden geen hinder van ondervindt.

Door te laten zien dat vergisters zonder hinder hernieuwbare energie kunnen produceren, lokale kringlopen kunnen sluiten en werkgelegenheid kunnen creëren, kan waar nodig het vertrouwen van de bevolking worden (terug)gewonnen.





Figuur 18: Fasering biogasproject



8. Projectontwikkeling

Inleiding

Het ontwikkelen van groengasprojecten is complex, kostbaar en vereist betrokkenheid en, vooral, besluitvorming door diverse externe instanties. Om een indruk te krijgen van de kosten en complexiteit beschrijven we hieronder in fases een typische projectontwikkeling inclusief de daaronder vallende activiteiten.

Belangenorganisatie Groen Gas Nederland (GGNL) heeft op zijn *website* een *uitgebreide* uitwerking van dit stappenplan geplaatst. Pas na fase vijf van de zes genoemde ontwikkelingsfasen kan de projectontwikkelaar aanspraak maken op subsidie. Alle voorgaande fasen zullen anders gefinancierd moeten worden. Dit laat zien dat voorafgaand aan de daadwerkelijke productie van hernieuwbaar gas reeds grote investeringen moeten worden gedaan. Financiering van die eerste fasen is dan ook een van de grote uitdagingen om de groengasproductie te laten groeien. Na fase 6, de periode waarin het opereren van de installatie met SDE-subsidie wordt ondersteund komt de fase waarin de eigenaar moet bepalen of het voortzetten van de gasproductie zonder SDE rendabel is: fase 7.

In figuur 18 worden (indicatief, voor een project in de orde van 300 Nm³/h biogas (twee miljoen Nm³/jaar)) per fase de doorlooptijd, betrokken instanties en knelpunten in beeld gebracht.

Toelichting per ontwikkelingsfase

Fase 1 Oriëntatie

In deze eerste fase onderzoekt de projectontwikkelaar de hoofdelementen van zijn businesscase, namelijk welke producten hij wil maken (biogas, warmte en stroom of groen gas en CO₂), welke grondstoffen hij nodig heeft en beschikbaar zijn, welke technologieën gebruikt kunnen worden en welke samenwerkingsverbanden met leveranciers en afnemers mogelijk zijn.

In deze fase wordt tevens verkend of invoeding van de geplande hoeveelheden stroom en/of gas in de buurt van de beoogde productielocatie mogelijk is en welke kosten daarmee gemoeid zijn.

Oriëntatie op de van toepassing zijnde wet- en regelgeving is in deze fase ook essentieel.

Met deze basiskennis ontstaat een eerste beeld van kosten, subsidiemogelijkheden en opbrengsten.

Fase 2 Haalbaarheid

In deze fase wordt gedetailleerder gekeken naar de mogelijkheden om biomassa-contracten af te sluiten, naar financieringsmogelijkheden, naar subsidies en andere investeringsregelingen en tenslotte naar de verschillende vergunningen die voor de bouw en het opereren van een biogasinstallatie nodig zijn.

De haalbaarheidsfase eindigt met het opstellen van een businesscase. Om tot een goede businesscase te komen is het noodzakelijk diep inzicht te hebben in de kosten en opbrengsten van:

- de aan- en afvoer van biomassa;
- gebruik en levering van energie;
- noodzakelijke verzekeringen;
- de kosten van aan te vragen vergunningen en erkenningen;
- investeringen en onderhoud;
- analysekosten biomassa en emissies;
- subsidies en fiscale regelingen;
- personeelskosten, administratiekosten en accountantskosten.

Na inventarisatie van deze aspecten kan een businessplan opgesteld worden, waaruit moet blijken of een project rendabel is of niet. Het businessplan kan bestaan uit de volgende onderdelen:

- massabalans;
- biogasberekening;
- energiebalans;
- winst- en verliesrekening;
- opbouw investering;
- cashflow over de economische looptijd.

Fase 3 Ontwerp

Tijdens de ontwerpfase wordt op basis van het businessplan een programma van eisen en vervolgens een installatieontwerp gemaakt. Met deze beide documenten kunnen offertes worden aangevraagd voor de verschillende onderdelen van de fabriek. In de ontwerpfase worden tevens de benodigde verzekeringen voor het beperken van de diverse risico's bij dergelijke projecten opgevraagd en zo mogelijk al afgesloten. Indicatief voor de kosten van verzekeringspremies is 0,65% van de investeringssom; gewoonlijk gaat het om enkele tienduizenden euro's premiegeld.

Fase 4 Projectvoorbereiding

Tijdens de projectvoorbereidingsfase zullen projectontwikkelaars diverse belangrijke bindende en formele stappen moeten zetten. Dit is een arbeidsintensieve fase, die al hoge kosten met zich meebrengt.

Vergunningen

In deze periode worden de vergunningen aangevraagd. Dit kost veel tijd en geld (bijvoorbeeld bouwleges). Een indicatie van de kosten voor deze leges is rond 3% van de bouwkosten van een installatie.

Contracten voor installatiebouw, biomassa, aansluiting aardgasnet, gas- en digestaatafzet

Om in aanmerking te komen voor subsidies en andere financieringseisen verlangen instanties zekerheden ten aanzien van de benodigde leverings- en afnamecontracten. In dit stadium moeten voorlopige afspraken en intenties dus worden

22 Leidingwerk



omgezet in bindende contracten. Dit geldt onder andere voor de bouw van de installatie, de levering van biomassa, de afzet van digestaat en het geproduceerde gas. Ook moeten partijen nu bindende afspraken maken over de aansluiting op het gasnet.

Financieringscontracten

Met een uitgewerkt businessplan en de nu afgesloten overeenkomsten vraagt de projectontwikkelaar al eerder benaderde geldverstrekkers om het project te financieren. Eisen van banken en andere investeerders ten aanzien van het eigen vermogen, het projectrendement, de mate waarin de gekozen technologie is bewezen en de benodigde zekerheden bepalen het uiteindelijke succes.

Subsidieaanvragen

Met vergunningen op zak, een uitgewerkt financieringsmodel, vele bindende overeenkomsten en zekerheden over de aanvoer en afzet van producten kan een SDE-aanvraag bij de *Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)* worden ingediend. Als de SDE-aanvraag wordt goedgekeurd kan de projectontwikkelaar kort daarna het uiteindelijke investeringsbesluit nemen, de zogeheten *Final Investment Decision (FID)*. Nu kan de bouw beginnen.

23 Industriële installatie in aanbouw



Fase 5 Realisatie

De bouw van een groengasinstallatie duurt bij de juiste voorbereiding – afhankelijk van de grootte – tussen de 12 en 18 maanden vanaf de FID. Parallel aan de bouw wordt de organisatie van het productiebedrijf opgezet, worden onderhoudsplannen gemaakt en wordt de administratieve organisatie ingericht. In deze fase worden, in samenwerking met de betreffende instanties, tevens alle wettelijke en andere verplichtingen geïmplementeerd. Ook de aansluiting op het aardgasnet moet parallel aan de bouw van de productie-installatie worden geregeld. Intensief contact met het plaatselijke netwerkbedrijf is daarbij essentieel.

Fase 6 Beheer

Vanaf de ingebruikname van de productie-installatie beginnen veel raderen te draaien. Om groen gas in te voeden moet de producent zich aanmelden bij Vertogas voor de uitgifte van certificaten. De dagelijkse biomassatransporten en de wettelijke eisen gaan gepaard met uitgebreide administratieve handelingen. Aan de verleende vergunningen zijn doorgaans de volgende administratieve verplichtingen verbonden:

- registratie van in- en uitgaande biomassa;
- periodieke keuringsverslagen van installaties (WKK, fakkels, weegbrug, filters, tanks);
- aanwezigheid van een bedrijfsnoodplan (in overleg met de brandweer);
- een plan voor ongediertebestrijding;
- een onderhoudsplan.



Fase 7 Post SDE-operatie

Nadat de SDE-termijn (normaliter 12 jaar) is verstreken en de subsidie per ingevoede m³ wegvalt, verandert de businesscase voor een groengasproductie-installatie drastisch. De ondernemer/projectontwikkelaar moet bepalen of hij de balans tussen kosten en opbrengsten dusdanig kan verbeteren dat groengasproductie zonder subsidie rendabel blijft. Vanwege de termijn van de SDE is daar bij de start van een project nog niet veel betrouwbaars over te zeggen. Daarom worden veel businesscases enkel op de subsidietermijn gebaseerd en op de ingeschatte restwaarde van de installatie na die 12 jaar.

Optimale condities voor succesvolle projectontwikkeling

Biograndstoffen

Toepassing van een zo breed mogelijk scala aan duurzame biograndstoffen vergroot de robuustheid en rentabiliteit van groengasprojecten. Coherente en stabiele wetgeving voor input- en outputstromen maakt investeren in groengasprojecten aantrekkelijker.

Invoeding

Een reguleringskader waarbij aansluiting en invoeding van groengasproductie op het aardgasnet, ongeacht de capaciteit, wordt gefaciliteerd door netbedrijven/netbeheerders. Een gelijk speelveld voor aansluiting en invoeding van andere duurzame energiedragers bevordert de ontwikkeling van verschillende energievormen.

Financiering

Een volwassen en transparante markt voor groengasprojecten laat diverse financieringsaanbieders met elkaar concurreren.

Subsidiering

Eenduidige voorwaarden en gunningscriteria bij de beoordeling en behandeling van subsidieaanvragen verhogen de kwaliteit van de aanvragen en het aantal succesvolle projecten.

Vergunningverlening

Landelijk uniforme voorwaarden en criteria bij de beoordeling en behandeling van vergunningsaanvragen verhoogt de kwaliteit van de aanvragen en stimuleert de productie.

25 Ingekuilde biomassa



9. Transport en distributie

Inleiding

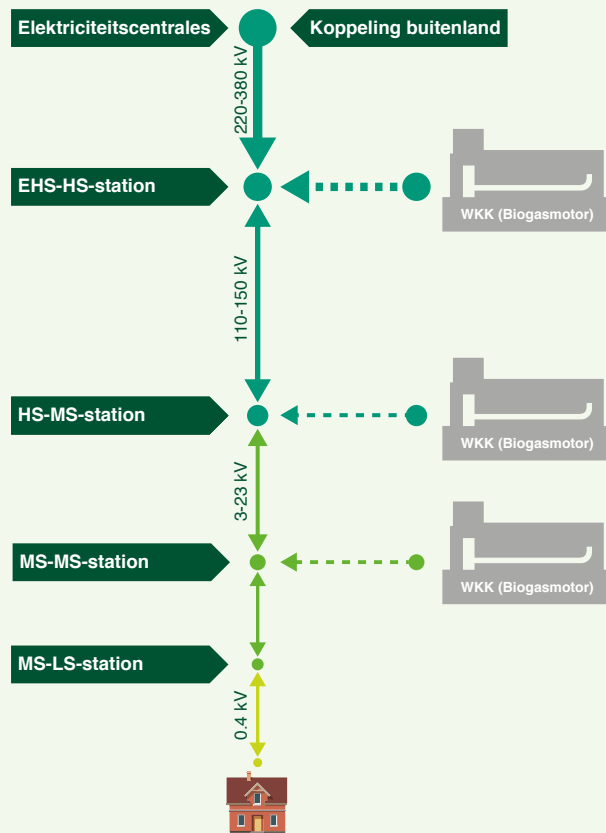
Soms kan het biogas van de vergister ter plekke nuttig worden gebruikt, maar meestal is dat niet het geval. Er wordt dan gebruik gemaakt van bestaande of nieuwe distributienetwerken om het gas, de stroom, warmte of CO₂ bij de gebruiker te bezorgen. Op dit moment zijn nog geen operationele vergassers aangesloten op het aardgasnet. In dit hoofdstuk bespreken we alles wat te maken heeft met de distributie van de energie.

Netbeheerders

Netbeheerders zijn onafhankelijke transportbedrijven die gas en elektriciteit vervoeren. Na de afsplitsing van hun moederbedrijven, zoals RWE/Essent, Eneco en Vattenfall/NUON kregen ze eigen namen als Enexis, Stedin en Alliander. Hun netwerken kennen verschillende spannings- en drukk niveaus; naarmate de energiedrager dicht bij de eindgebruiker komt, neemt de druk of spanning af. Op plaatsen waar de spanning verlaagd wordt, staan stations, waar ook de bronnen van duurzame elektriciteit op worden aangesloten. Producenten van groen gas kunnen in principe overal op het gasnetwerk aansluiten, zolang er maar voldoende capaciteit is. In de figuren 19 (pagina 51) en 20 (pagina 52) zijn de elektriciteits- en gasnetten schematisch weergegeven en is te zien waar invoeding van hernieuwbare energie mogelijk is. Voor warmtetransport is de levering meestal anders georganiseerd, doordat het warmtebedrijf integraal verantwoordelijk is voor de gehele warmtevoorziening (bronnen, distributie en levering).

26 Biogasleiding





Figuur 19: Invoeding in het elektriciteitsnet

Invoeding van groen gas in het transport- of distributienetwerk

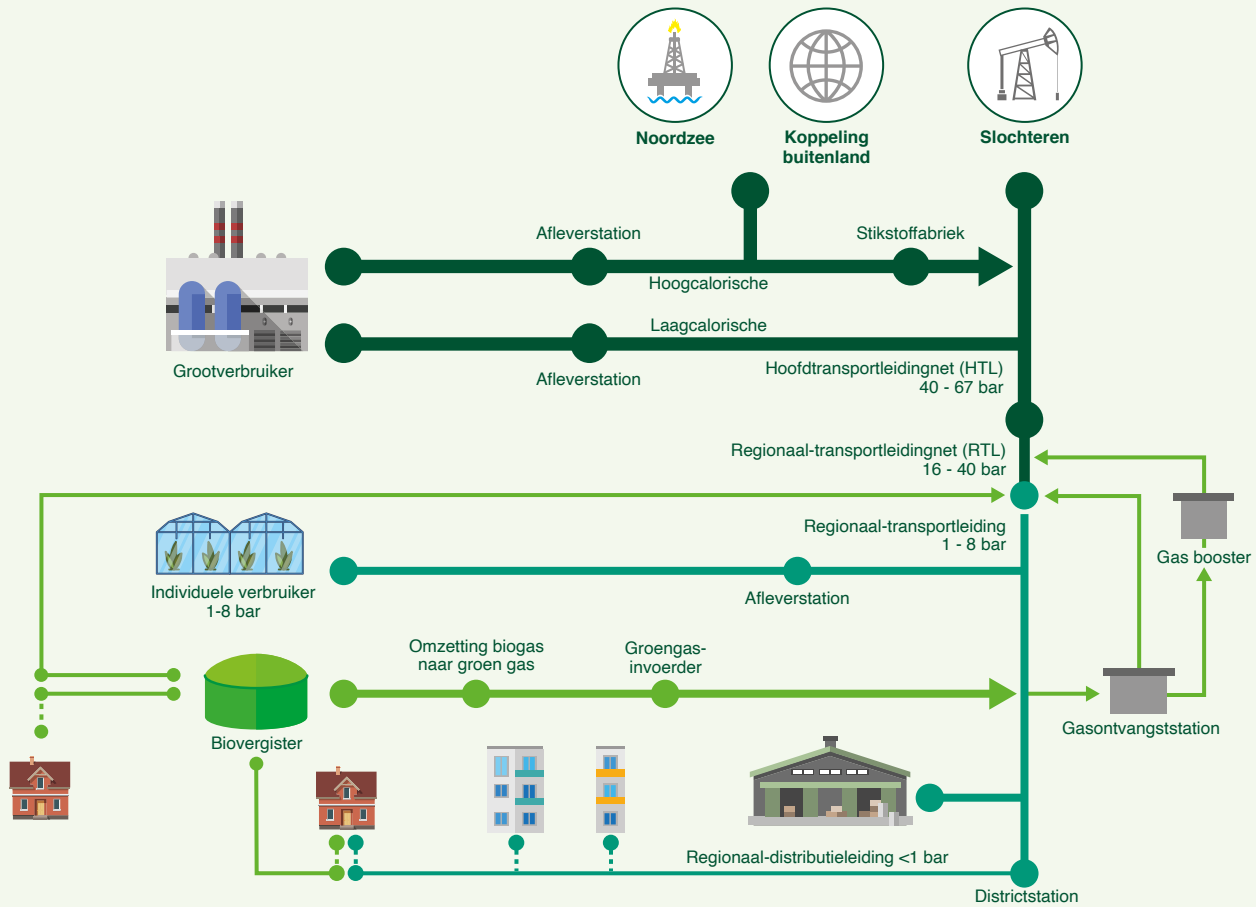
Op dit moment dient het gasnet vooral om aardgas via het hogedruknet naar lagedruknetten te transporteren. De productie van groen gas vindt verspreid, decentraal plaats, waarbij een deel van het groene gas direct wordt ingevoerd in de lokale distributienetten. Deze netten zijn niet altijd geschikt voor het ontvangen van grote groengasvolumes en met name in de zomermaanden kan de gasvraag op deze netten lager zijn dan de groengasproductie, waardoor knelpunten ontstaan.

Netbeheerders hebben verschillende oplossingen ontwikkeld om deze knelpunten weg te nemen en voldoende invoedruimte te creëren voor groen gas. Voorbeelden zijn het aansluiten op een hoger drukniveau, koppelen van lagedruknetten, overzetten van grootverbruikers naar een lager netvlak, het aanleggen van een zogenaamde booster om een deel van het gas van een laag naar een hoger netvlak te kunnen transporteren, drukmanagement en/of een combinatie van deze oplossingen.

Hoofdtransportnet

De hoofdtransportnetten zijn de snelwegen van het energietransport. Zij transporteren grote hoeveelheden over lange afstanden. Bij elektriciteit zijn dat hoogspanningslijnen van 380 of 220 kilovolt (kV). Elektrisch vermogen dat in binnen- en buitenland wordt opgewekt, wordt via dit net getransporteerd naar de regionale netwerken, die met lagere spanningsniveaus werken. Ze verbinden landsdelen met elkaar en steken soms de landsgrens over, zodat internationaal kan worden gehandeld in elektriciteit.

Figuur 20: Invoeding in het gasnet



Voor gas vervult het hoofdtransportleidingennet (HTL) de snelwegfunctie. Dit net vervoert gas uit Nederlandse aardgasvelden en gas uit het buitenland door heel Nederland. Dat gebeurt onder een hoge druk van tussen 40 en 80 bar. Het hoofdtransportleidingennet bestaat uit twee separate netwerken: één speciaal voor laagcalorisch gas en één voor hoogcalorisch gas. Dat is zo ontstaan, doordat het Groningse aardgas laagcalorisch is en vrijwel al het andere gas hoogcalorisch.

Regionaal transportnet

De provinciale wegen van het energietransport noemen we regionale transportnetten. Bij elektriciteit zijn dat de 150 en 110 kV hoogspanningsnetten en bij gas is dat het 8 of 40 bar Regionale Transport Leidingennet (RTL). Netbeheerder TenneT is verantwoordelijk voor het beheer van het hoogspanningsnet (i.c. het hoofd- en regionaal transportnet), terwijl Gasunie Transport Services het hogedruk-gasnet, de HTL- en RTL-leidingen, beheert.

Distributienet

De straten kunnen we zien als distributienet; zij vervoeren de energie vanaf het transportnet naar de huishoudens en andere afnemers. Daarvoor hebben we in Nederland verschillende netbeheerders. Voor elektriciteit zijn dit de netten die stroom ontvangen vanaf 110 kV en thuis afleveren op een spanning van 0,4 kV (krachtstroom) die in huis wordt verlaagd naar 0,23 kV. Distributienetbeheerders voor gas ontvangen gas op 8 bar en leveren dat thuis af op een overdruk van minder dan 1 bar.

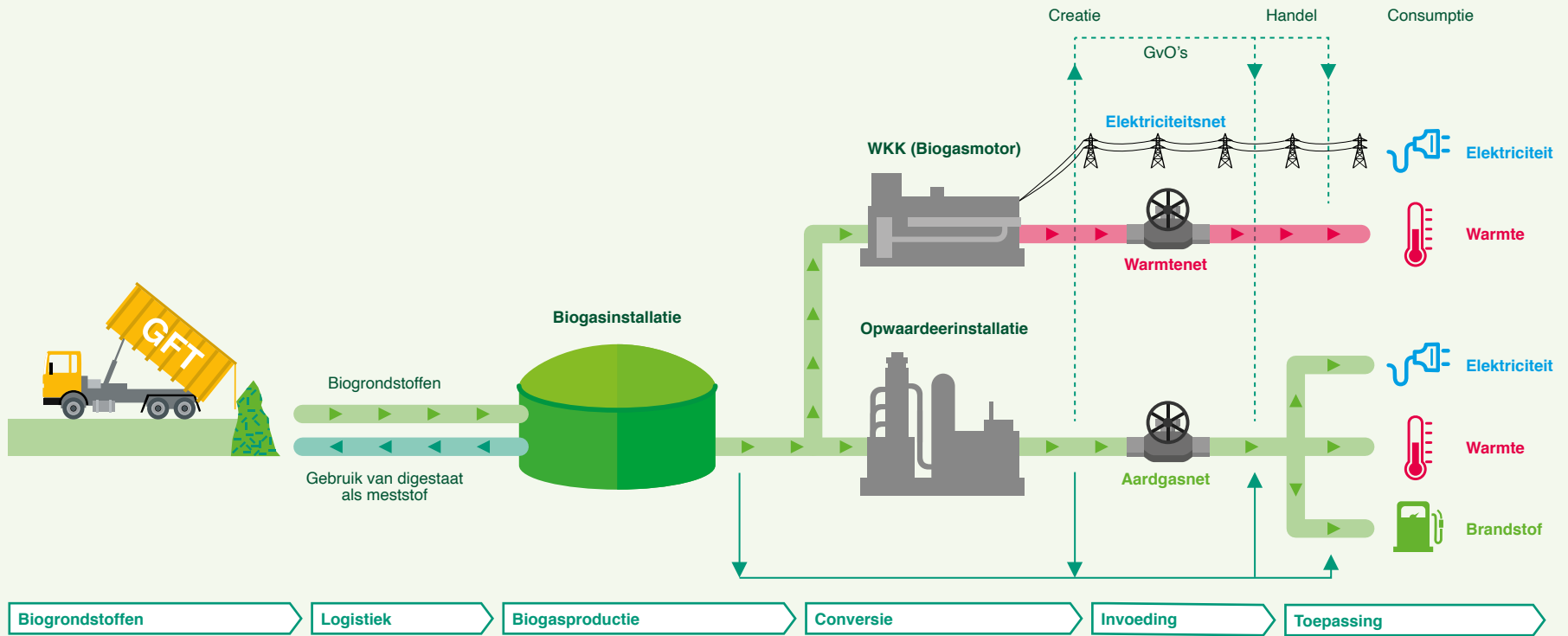
Warmtenet

Een warmtenet is meestal anders opgebouwd en bestaat dan uit een centrale warmtebron die via een netwerk van buizen de omliggende gebouwen kan voorzien van warm water. Het afgekoelde water wordt teruggestuurd naar de warmtebron om opnieuw te worden opgewarmd. Veelgebruikte bronnen zijn industriële restwarmte, biograndstoffen en geothermie (aardwarmte). In Nederland wordt 5% van de huishoudens verwarmd met warmtenetten.

Herleiding groen gas met Garanties van Oorsprong (GvO)

In de praktijk wordt energie geleverd via landelijke netwerken die door meer bronnen worden gevoed. Duurzame energie kan prima via bestaande netwerken verdeeld worden en dat is ook een stuk efficiënter dan er een apart netwerk voor aan te leggen. Of de energie die je ontvangt, ook echt duurzaam is opgewekt, weet je daardoor echter nog niet. Stroom is stroom en gas is gas. Dat is op zich geen probleem, zolang tegenover elke kWh afgenomen groene stroom of elke kubieke meter gekocht groen gas een even groot volume hernieuwbare opgewekte energie staat. Leveranciers van groene stroom en groen gas bewijzen aan hun klanten dat hun product echt duurzaam is door naast stroom en/of gas zogeheten *Garanties van Oorsprong (GvO's)* te kopen. Een Garantie van Oorsprong is zoals de naam aangeeft een bewijsstuk dat aantoont dat verkochte energie duurzaam is opgewekt. In figuur 21 (op pagina 54) is schematisch weergegeven hoe dit in zijn werk gaat.

Figuur 21: Garanties van Oorsprong



Een GvO wordt aangemaakt en ingeboekt in een register op het moment dat 1 MWh hernieuwbare energie wordt geleverd aan het net. De GvO's zijn niet verbonden met de energie zelf en kunnen dus vrij verhandeld worden. Zodra een energiebedrijf 1 MWh duurzame energie heeft geleverd aan een klant, wordt de GvO afgeboekt. Kortom, GvO's maken het mogelijk om de productie en het gebruik van duurzame energie te ontkoppelen.

In Nederland worden GvO's afgegeven voor hernieuwbare warmte, stroom (beide door CertiQ) en gas (Vertogas).

CertiQ

CertiQ registreert in opdracht van de overheid elektriciteit en warmte die is opgewekt uit hernieuwbare en fossiele bronnen. CertiQ's GvO's zijn in Nederland het geldige bewijs dat de elektriciteit en warmte duurzaam is opgewekt. Certificaten die worden uitgegeven door CertiQ zijn verhandelbaar binnen Europa. Het is onderdeel van elektriciteitstransporteur TenneT en lid van de *Association of Issuing Bodies (AIB)*, een internationaal samenwerkingsverband van Europese garantiebeheerinstanties.

Vertogas

Vertogas registreert, eveneens in opdracht van de overheid, de productie van hernieuwbaar gas. Een GvO kan worden verstrekt voor biogas dat door de biogasproducent of een centrale installatie is opgewaarderd naar aardgaskwaliteit (groen gas).

De door Vertogas afgegeven GvO's zijn in Nederland het geldige bewijs dat het gas duurzaam is opgewekt. Een systeem dat het verhandelen van GvO's binnen Europa mogelijk maakt, is in ontwikkeling. Vertogas is een dochteronderneming van gastransporteur Gasunie. In figuur 26 (pagina 62) is weergegeven hoe Vertogas werkt.

Pompstations

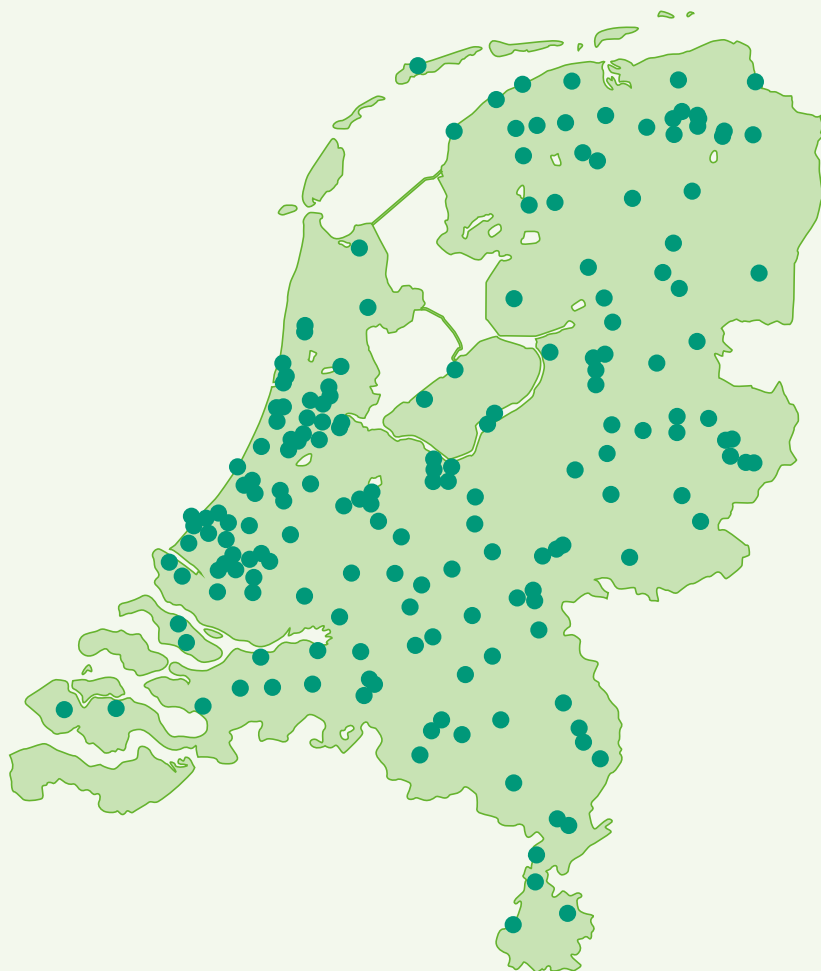
Groen gas kan ook worden gebruikt als transportbrandstof door het te comprimeren tot Bio-CNG of te vervloeien tot Bio-LNG. Deze producten zijn verkrijgbaar op gespecialiseerde pompstations. Op een enkele uitzondering na zijn de pompstations waar alleen Bio-CNG wordt aangeboden, aangesloten op het aard-gasnet. Ter plaatse wordt het gas gecompriëerd tot meer dan 200 bar, zodat voertuigen het kunnen tanken.

CNG tanken kan in Nederland op 182 locaties; op 14 van die 182 locaties wordt CNG aangeboden, de overige 168 verkopen Bio-CNG.

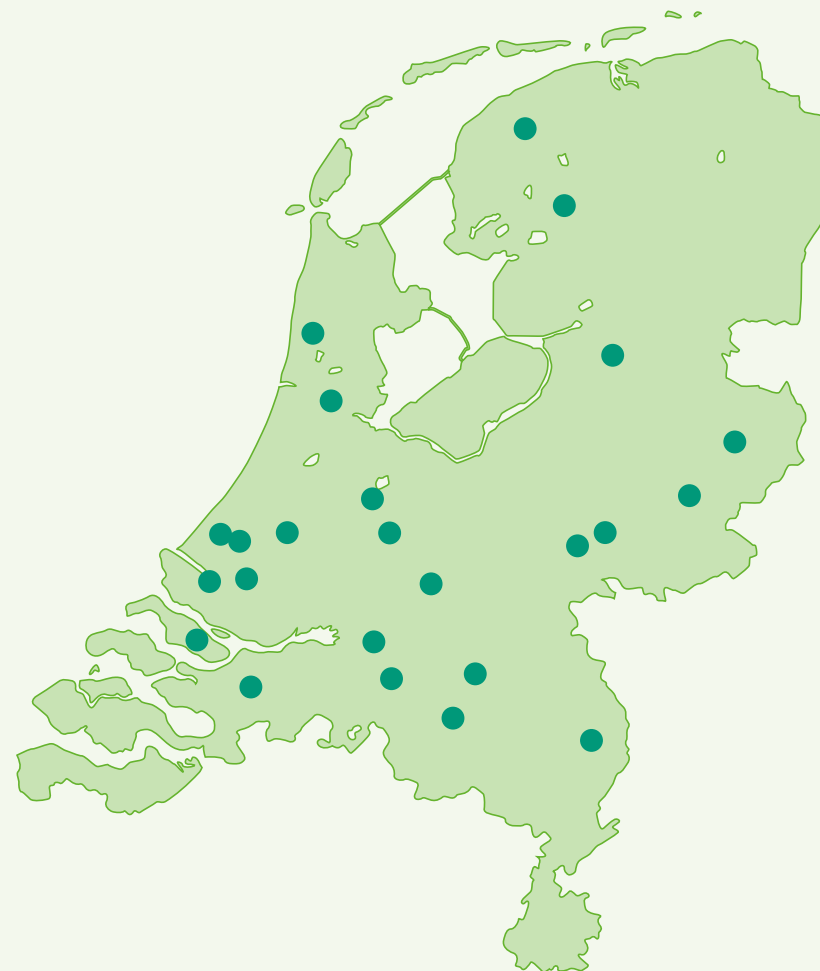
LNG tanken kan in Nederland op 25 locaties. Hoewel er al wel beperkte hoeveelheden Bio-LNG worden geleverd, zijn er nog geen locaties waar 100% Bio-LNG verkrijgbaar is. Een deel van het LNG verdampt tijdens de opslag. De damp wordt afgevangen, op druk gebracht en verkocht als H-CNG. Dit product heeft dezelfde kwaliteit als CNG, alleen is de energie-inhoud iets hoger, waardoor de actieradius van een voertuig op H-CNG met ca. 10% toeneemt.

In figuren 22 en 23 (pagina 56) is weergegeven waar CNG (grotendeels Bio-CNG/groen gas) en LNG getankt kan worden.

Figuur 22: (Bio)CNG-tankstations



Figuur 23: (Bio)LNG-tankstations



Figuur 24: OCAP-netwerk



CO₂-net

Nederland heeft een netwerk voor het transporteren van CO₂; het *OCAP-netwerk* in Noord- en Zuid-Holland. Dit netwerk bestaat uit 97 kilometer transportleiding en 250 kilometer distributieleiding. De OCAP-netwerken vervoeren CO₂ dat vrijkomt bij de productie van waterstof en ethanol naar 580 tuinders in het Botlekgebied, die het kunnen gebruiken in hun kassen. Op deze manier wordt 500.000 ton CO₂ per jaar geleverd. OCAP opereert zelfstandig op de markt met *Linde Gas Benelux* als enig aandeelhouder. Er zijn ook distributienetten die niet aangesloten zijn op het OCAP-transportnet en daarom worden gevuld met tankwagens waarin vloeibare CO₂ is opgeslagen. Deze CO₂ kan ook van vergisters afkomstig zijn.

Energiebedrijven

Energiebedrijven spelen een rol in de commerciële distributie maar geen rol in het transport van energie. Tot 2011 konden zij ook eigenaar zijn van de netten waarmee ze de energie aan hun klanten leverden. Na 2011 zijn ze gesplitst in energiebedrijven en netbeheerders. Energiebedrijven opereren in een vrije markt; gebruikers mogen zelf bepalen met welke aanbieder ze in zee wensen te gaan.



27 Mestmonovergister

10. Economie

Inleiding

De productie van duurzame gassen draagt niet alleen bij aan de hoeveelheid duurzame energie maar levert ook in bredere zin een bijdrage aan de economie. Dit hoofdstuk laat zien hoe groot die bijdrage is en waar die uit bestaat. Ook gaan we in op de economie van een groengasproject en geven we aan hoe de productiekosten zich verhouden tot de prijs die huishoudens betalen voor gas.

Macro-economie

Omzet van de sector

De energiesector zet in Nederland jaarlijks 39 miljard euro om; de omzetgegevens van de groengassector worden niet centraal geregistreerd. Een recent onderzoek raamde de jaaromzet van de groengassector in Nederland in 2019 op € 131,5 miljoen. Dit bedrag is inclusief de operationele kosten van bestaande installaties en de ontwikkeling en realisatie van nieuwe projecten.

Bovenop de geschatte € 131,5 miljoen omzet in Nederland komt naar schatting ruim € 50 miljoen omzet in het buitenland.

Micro-economie

In dit deel beperken we ons tot de economie van individuele bedrijven. Een producent maakt kosten om hernieuwbaar gas te produceren en daar staan inkomsten tegenover. De productie van hernieuwbare gassen is duurder dan de

productie van aardgas; een producent heeft dus naast de verkoop van het gas aanvullende inkomsten nodig om rendabel te kunnen werken. Die inkomsten kunnen komen uit een subsidieregeling zoals de SDE of uit een mechanisme dat vergelijkbaar is met de bijmengverplichting voor transportbrandstoffen. Beide worden in dit hoofdstuk toegelicht. Naast deze subsidie-inkomsten kunnen producenten inkomsten genereren uit de verkoop van reststromen zoals CO₂ (voor kassen of voedingsmiddelenindustrie) en digestaat (als bodemverbeteraar).

Inkomsten uit de SDE

De *Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE)* is de overheidssubsidie voor hernieuwbare energieproductie en CO₂-reductie. Deze regeling subsidieert de 'onrendabele top'. Bij groen gas en groene stroom is dat het verschil tussen de kostprijs (het 'basisbedrag') en de marktwaarde van gas of stroom (het 'correctiebedrag'). Het basisbedrag wordt voor de gehele subsidie looptijd (12 jaar) vastgelegd, terwijl het correctiebedrag jaarlijks wordt vastgesteld. Als de marktwaarde van gas of stroom stijgt, wordt de onrendabele top kleiner en dus ook de subsidie die een project ontvangt.

Tot en met het voorjaar van 2020 stuurde de overheid op het maximaliseren van de hoeveelheid duurzame energie, sindsdien op het maximaal reduceren van CO₂-emissies. De openstelling geschiedt in fases. In de eerste fase komen de projecten aan bod die de meeste CO₂-uitstoot reduceren tegen de laagste kosten. Tijdens de volgende fases wordt het maximale subsidiebedrag per ton verminderde CO₂-uitstoot stapsgewijs verhoogd.

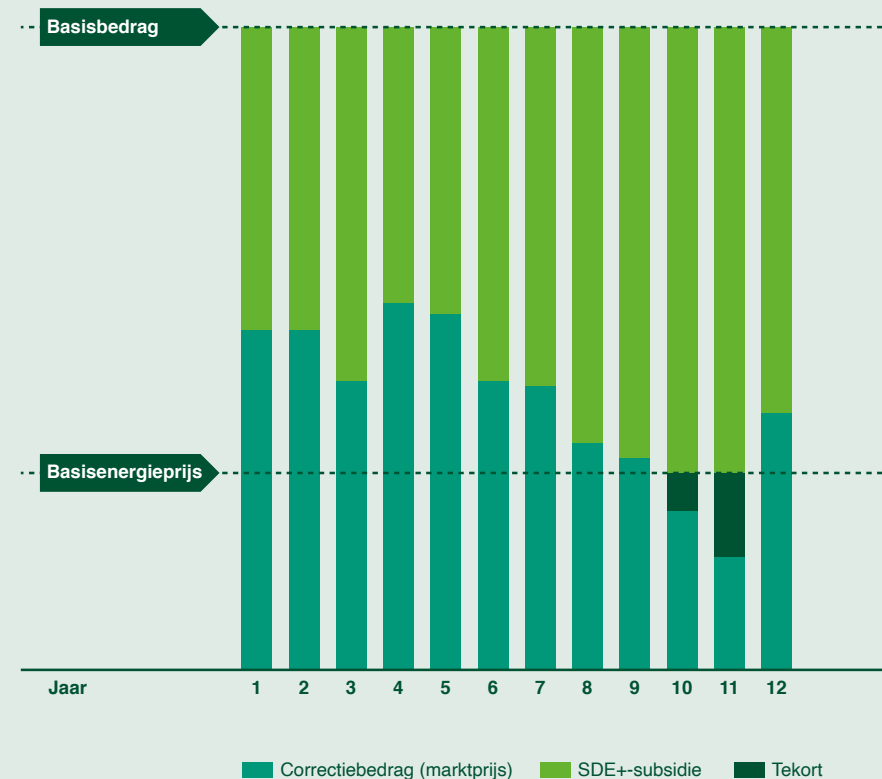
Figuur 25: Werking van de SDE-regeling

In figuur 25 is dit mechanisme grafisch weergegeven. Het basisbedrag reflecteert de kostprijs, het correctiebedrag de marktprijs en de basisenergieprijs vormt de bodem in de subsidiebeschikking. Als de energieprijs onder het niveau van de basisenergieprijs zakt, ontvangt de producent onvoldoende subsidie om de onrendabele top volledig af te dekken. In de grafiek is dit te zien in jaar 10 en 11. Op dit moment ligt de aardgasprijs iets boven de € 13/MWh, terwijl er producenten zijn die in hun beschikking een basisenergieprijs hebben staan van € 20/MWh. Bij gelijkblijvende prijzen hebben deze producenten een tekort van € 7/MWh.

Inkomsten uit de verkoop van Garanties van Oorsprong (GvO)

Een deel van de opbrengst van groengasprojecten komt uit de waarde van de GvO. Nederland kent GvO's voor groen gas, groene warmte en groene stroom. De GvO-waarde voor een groengasproducent komt thans bovenop de waarde uit de verkoop van het product en de SDE-subsidie. De SDE-regeling voorziet in de mogelijkheid om deze waarde in mindering te brengen op de subsidie. De gedachte achter de SDE is namelijk dat de uit te betalen subsidie bestaat uit het bedrag dat noodzakelijk wordt geacht om rendabel duurzame energie te kunnen produceren, minus de veronderstelde marktwaarde van de betreffende energie.

De GvO-prijzen lagen de afgelopen jaren tussen de 5 en 15 euro/MWh, afhankelijk van de contracttermijnen, de gecontracteerde hoeveelheden, de gebruikte biomassa en de markt waarin het groene gas verkocht wordt. Het *Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK)* heeft de GvO-waarde tot nu toe niet in mindering gebracht op de subsidie, onder meer omdat de (SDE-)subsidiebedragen



in Nederland lager liggen dan in de buurlanden en de opbrengst van de GvO tegemoet komt aan de kosten, die wel hetzelfde zijn als in de buurlanden.

Inkomsten uit de verkoop van Hernieuwbare Brandstofeenheden (HBe)

Een groengasproject kan inkomsten genereren door groen gas als transportbrandstof in te zetten. Zoals beschreven in de paragraaf over *hernieuwbare energie en vervoer* levert een groengasproducent dan een bijdrage aan de bijmengverplichting van brandstofleveranciers. Die leveranciers zijn vervolgens bereid om daarvoor te betalen. In deze transacties is een belangrijke rol weggelegd voor Hernieuwbare Brandstofeenheden (HBe's), voor iedere GJ groen gas die is ingezet als transportbrandstof, wordt een HBe aangemaakt, die men kan verhandelen. Voor groen gas (Bio-CNG) geldt geen bijmengverplichting, waardoor de groengasleverancier zelf ook geen HBe's nodig heeft en ze allemaal kan verkopen. Een HBe ontstaat pas op het moment dat het groen gas door een transportmiddel wordt afgenomen en dus omgezet wordt in het wegtransport.

Er zijn drie categorieën HBe's:

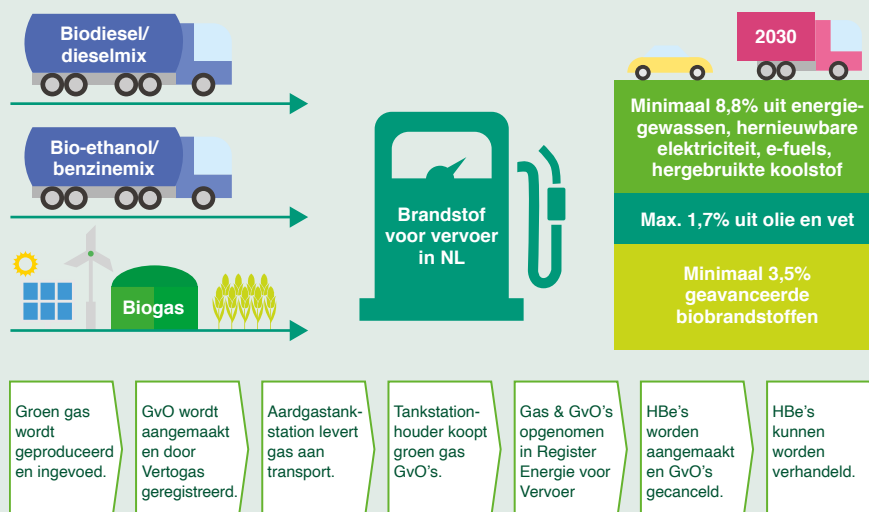
- conventioneel (bijvoorbeeld uit energiegewassen, het gebruik hiervan wil men beperken);
- geavanceerd (bijvoorbeeld uit afval; dit wordt gestimuleerd en de HBe's tellen daarom dubbel mee als bijdrage aan de verplichting) en
- overig (bijvoorbeeld uit gebruikt frituurvet, deze tellen ook dubbel mee).

De bijmengverplichting loopt jaarlijks op en de HBe-prijs daardoor ook. In tabel 1 is de totale bijmengverplichting, het minimumaandeel voor geavanceerde en het maximumaandeel voor conventionele transportbrandstoffen opgenomen.

Jaartal	2018	2019	2020	2021
Totaal	8,5%	12,5%	16,4%	17,5%
Minimum geavanceerd	0,6%	0,8%	1,0%	1,2%
Maximum conventioneel	3,0%	4,0%	5,0%	5,0%

Tabel 1: Bijmengpercentages biobrandstoffen

Figuur 26: HBe's en GvO's



In 2019 was de gemiddelde HBe-prijs € 12,50/GJ, wat overeenkomt met € 0,44 per Nm³ groen gas⁸⁾ (en € 0,88/Nm³ als het groene gas kwalificeert als geavanceerde biobrandstof). Daarbovenop krijgt de verkoper van groen gas ook de marktprijs voor het fysieke gas, de facto de aardgasprijs.

De hiervoor beschreven stimuleringsystemen voor hernieuwbare energie (SDE met GvO's en bijmengverplichting met HBe's) sluiten elkaar uit. Een GvO die met behulp van een SDE-subsidie is ontstaan, mag niet omgezet worden in een HBe. De reden hiervan is dat de bijmengverplichting een marktverplichting is en de EU het combineren van zo'n verplichting met subsidies als ongeoorloofde staatssteun

⁸⁾ € 12,50/GJ = € 0,0125/MJ, groen gas is 35,17 MJ/Nm³.

beschouwt. Alleen GvO's zonder SDE kunnen worden gebruikt om HBe's te verwerven. De GvO wordt in dat geval geannuleerd op het moment dat deze gebruikt wordt om HBe's mee aan te maken. Administratief wordt de GvO dan van het Vertogas-register als HBe overgeboekt in het NEa-register.

In 2019 is 16% van het geproduceerde groen gas als transportbrandstof ingezet.

Figuur 26 toont hoe het mechanisme met HBe's en GvO's werkt.

Inkomsten uit de verkoop van energie

Een deel van de inkomsten van producenten van groene energie bestaat uit de opbrengst van de moleculen of elektronen die worden ingevoerd. Voor het gas of de stroom die ze leveren, ontvangen ze dezelfde prijs als voor grijze energie. De meeste producenten kiezen ervoor om contracten te sluiten die de gas- en stroomprijzen op de termijnmarkt volgen. Die prijzen worden ook gebruikt om het correcte SDE-subsidiebedrag te berekenen. Voor groen gas is dat de *Year Ahead-prijs* op de TTF-markt. De eerste drie kwartalen van 2020 bewoog de waarde van de Year Ahead-prijs van dit product zich tussen de € 12 en € 18/MWh. Voor groene stroom wordt de APX Day Ahead-markt als prijsreferentie gebruikt; hier schommelde de prijs de eerste drie kwartalen van 2020 tussen € 4,77 -/- (negatieve prijs) en € 68,99/MWh.

Beide gevallen zijn uitschieters op momenten dat er zeer veel aanbod en weinig afname is met negatieve prijzen tot gevolg of andersom waardoor prijzen oplopen.

Gemiddeld was de elektriciteitsprijs zo'n € 35/MWh. De prijs van groene warmte wordt ook afgeleid van de aardgasprijs op de TTF Year Ahead-markt.

Productiekosten en opbrengsten

Het Planbureau voor de Leefomgeving berekent voor de vaststelling van nieuwe SDE-bedragen jaarlijks de productiekosten van groen gas en andere hernieuwbare energieopties. Deze gegevens zijn gebruikt in figuur 27 (pagina 64), waarin de productiekosten van de SDE-categorie Grootschalige allesvergisting als uitgangspunt dienen. We onderscheiden daarbij de volgende kostenposten:

- de aan- en afvoer van biograndstoffen;
- de kapitaallasten (Capex);
- overige operationele kosten (Opex).

De inkomsten van een groengasproducent bestaan uit drie componenten:

- de (groothandels)prijs van het geleverde gas;
- de SDE-subsidie;
- de inkomsten uit de verkoop van de GvO.

Voor de verwerking van sommige biograndstoffen krijgen groengasproducenten betaald. Deze vormen dus geen kostenpost maar een inkomstenbron.

Daarnaast kan een groengasproducent nog extra inkomsten verwerven uit de verkoop van CO₂. Daar zijn dan wel aanvullende investeringen voor nodig. Door het



digestaat uit de groengasproductie op te waarderen naar hoogwaardige kunst-mestvervangers kunnen wellicht ook inkomsten worden gegenereerd. Op dit moment wordt hiermee geëxperimenteerd; het vraagt echter forse investeringen en het verdienmodel is nog onzeker. Het wordt dan ook nog niet grootschalig toegepast en is daarom hier niet meegenomen in de berekening.

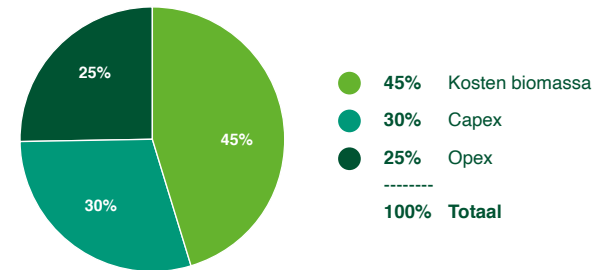
Consumentenprijs

De prijs die een consument betaalt voor zijn energiegebruik (gas en elektriciteit) is opgebouwd uit verschillende componenten, die elk weer verder onderverdeeld kunnen worden:

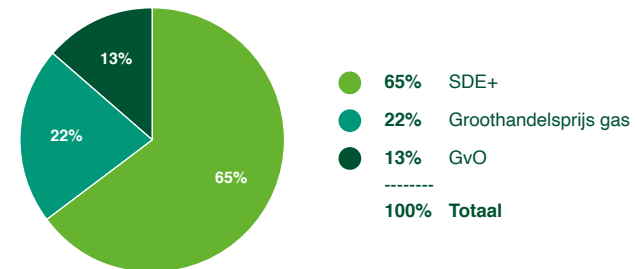
- leveringskosten;
- overheidsheffingen;
- netbeheerkosten.

In figuur 27 is naast de verdeling van de productiekosten en de inkomsten van de producent de kostenopbouw weergegeven voor de consumptie van aardgas door een gemiddeld Nederlands huishouden. De verdeling is gebaseerd op de situatie in juli 2020 en gaat uit van de gunstigste aanbieding voor een gascontract bij een gemiddelde consumptie (1500 Nm³ per jaar). Huishoudens hebben sinds enige jaren recht op een vermindering van de energiebelasting. Zij hoeven minder te betalen, omdat de Belastingdienst een deel van het energieverbruik als basisbehoefte ziet. Deze vermindering is op basis van de hoogte van de verschuldigde energiebelasting evenredig verdeeld over de elektriciteits- en gaskosten.

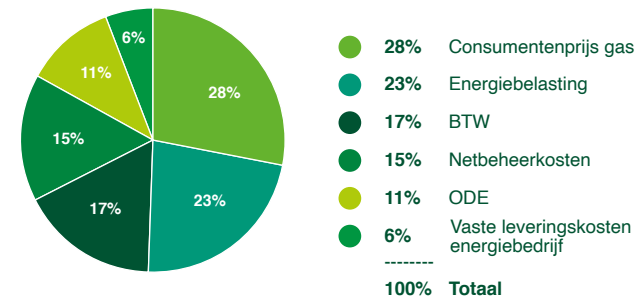
Opbouw productiekosten



Opbouw inkomsten



Opbouw consumentenprijs



Figuur 27: Kosten en inkomsten groen gas en aardgas

11. Klimaat

Inleiding

Het klimaat verandert en de temperatuur op aarde stijgt, doordat de hoeveelheid broeikasgassen in de lucht toeneemt. Klimaatverandering heeft grote gevolgen en daarom neemt Nederland, samen met andere landen, maatregelen om verdere klimaatverandering te beperken. De productie van duurzame gassen uit biogrofstoffen draagt op verschillende manieren bij aan de verlaging van de broeikasgassenuitstoot. Figuur 28 (pagina 66) illustreert dit.

Dat het gebruik van biogas en groen gas de uitstoot van broeikasgassen vermindert, wordt officieel erkend en gewaardeerd. De gerealiseerde emissiereducties worden deels geregistreerd in verschillende boekhoudingen, deels ook niet. In dit hoofdstuk bespreken we beide.

Geregistreerde broeikasgasreductie

De Nederlandse overheid stimuleert de productie van hernieuwbare energie om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. De regeling die daarvoor wordt ingezet, de SDE, is in 2020 aangepast. Tot en met het voorjaar van 2020 vond sturing plaats op de energie-inhoud, sindsdien op de mate van broeikasgasreductie.

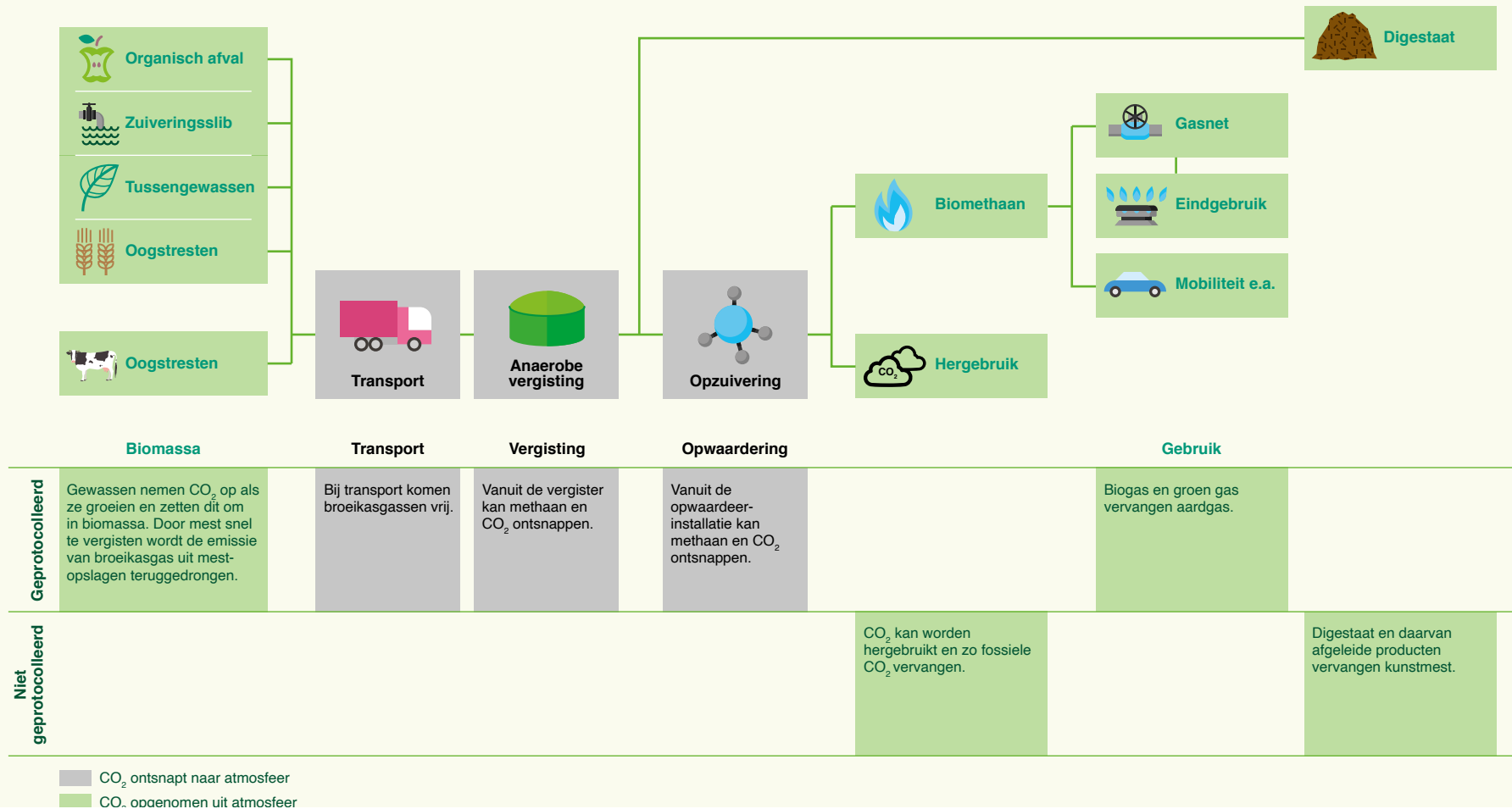
De *Europese Hernieuwbare-Energierichtlijn* bepaalt dat hernieuwbare energie CO₂-neutraal is. De reductie is dan de hoeveelheid CO₂ die uitgestoten zou worden door de fossiele brandstoffen die vervangen worden door hernieuwbare alternatieven. Op die manier houdt de EU bij of we de afspraak inlossen om in 2030 55% minder CO₂ uit te stoten dan in 1990.



1 kWh	levert een emissiereductie van
Hernieuwbare warmte	0,226 kg CO ₂ /kWhLHV
Hernieuwbare elektriciteit	0,187 kg CO ₂ /kWh
Hernieuwbaar gas	0,183 kg CO ₂ /kWhHHV

Het *Emissiehandelsstelsel van de EU (ETS)* uit 2005 is de hoeksteen van het EU-beleid om klimaatverandering tegen te gaan door het uitstoten van broeikasgassen te beperken en te belasten. Het is de facto de implementatie van het Kyoto-verdrag en zijn opvolgers in Europa.

Figuur 28: Vergisting en de beperking van klimaatverandering



Niet geregistreerde broeikasgasreductie

Europese Effort Sharing Decision (ESD) en Effort Sharing Regulation (ESR)

De ESD stellen voor de periode 2013 - 2020 per EU-lidstaat nationale emissiedoelen voor sectoren die niet onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS) vallen, zoals de gebouwde omgeving, transport en landbouw. De ESR van 2018 gaat over de doelen voor niet-ETS-sectoren voor de periode 2021 - 2030. De EU-verplichting voor de niet-ETS-emissies in de periode 2021 - 2030 houdt voor Nederland een daling in van 36% ten opzichte van het niveau van 2005.

De Europese regulering kent naast CO₂-reductiedoelen ook richtlijnen met doelstellingen voor het verhogen van de energie-efficiëntie (EED) en het aandeel hernieuwbare energie (RES). Er is een overlap tussen deze doelen en de non-ETS-sectoren. Zo kan bijvoorbeeld efficiënter energiegebruik bijdragen aan minder emissies in de gebouwde omgeving.

Voor de non-ETS-sectoren moeten de afzonderlijke lidstaten zelf nationale maatregelen nemen. Nederland heeft zijn klimaatmaatregelen vastgelegd in het Klimaatakkoord van 2019, met CO₂-reductie als leidende doelstelling. Voorbeelden zijn het beleid gericht op aardgasvrije wijken en elektrisch vervoer.

In oktober 2020 gaven zowel de Europese Commissie in de *State of the Energy Union* en onder andere het PBL in de Klimaat- en Energieverkenning aan dat Nederland niet op koers ligt om de doelen in de non-ETS-sectoren te halen. Het is daarom aannemelijk dat aanvullend beleid nodig is.

Overigens halen de energiesector en de industrie, die beide onder het emissiehandelssysteem (ETS) vallen, de Europese doelstellingen wel, doordat de Europese Commissie een emissieplafond heeft ingesteld, dat jaarlijks wordt verlaagd.

Negatieve emissies

Door CO₂ af te vangen bij de productie van groen gas en deze vervolgens in te zetten ter vervanging van fossiele CO₂ is er sprake van negatieve emissie. Het plantaardige materiaal dat gebruikt wordt voor de productie van groen gas heeft eerst CO₂ uit de lucht opgenomen; dit komt vervolgens niet meer vrij maar vervangt fossiele CO₂. De inzet van CO₂ in de glastuinbouw is hiervan een voorbeeld. Projecten waarbij CO₂ wordt afgevangen en vervolgens opgeslagen (*Carbon Capture and Storage, CCS*) of omgezet in een bruikbaar materiaal of grondstof (*Carbon Capture and Utilisation, CCU*) kunnen helpen om emissies terug te dringen. De kosten en het energieverbruik van zowel CCS als CCU moeten nog verminderen (of de prijs van emissierechten moet stijgen) om deze technologie op enige schaal zonder subsidie toe te kunnen passen. Vooralsnog zijn negatieve emissies door toepassing van CCS/U nog niet erkend en kunnen hiermee dus geen CO₂-credits worden geclaimd. De winstgevendheid van groengasproductie zou door formele erkenning van negatieve emissies aanzienlijk worden verbeterd.



12. Kaders

Inleiding

De productie van groen gas helpt om de doelstellingen voor duurzame energie te realiseren. Daarom is in beginsel alle regelgeving van de energiesector van toepassing. Maar omdat het gas wordt geproduceerd in andere sectoren zoals landbouw, afvalverwerking, waterzuivering en levensmiddelenindustrie, is de productie van groen gas ook aan de daar geldende wetten en regels gebonden. Dit hoofdstuk behandelt de belangrijkste wetten en regelingen.

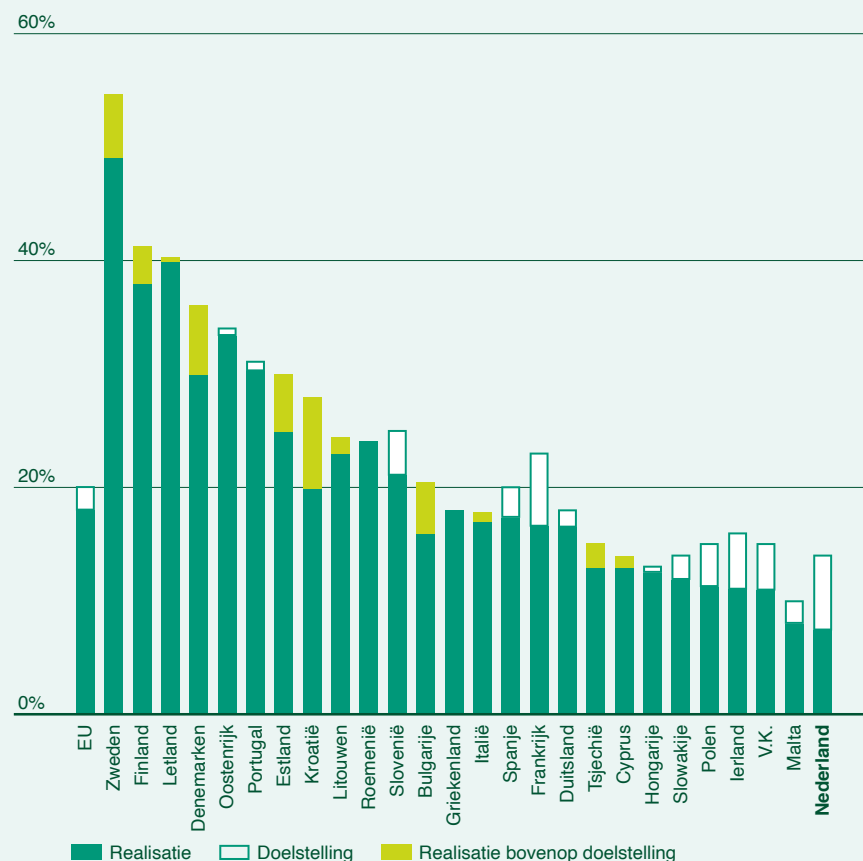
Hernieuwbare energierichtlijn

Met de Hernieuwbare Energie Richtlijn (*Renewable Energy Directive – RED*) schrijft de Europese Unie voor dat de lidstaten het aandeel hernieuwbare energie in hun energiemix verhogen. Deze richtlijn loopt tot en met 2020. De doelstelling voor Nederland was minimaal 14% hernieuwbare energie, maar de laatste berekeningen laten zien dat Nederland dit percentage niet zelfstandig kan halen.

De nieuwe richtlijn (*RED II geheten*) gaat volgend jaar in; hierin worden de lidstaten verplicht om uiterlijk in 2030, gezamenlijk, een aandeel hernieuwbare energie te realiseren van minimaal 32%. Dit doel kan nog naar boven bijgesteld worden in 2023. Ook staan sectorspecifieke doelen in de richtlijn. Zo moet het aandeel hernieuwbare warmte ieder jaar toenemen met minstens 1,3% en de transportsector in 2030 minimaal 14% hernieuwbare energie gebruiken. In die 14% zit nog een subdoelstelling die voorschrijft dat minimaal 3,5% van het totaal ingevuld moet worden met geavanceerde biobrandstoffen.

Figuur 29 toont het aandeel hernieuwbare energie van EU-lidstaten in 2018 afgezet tegen de RED-doelstelling.

Figuur 29:
Productie van hernieuwde energie van EU-lidstaten in 2018 en afgezet tegen de RED-doelstelling en realisatie (Bron: Eurostat)



Elektriciteitswet en Gaswet

De *Elektriciteitswet* werd in 1998 ingevoerd en de *Gaswet* in 2000. Deze wetten regelen onder andere de organisatie van de vrije elektriciteits- en gasmarkt en bepalen de rechtspositie van afnemers. Beide wetten geven de Autoriteit Consument en Markt (ACM) de bevoegdheid om op voordracht van de netbeheerders de verhouding tussen de netten en hun gebruikers in zogeheten codes vast te leggen.

De regels op de elektriciteits- en gasmarkt zijn behalve in codes ook uitgewerkt in:

- Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB);
- Ministeriële Regelingen (MR) zoals de MR Gaskwaliteit en de MR GvO.

Zowel de Elektriciteitswet als de Gaswet bevatten definities en spelregels ten behoeve van de elektriciteits- en gasleveranciers voor het produceren, transporteren en leveren van elektriciteit en gas. Voor producenten van hernieuwbare elektriciteit en gas zijn deze wetten ook van belang, omdat ze de toegang tot het net regelen en aangeven hoe omgegaan dient te worden met onbalans tussen vraag en aanbod en beschikbare transportcapaciteit (congestie).

De wetten leggen tevens vast hoe energieleveranciers zich binnen de markt dienen te gedragen. Zo mogen ze geen misbruik maken van een eventuele machtspositie. De *Afdeling Rechtspraak van de ACM* en het *Staatstoezicht op de mijnen (SodM)*, dat verantwoordelijk is voor de veiligheid, houden toezicht op de naleving van

de Gas- en Elektriciteitswet. Marktpartijen of burgers met klachten kunnen om geschilbeslechting vragen bij de ACM of de SodM verzoeken om de veiligheid te inspecteren.

Beide wetten worden regelmatig getoetst om te bepalen of ze nog voldoen aan de behoeften van consumenten, elektriciteits- en gasleveranciers en netbeheerders. Zo is de elektriciteitswet in 2016 gewijzigd om de doelstellingen uit het *Energieakkoord* te kunnen behalen. In de Gaswet is in 2018 opgenomen dat netbeheerders nieuwe woningen niet meer op het gasnet mogen aansluiten, tenzij hiervoor ontheffing is verleend.

Er is een nieuwe Energiewet in de maak die de oude Elektriciteitswet en Gaswet zal vervangen.

Warmtewet

Biogas in een WKK of ketel levert warmte. Als die warmte wordt geleverd aan derden, is de in 2014 ingevoerde *Warmtewet* van toepassing. De Warmtewet is bedoeld om bescherming te bieden aan consumenten en bedrijven die zijn aangesloten op een lokaal warmtenet. Die bescherming is nodig, omdat de levering van warmte wordt gezien als een basisvoorziening en omdat afnemers van warmte afhankelijk zijn van één warmteleverancier. De meeste warmtenetten hebben maar één leverancier, waardoor afnemers niet kunnen overstappen.

De Warmtewet bevat bepalingen voor afnemers en leveranciers van warmte uit

stadsverwarming, blokverwarming en warmte-koude-opslag voor aansluitingen tot maximaal 100 kilowatt. In de wet zijn onder andere een landelijk maximumtarief en een compensatieregeling opgenomen. Het maximumtarief is vastgesteld via het ‘niet meer dan anders-principe’, dat inhoudt dat de kosten voor warmte niet hoger mogen zijn dan wanneer er een gasaansluiting zou zijn.

In 2020 is begonnen met de voorbereiding van een wetsvoorstel voor uitbreiding van de Warmtewet om de voorziene grotere rol van warmtenetten in de Nederlandse warmtevoorziening te reguleren.

Klimaatwet

Met de, in 2019 ingevoerde, *Klimaatwet* beoogt de Nederlandse overheid broeikasgasemissies terug te dringen en is een wettelijk kader gecreëerd voor het ontwikkelen van nieuw beleid. De wet bevat drie belangrijke doelstellingen:

- 1) een vermindering van de broeikasgasuitstoot met 55% in 2030 (t.o.v. 1990);
- 2) een vermindering van de broeikasgasuitstoot met 95% in 2050 (t.o.v. 1990) en
- 3) 100% klimaatneutrale elektriciteit in 2050.

De wet schrijft ook voor dat het kabinet een *Klimaatplan* moet maken met daarin de hoofdlijnen van het klimaatbeleid voor de komende 10 jaar. Ook moet het plan de laatste wetenschappelijke inzichten over klimaatverandering, technologische ontwikkelingen, internationale beleidsontwikkelingen en de economische gevolgen meenemen.

De Nederlandse klimaatdoelen zijn afgeleid van de internationale afspraken. Zo voldoet Nederland met de doelstellingen van de Klimaatwet ook aan het in 2015 gesloten VN-klimaatakkoord van Parijs, *COP21*. Om de doelstelling voor 2030 te halen hebben de Nederlandse overheid, bedrijven en maatschappelijke organisaties in 2019 een nationaal *Klimaatakkoord* gesloten. Daar staan ook afspraken in die partijen onderling hebben gemaakt.

Routekaart groen gas

De in maart 2020 verschenen *Routekaart groen gas* is een beleidsbrief van de minister van Economische Zaken en Klimaat aan de Tweede Kamer. Deze schetst de noodzaak van en de mogelijkheden om de productie van groen gas te vergroten tot een volume van 70 PJ (2 BCM) en geeft een overzicht van de belangrijkste beleidsvoornemens om de groengasambities uit het Klimaatakkoord te faciliteren:

- 1) een verkenning van alternatieve instrumenten;
- 2) flankerend beleid gericht op het realiseren van randvoorwaarden, waaronder innovatie, locatiebeschikbaarheid, professionalisering, netbeheer en grondstoffen en
- 3) een duiding hoe groen gas zal bijdragen aan de verduurzaming van eindgebruikssectoren.

MR Gaskwaliteit

De Gaswet is aangevuld met een aantal ministeriële regelingen (MR) over onder andere tariefregulering, de groothandelsmarkt en kwaliteitseisen. De *MR Gaskwaliteit* stelt eisen waaraan hoogcalorisch (H-) en laagcalorisch (L-) gas, en groen gas moeten voldoen, zowel bij invoeding als aflevering. Een en ander omvat onder meer de per gaskwaliteit toegestane bandbreedte van de calorische waarde, de Wobbe-index (die van belang is voor de afrekening), die de vlamsnelheid⁹⁾ aangeeft. Daarmee wordt voldaan aan de eisen met betrekking tot de maximale hoeveelheden verontreinigingen en toevoegingen. De ACM stelt jaarlijks de voorwaarden en tarieven voor de verschillende netten vast.

Voor groengasproducenten is het van belang dat het bij de invoeding van gas in het gasnet toegestaan is om een afwijkende gaskwaliteit in te voeden zolang de netbeheerder dit kan accommoderen.

Meststoffenwet

De *Meststoffenwet* en de bijbehorende *uitvoeringsregeling* bepalen de toegestane productie en het gebruik en transport van meststoffen voor agrarische doeleinden.

Het beperken en bewaken van met name de hoeveelheid nitraten (stikstofverbindingen) en fosfaten (fosforverbindingen) in de Nederlandse bodem waarborgt een goede waterkwaliteit en gezonde flora en fauna. Momenteel is er in Nederland een mestoverschot, doordat de veestapel meer mest produceert dan kan worden verspreid over het beschikbare grondoppervlak. Dit overschot moet worden

verwerkt tot bijvoorbeeld mestkorrels voor de export, maar is ook bruikbaar voor de productie van groene energie. De bepalingen per type mest en doeleinden *veranderen* regelmatig als gevolg van nieuwe inzichten. Het herziene stikstofbeleid van 2019 heeft ongunstige financiële gevolgen voor de productie van hernieuwbare gassen uit mest.

Bij vergisting bepalen de gebruikte mestsoort en substraten en de conversiemethode of het digestaat onder de mestwet valt en dus als mest mag worden gebruikt. Dat is alleen het geval als minimaal 50% mest als biograndstof wordt gebruikt aangevuld met biograndstoffen die voorkomen op bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. In andere gevallen kwalificeert het als afvalstroom en valt het onder de betreffende afvalstoffenwetgeving. Vergisters die Gft-afval vergisten of alleen plantaardige co-vergistingmaterialen mogen het digestaat nog nabewerken tot compost.

Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE)

De SDE-regeling bestaat sinds 2008. Het was de opvolger van de eerste nationale subsidieregeling voor het produceren van duurzame energie: de Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie (MEP). De SDE-regeling heeft tot doel de onrendabele top bij het produceren van hernieuwbare energie te compenseren. De hoogte van de subsidie staat gelijk aan het verschil tussen de kosten per kWh groene energie en de prijs van fossiele alternatieven en wordt toegekend voor periodes van 12 tot 15 jaar. Sinds 2011 is de regeling (omgedoopt in SDE+) gericht op bedrijven en is kosteneffectiviteit het basiscriterium. Projecten krijgen voorrang als ze per euro

⁹⁾ De vlamsnelheid geeft aan hoe snel een gas verbrandt. Als de vlamsnelheid lager is dan de uitstroomsnelheid van het gas beweegt de vlam zich bij de uitstroomopening vandaan. Is de vlamsnelheid hoger dan beweegt de vlam zich naar de uitstroomopening toe. Beide effecten zijn ongewenst en kunnen tot onveilige situaties leiden doordat de vlam dan kan uitdoven.



subsidie de meeste groene energie opleveren. De regeling is verdeeld in meerdere fases; de fase met de laagste vergoedingen gaat als eerste open, de hoogste vergoedingen komen als laatste aan bod.

Vanaf 2020 is de regeling (nu SDE++) niet langer gericht op het maximaliseren van productievolumes hernieuwbare energie per euro subsidie, maar op het zoveel mogelijk reduceren van CO₂-emissies. Hierdoor komen meer projecten in aanmerking voor subsidie, zoals hernieuwbare warmte uit biomassa. Het PBL adviseert het ministerie van EZK over de hoogte van de *subsidiebijdragen per categorie*.

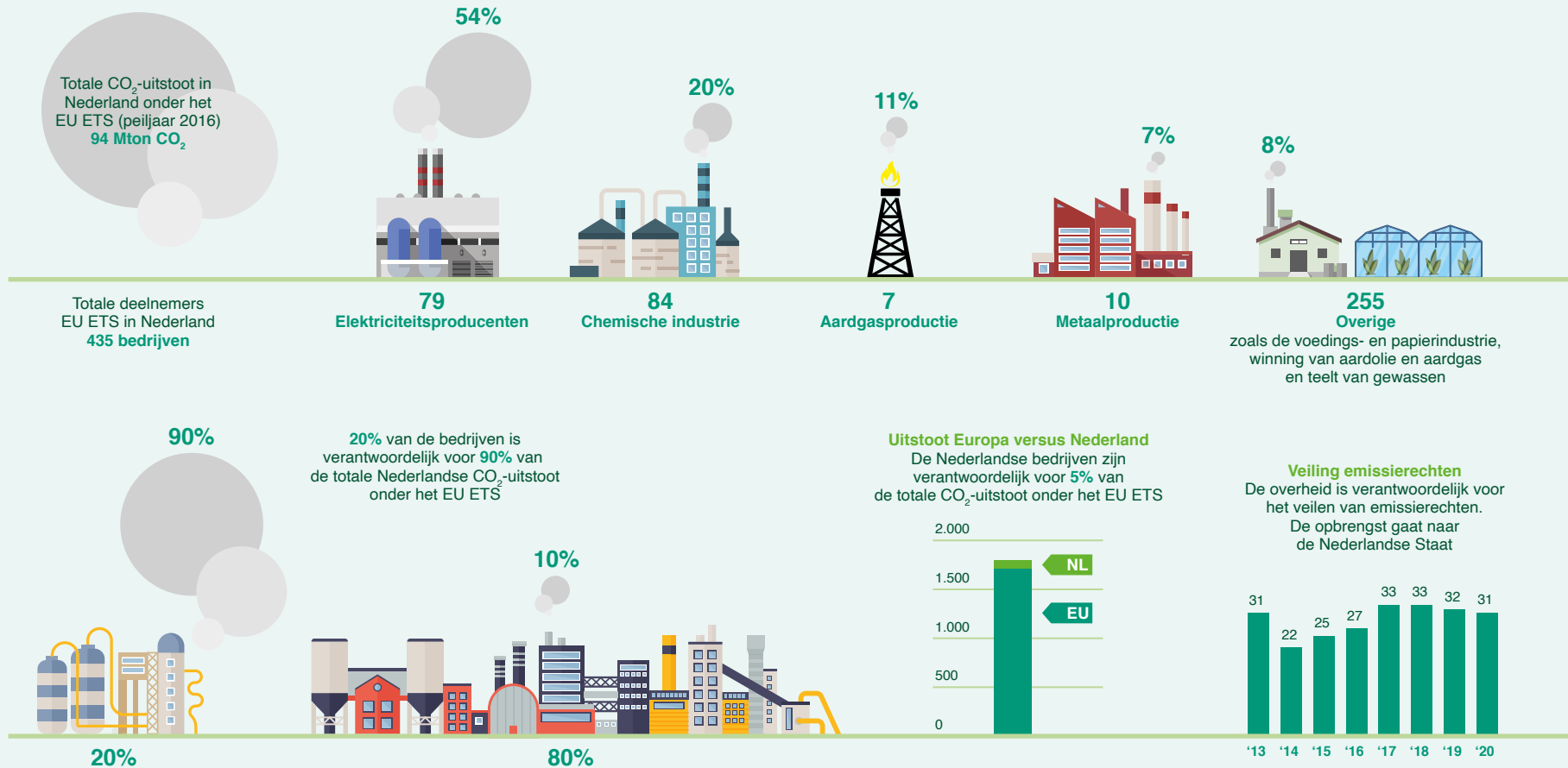
Emissions Trading System (ETS)

Industrieën die onder de ETS-regeling vallen (bijv. grote uitstoters in grijze energieproductie van > 20 MW, chemie en *luchtvaart*), krijgen een allocatie emissierechten. Deze gealloceerde rechten bepalen de maximaal uit te stoten broeikasgassen

zonder boete. Als zij minder emitteren hebben ze een surplus, als ze meer uitstoten een tekort. Jaarlijks zakt de hoeveelheid gealloceerde rechten opdat de industrie gestimuleerd wordt uitstoot te verminderen.

Een alternatief voor het investeren in de emissiereductie is het kopen van carbon credits, nationaal of internationaal. Dit zijn officiële waardepapieren die aangeven dat er ergens een surplus bestaat aan rechten of investeringen zijn gedaan in bijvoorbeeld verduurzaming van de industrie om de uitstoot terug te dringen. Deze rechten en credits zijn verhandelbaar via de European Energy Exchange handelsmarkt, maar het totaal aan rechten is beperkt en de allocaties worden elk jaar kleiner (2,2% vermindering per jaar vanaf 2021). Daardoor stijgen ze in prijs als Europese bedrijven niet sneller dan deze krimp hun emissies terugdringen. In 2019 schommelde de koolstofprijs (prijs van een CO₂-emissierecht van 1 ton) rond de € 25 per ton CO₂-equivalenten, terwijl dit tussen 2013 en 2017 gemiddeld op slechts € 6 lag.

Figuur 30: Werking Emissions Trading System (ETS)



Een stijgende prijs is gunstig voor alle groene energiealternatieven, inclusief groen gas, omdat hierdoor fossiele energie duurder wordt en het prijsverschil met hernieuwbare energie kleiner. Industrieën en sectoren onder de ETS-regeling kunnen ook hernieuwbare gasen inzetten om de CO₂-uitstoot te verlagen, maar dan dient er wel een fysieke verbinding te zijn tussen de productie-installatie van de hernieuwbare gasen en de industriële installatie.

Figuur 30 legt de werking van het Europese emissiehandelssysteem uit.

Hernieuwbare energie voor vervoer en Hernieuwbare Brandstofeenheden (HBe)

De *Hernieuwbare Energierichtlijn (Renewable Energy Directive - RED)* verplicht EU-lidstaten om hun transportbrandstoffen te verduurzamen. Nederland, in dit geval het ministerie van *Infrastructuur en Waterstaat (IenW)*, heeft deze richtlijn ingevuld door een oplopende bijmengverplichting op te leggen aan de accijnsgoederenplaatshouders (i.c. brandstofleveranciers) die jaarlijks meer dan 500.000 liter diesel of benzine leveren voor transport. In 2020 moet het bijmengpercentage opgelopen zijn tot 16,4% en in 2030 tot 24%.

Brandstofleveranciers kunnen fysiek aan deze verplichting voldoen door bijvoorbeeld biodiesel of bio-ethanol bij te mengen of door 100% hernieuwbare transportbrandstoffen aan te bieden. De leveranciers kunnen ook volstaan met een administratieve transactie door afspraken te maken met aanbieders die meer hebben bijgemengd dan noodzakelijk.

Of en hoe zij zich aan deze verplichting houden wordt bijgehouden in het *Register Energie en Vervoer (REV)* van de *Nederlandse Emissieautoriteit*. De absolute hoeveelheid gebruikte hernieuwbare energie voor transport wordt hierbij uitgedrukt in HBe's. Eén HBe komt overeen met 1 GJ. HBe's zijn verhandelbaar; bedrijven die meer HBe's hebben dan nodig, kunnen deze verkopen aan bedrijven die juist HBe's tekortkomen, zodat iedereen aan de verplichting kan voldoen. Aan het einde van het jaar moet iedereen voor wie de verplichting geldt, voldoende HBe's hebben om aan de bijmengverplichting te voldoen.

De Europese en nationale overheid willen de productie van transportbrandstoffen uit energiegewassen, de zogenaamde conventionele transportbrandstoffen, niet te sterk bevorderen. De EU en Nederland doen dit door de bijdrage van dit type brandstof te maximeren en door alternatieven te stimuleren. Voor transportbrandstoffen gemaakt uit *biograndstoffen van de tweede generatie*, ook geavanceerde transportbrandstoffen genoemd, geldt een minimum bijmengpercentage dat in ieder geval gehaald moet worden. Ook tellen ze dubbel in het behalen van de doelstelling waardoor de waarde ook verdubbelt. Tweede generatie biograndstoffen zijn niet geschikt voor de productie van voedsel of veevoer.

De garantie-van-oorsprong-certificaten (GvO's) voor groen gas zijn momenteel meer waard als het wordt ingezet in de transport- in plaats van energiesector (meestal als bio-CNG). De HBe-markt fluctueert nogal qua vraag en aanbod. De prijs van een HBe wisselt daardoor eveneens. Een groengasproject kan inkomsten genereren via de HBe-route of via de SDE, ze kunnen niet gecombineerd

worden maar wel afgewisseld. Hierdoor én vanwege de fluctuerende HBe-prijs is de business case voor de productie van groen gas in combinatie met het verkopen van HBe's op lange termijn onzeker. Deze projecten zijn moeilijker te financieren dan projecten die kunnen rekenen op een langjarige en voorspelbare SDE-bijdrage.

Duurzaamheidssystemen

Biobrandstoffen moeten voldoen aan de Europese criteria voor duurzaamheid om mee te kunnen tellen voor de jaarverplichting. Bedrijven moeten aantonen dat ze voldoen aan deze Europese criteria. Dat doen ze door gebruik te maken van zogeheten duurzaamheidssystemen voor biobrandstoffen. Dit zijn certificeringssystemen die toetsen of de installaties en procesvoering voldoen aan de Europese criteria. In Nederland moeten alle schakels in de productie- en handelsketen van de in het register opgenomen biobrandstoffen gecertificeerd zijn volgens een duurzaamheidssysteem.

Deze certificering kan onder verschillende systemen/regimes worden uitgevoerd. Alleen duurzaamheidssystemen (*voluntary schemes*) die door de Europese Commissie zijn erkend, mogen worden gebruikt.

De Europese Commissie toetst duurzaamheidssystemen voor biobrandstoffen aan de duurzaamheidseisen uit de *Richtlijn Hernieuwbare Energie (RED)*. Systemen die voldoen aan de eisen, worden door de Europese Commissie voor vijf jaar erkend. De website van de Europese Commissie geeft een overzicht van de erkende systemen voor biobrandstoffen. De Europese Commissie heeft momenteel



32 Mengvoerbak

33 Koffiedik



34 Organisch natte fractie uit restafval



35 Graanafval



14 duurzaamheidssystemen erkend. Enkele veel gebruikte zijn *ISCC+*, *Red Cert* & *Better Biomass*.

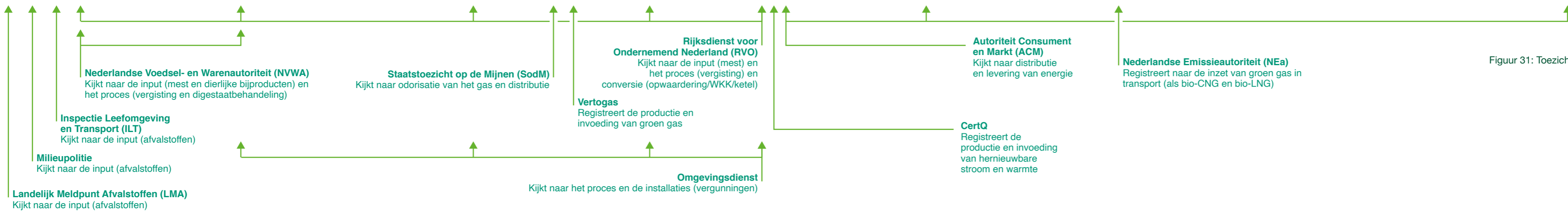
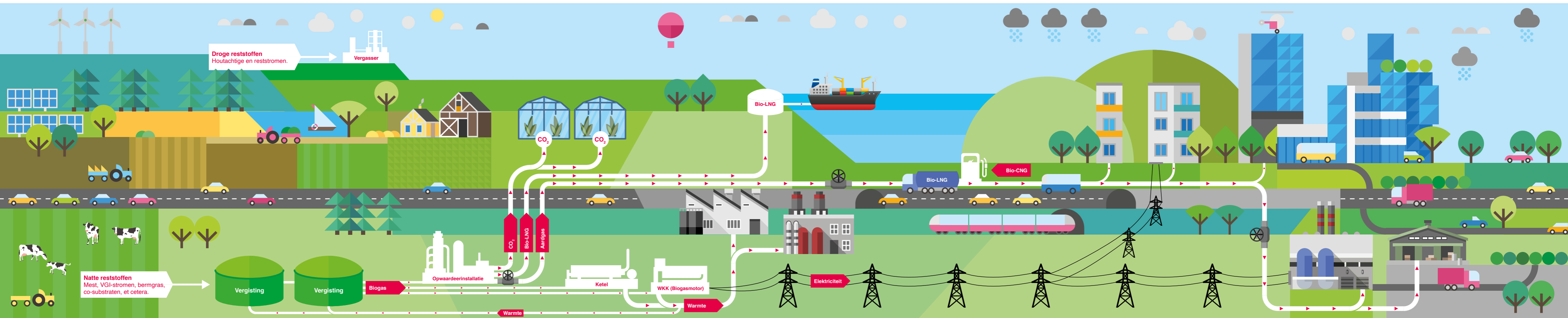
De meeste duurzaamheidssystemen zijn geschikt voor meer grondstoffen en bestrijken de hele productieketen. Enkele richten zich op een specifieke grondstof en/of een deel van de keten zoals bijvoorbeeld de teelt van landbouwgewassen.

Bewijs van duurzaamheid/Proof of Sustainability (PoS)

Elk bedrijf met gecertificeerde locaties mag voor biobrandstofleveringen vanaf die locaties een bewijs van duurzaamheid afgeven. De bewijzen van duurzaamheid (*Proof of Sustainability, PoS*) doorlopen uiteindelijk de hele productie- en handelsketen, totdat een inboekter de duurzaamheid claimt. Dit doet hij door de brandstoflevering aan vervoer in Nederland in te boeken in het REV en een bewijs van

duurzaamheid voor de NEa op te stellen, met daarop de relevante duurzaamheidsgegevens, te weten:

- de naam van de grondstof(fen);
- het land van herkomst van de grondstof(fen);
- de broeikasgasuitstoot in de hele productieketen van de biobrandstof;
- het duurzaamheidssysteem waaronder de levering plaatsvindt.



Figuur 31: Toezichthouders

13. Toezichthouders

Inleiding

In het vorige hoofdstuk is al aangegeven dat groengasprojecten te maken krijgen met veel verschillende wetten en regelingen. Voor de controle op de naleving van deze wetten en regelingen heeft de overheid toezichthouders aangesteld. Dit zijn onafhankelijke en onpartijdige instituten.

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste toezichthouders besproken. Figuur 31 (pagina 78 en 79) toont op welk deel van de keten ze toezien.

Autoriteit Consument en Markt (ACM)

De ACM ziet erop toe dat bedrijven eerlijk concurreren en beschermt consumentenbelangen, ook op de energiemarkt. Zo controleert de ACM dat bijvoorbeeld de investeringen van netbeheerders in infrastructuur om duurzame energie te accommoderen zo efficiënt mogelijk worden uitgevoerd en dat de transport- en leveringszekerheid gewaarborgd blijft. Relevant voor biogas is dat de ACM de invoeding van groen gas en andere decentraal opgewekte energie op de distributienetten bewaakt (aspecten zoals kwaliteit, meettechniek en deels tarieven) via de zogenaamde *codes energie*. Daarnaast verzorgt de ACM de transitie naar een Europese energiemarkt en heeft zij de verantwoordelijkheid te testen of groene energie daadwerkelijk groen is door de juistheid van de soort en hoeveelheid GvO-certificaten van energieleveranciers te controleren.

Als een afnemer van energie vindt dat een netbeheerder zich niet houdt aan de wettelijke regels, kan de ACM bemiddelen en bepalen wat de juiste uitleg is van de Elektriciteitswet of de Gaswet. Dat heet *geschilbeslechting*.

Staatstoezicht op de Mijnen (SodM)

SodM maakt zich sterk voor de veiligheid van de mens en de bescherming van het milieu bij energiewinning en het benutten van de ondergrond. Aspecten zoals veilige pijpleidingen in gasnetten (inclusief particuliere netten) en odorisatie (toevoegen van geurstof) van gas vallen onder het toezicht van SodM. SodM adviseert het ministerie van EZK ook over de veiligheid en het transport van groen gas en waterstof bij nieuwe ontwikkelingen in de energietransitie.

De Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA)

De NVWA bewaakt de veiligheid van voedsel en consumentenproducten, dierenwelzijn en natuur. Eigenaren van installaties die mest en/of andere dierlijke bij-producten vergisten, zoals voormalige voedingsmiddelen of keukenafval en etensresten, moeten een erkenning aanvragen bij de NVWA om ze te mogen gebruiken. Als het digestaat wordt nabewerkt, kan daarvoor ook een erkenning nodig zijn, bijvoorbeeld als composteer- of mestverwerkingsinstallatie.

De NVWA houdt bij welke installaties mest en/of andere dierlijke bijproducten mogen vergisten; op dit moment zijn dat 128 installaties. Tijdens inspecties beoordelen medewerkers van de NVWA of het bedrijf handelt in overeenstemming met de wettelijke voorwaarden in de Verordening Dierlijke Bijproducten en de Meststoffenwet. Ze beoordelen daarbij onder meer:

- de gebruikte biograndstoffen;
- de infrastructuur en uitrusting van het bedrijf;

- de hygiëne en werkwijze;
- het proces en de beheersing daarvan;
- de microbiologische gesteldheid van het eindproduct.

Nederlandse Emissieautoriteit (NEa)

De NEa houdt toezicht op de handel in en het volume van hernieuwbare brandstoffen via GvO's en HBe's in het Register Energie en Vervoer. Zo wordt het vertrouwen vergroot in de inzet van hernieuwbare energie, in Nederland en krachtens de Europese RED-richtlijnen. Daarnaast verzamelt de NEa-emissiegegevens van Nederlandse sectoren en vervult daarmee een rol als toezichthouder en adviseur op het gebied van de emissiehandel (voornamelijk via het ETS). Ook de CO₂-heffing die in 2021 ingaat wordt uitgevoerd door de NEa. Indien Nederlandse bedrijven hun uitstoot niet goed meten of rapporteren, kan de NEa ingrijpen door middel van correcties of boetes.





14. Toekomst

Inleiding

Hernieuwbare gassen worden al sinds het begin van de twintigste eeuw geproduceerd, maar pas sinds het begin van deze eeuw na de splitsing van de energiebedrijven groeit de schaal en productie. Na de splitsing mochten ook andere dan energiebedrijven energie produceren en aanbieden aan de netten. Die schaalvergroting zien we terug in zowel het aantal als de omvang van projecten. Deze groei heeft ook geleid tot de ontwikkeling van nieuwe producten en processen en tot kostenbesparing door procesverbeteringen.

Hoe meer projecten ontwikkeld worden, hoe sneller een sector innoveert. Het einde van deze ontwikkeling is nog niet in zicht. Via haar topsectorenbeleid stimuleert de Nederlandse overheid innovatieve ondernemers om projecten te ontwikkelen die leiden tot meer hernieuwbaar gas tegen lagere kosten. Dat doet ze onder meer via een *innovatieprogramma groen gas*. In dit hoofdstuk lichten we enkele veelbelovende innovaties eruit.

Autogeneratieve hogedrukgingsting/Autogenerative High Pressure Digestion (AHPD)

Deze vergistingstechnologie maakt gebruik van het verschijnsel dat bepaalde bacteriën, ook als de druk in de reactor oploopt, doorgaan met het produceren van biogas. Dat spaart een gasopwaardeerinstallatie uit. Onder hoge druk lost de in het biogas aanwezige CO₂ namelijk op in water, waardoor het voornamelijk uit methaan bestaat. De opgebouwde druk drijft ook een filtersysteem aan. De vergister kan goed uit de voeten met zuiveringsslib en organisch keukenafval, maar



is ook eerder in de waterzuiveringsketen inzetbaar wanneer hij direct gevoed wordt met rioolwater. Dit type installatie is uitgebreid getest bij *EnTranCe* in Groningen. Bij *EnTranCe* is ook aangetoond dat het systeem in staat is om uit externe bronnen afkomstige waterstof in de vergister om te zetten naar extra methaan. Deze techniek wordt *AH₂PD* genoemd.

De eerste commerciële installatie wordt nu ontwikkeld op Ameland om zuiveringsslib te verwerken tot groen gas. In de toekomst wordt ook een verbinding gemaakt met het grote zonnepark op het eiland. Als dit park meer stroom levert dan de bewoners nodig hebben, wordt met het overschot waterstof geproduceerd, dat de *AH₂PD*-installatie vervolgens omzet in methaan.

39 EnTranCe,
het expertisecentrum dat zorgt voor innovaties
ten behoeve van de energietransitie



Vergassing, de techniek

In de chemische industrie is het vergassen en kraken van kolen en zware olie-producten een bekende technologie. Het vergassen van biograndstoffen is relatief nieuw en in ontwikkeling. Na vergassing blijft as en koolstof over. Net als het gas kan de koolstof een waardevol eindproduct vormen.

Vergassing heeft een hoog omzettingsrendement (tot wel 90%) en heeft daarmee potentieel meer gasopbrengst en minder reststromen dan omzetten via vergisting. Door de vaak modulaire opzet zijn verassingsinstallaties goed schaalbaar.

Vanwege dit potentieel worden momenteel meerdere vergassingstechnologieën ontwikkeld met als doel om reeds in de komende jaren productierijpe installaties te kunnen bouwen. Het betreft projecten gebaseerd op het vergassen van (grotendeels natte) biograndstoffen in superkritisch water en projecten waarbij duurzame reststromen van droge biomassa worden vergast. Alleen in Nederland zijn al zeker 10 vergassingsprojecten in ontwikkeling. Betrokken partijen voorspellen de jaarlijkse hernieuwbaar gas productie met honderden miljoenen Nm³ te kunnen laten groeien.

Superkritische watervergassing

Deze technologie maakt gebruik van water dat zich in een superkritische fase bevindt. Zoals bekend kan water vloeibaar zijn, vast (ijs) of gasvorming (stoom), maar er is ook een vierde minder bekende fase: de superkritische fase. In deze toestand is het onderscheid tussen de gas- en vloeistoffase verdwenen. Deze fase

treedt op als de temperatuur hoger is dan 375° Celsius en de druk tegelijkertijd hoger is dan 221 bar. Onder zulke omstandigheden veranderen de eigenschappen van water drastisch: organische stoffen lossen er zeer goed in op, waarna deze snel en efficiënt omgezet worden in gas. De oplosbaarheid van mineralen en zouten neemt daarentegen enorm af, waardoor ze neerslaan.

Het resultaat van deze veranderende eigenschappen is dus dat water een oplosmiddel wordt voor organische componenten, zelf mee reageert en een katalysator is voor de chemische reacties die plaatsvinden. Hierdoor ontstaat een snelle en vrijwel volledige omzetting van de organische bestanddelen naar gas, waarbij met name waterstof, methaan en kooldioxide gevormd worden. Het methaangehalte van dit gas kan in een methanisatiestap verder worden verhoogd, waarna er groen gas van gemaakt kan worden. Het gasmengsel is ook geschikt als grondstof in de chemische industrie.

Superkritische watervergassing heeft als voordeel dat zij zowel droge als natte biomassa kan verwerken, waarbij de droge biomassa niet te groot mag zijn en verkleind en aangelengd moet worden om deze te kunnen verpompen. In Nederland wordt op meerdere locaties gewerkt aan de verdere ontwikkeling van deze technologie. In Alkmaar is begonnen met de bouw van een commerciële installatie.

40 Groen gas



Vergassing droge biomassa

Duurzame houtige reststromen kunnen via directe vergassing in syngas, waterstof en/of groen gas worden omgezet. Ook gedroogde mest of digestaat kan worden vergast. Tenslotte kunnen droge houtachtige reststromen na een voorbewerking genaamd torrefactie (bij hoge temperatuur omzetten van heterogene stromen naar een homogene biokool) worden vergast.

Voor beide genoemde procesvormen (directe vergassing of na torrefactie) zijn in Nederland inmiddels initiatieven voor de bouw van demo- of proefinstallaties ontplooid.

Waterstof

De toepassing van waterstof als energiedrager krijgt veel aandacht, omdat zij een oplossing kan bieden voor het grootschalig en kosteneffectief opslaan van duurzame elektriciteit. Een ander belangrijk voordeel van waterstof is dat bij de verbranding alleen water ontstaat. Waterstof kan op verschillende manieren geproduceerd worden. De belangrijkste methoden zijn:

- Uit fossiele koolwaterstoffen, waarbij CO₂ als restproduct vrijkomt. In dat geval spreken we van *grijze waterstof*.
- Ook uit fossiele koolwaterstoffen, waarbij de CO₂ echter wordt opgevangen en opgeslagen; de oorsprong is dan nog wel fossiel, maar er vindt geen CO₂-uitstoot plaats. Dit product noemen we *blauwe waterstof*.
- Via elektrolyse van water. Een elektrolyseapparaat gebruikt elektriciteit om water te splitsen in waterstof en zuurstof. Is de gebruikte elektriciteit hernieuw-

baar, dan spreken we van *groene waterstof*.

- Door het ontleden van biograndstoffen in een vergasser in een aantal gassen waaronder waterstof. Deze waterstof mag ook groen heten.
- Via vergisting, waarbij bacteriën waterstof produceren, die vervolgens vrij snel door andere bacteriën wordt gebruikt om methaan te maken.

Begin 2020 is de *kabinetsvisie* waterstof naar de Tweede Kamer gestuurd. Deze kamerbrief schetst het belang van CO₂-vrije waterstof als noodzakelijke schakel in een duurzaam energiesysteem, in alle sectoren, en de 'systeemrol' die deze energiedrager kan spelen wanneer er veel elektriciteit uit wind en zon beschikbaar is.

Methanisatie

Methaan is het hoofdbestanddeel van aardgas. In Nederland is een uitgebreide en efficiënte infrastructuur aanwezig om methaan te vervoeren, op te slaan en af te leveren bij de eindgebruiker. *Methanisatie* is een proces waarmee methaan wordt gemaakt uit een gasmengsel dat grotendeels bestaat uit waterstof, kooldioxide en/of koolmonoxide. Een beperkt deel van de in het gasmengsel aanwezige waterstof reageert tijdens de methanisatie met zuurstof en vormt dan water. Na de methanisatie en enkele beperkte kwaliteitsbewerkingen zijn deze gassen als groen gas inzetbaar via de aardgasinfrastructuur.

Er zijn twee manieren om het methanisatieproces te laten plaatsvinden: een chemisch katalytische route en een biologische route. Bij chemisch katalytische

methanisatie wordt gebruik gemaakt van een katalysator, die het proces op gang brengt. Hierbij zijn temperaturen nodig van tussen de 250 en 550 graden Celsius. Het proces heeft ook baat bij een hoge druk, doordat de gassen dan sneller met elkaar reageren. Chemisch katalytische methanisatie is een veelgebruikte technologie om bijvoorbeeld methaan uit steenkool te produceren. Met de toepassing ervan in vergassers van biograndstoffen is minder ervaring.

Bij biologische methanisatie doen bacteriën het werk. Zoals in Hoofdstuk 3 (pagina 17) is te lezen, zijn in een vergister al bacteriën aanwezig die uit kooldioxide en waterstof methaan kunnen maken. Kooldioxide is er meer dan genoeg in een vergister, dus als extra waterstof wordt toegevoegd kunnen de bacteriën de overtollige kooldioxide omzetten in methaan en water.

Methanisatie is ook geschikt voor het maken van methaan uit groene waterstof en CO₂ uit de lucht of uit een schoorsteen. Dan wordt hernieuwbaar methaan geproduceerd zonder biograndstoffen te gebruiken. In dat geval spreken we ook wel van synthetisch methaan of hernieuwbare brandstof van niet-biogene oorsprong.

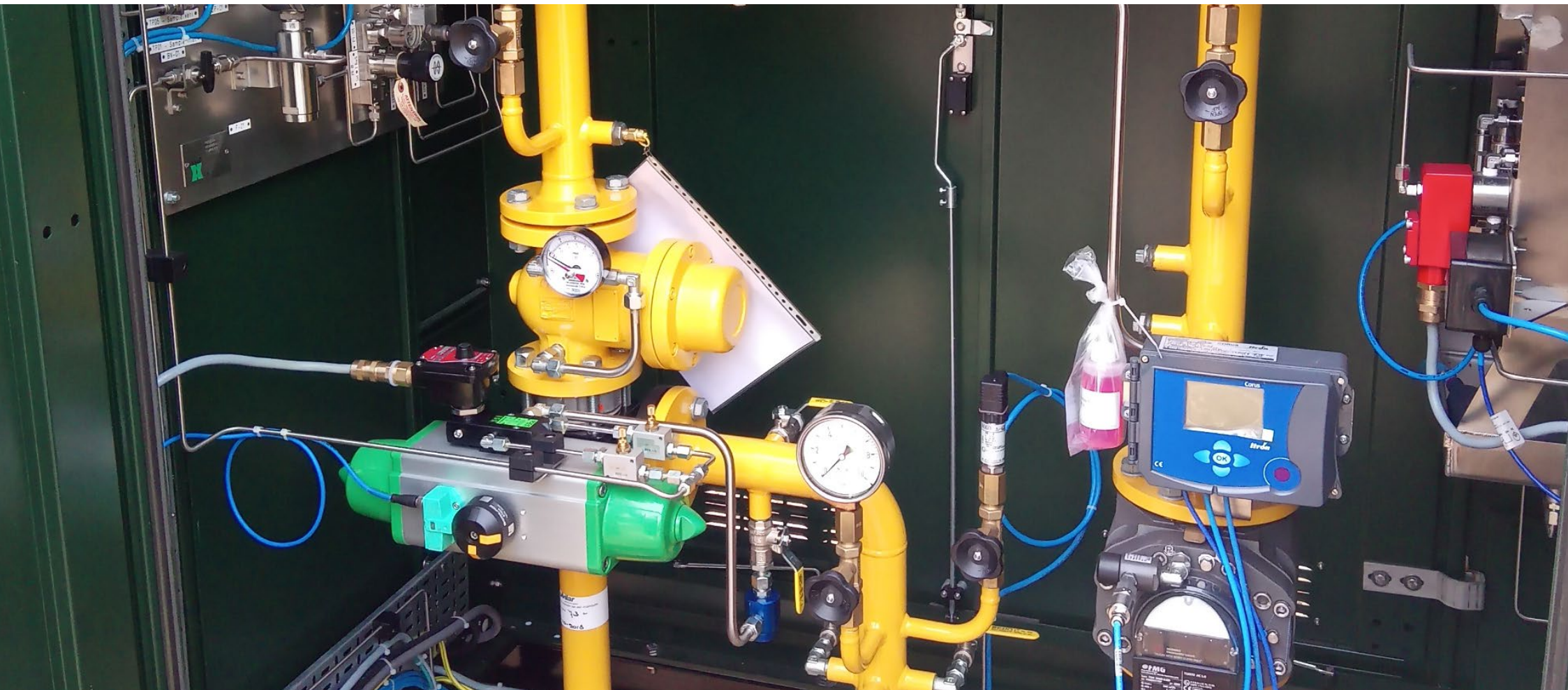
Bio-LNG

De afkorting LNG staat voor *Liquefied Natural Gas* oftewel vloeibaar gemaakt aardgas. In vloeibare vorm is het volume van LNG zo'n 600 keer kleiner dan in gasvorm. Het is als transportbrandstof daardoor geschikt voor zwaar transport: vrachtvervoer over grote afstanden, de binnenvaart en zeescheepvaart. De CO₂-uitstoot van LNG is weliswaar zo'n 15% lager dan dat van diesel, maar het is nog steeds een fossiele brandstof. Bio-LNG is vloeibaar gemaakt groen gas en dus wel hernieuwbaar. Het wordt op dit moment vooral geproduceerd uit biogas, maar het kan ook uit gas van een vergasser of uit synthetisch methaan gemaakt worden.

Er zijn verschillende manieren om bio-LNG uit groen gas te maken, maar ze hebben gemeen dat ze gebruik maken van het verschijnsel dat gassen condenseren als je ze sterk genoeg afkoelt. Bij welke temperatuur een gas condenseert, hangt behalve van het type gas af van de druk. Op atmosferische druk moet methaan afgekoeld worden tot 162 graden onder nul om het vloeibaar te maken. Om 10 kWh bio-LNG te maken uit groen gas is ongeveer 1 kWh *energie* nodig.

Bio-LNG wordt in diverse landen geproduceerd maar op dit moment nog niet in Nederland.

41 Poortwachter (gaskwaliteitscontrole)



15. Idioom

Inleiding

Iedere sector ontwikkelt in de loop der jaren een eigen taalgebruik met specifieke afkortingen en begrippen. Zo ook in de sector hernieuwbaar gas. Omdat ze voor buitenstaanders soms niet duidelijk zijn, worden in dit hoofdstuk de belangrijkste afkortingen en begrippen behandeld.

(Bio)grondstoffen

Er zijn twee soorten grondstoffen: hernieuwbare en eindige grondstoffen. Eindige grondstoffen kunnen fossiele grondstoffen zijn zoals aardolie, aardgas en steenkool of minerale grondstoffen zoals ijzererts of bauxiet. Zodra ze zijn gewonnen, kunnen ze niet opnieuw worden aangevuld. Daarom zijn het eindige grondstoffen.

Hernieuwbare grondstoffen worden wel aangevuld. Het zijn bijna altijd biograndstoffen; ze worden gemaakt van (of door) planten en dieren. Uit hernieuwbare elektriciteit wordt via elektrolyse waterstof gemaakt; dat noemen we daarom een synthetische hernieuwbare grondstof.

Synthetische hernieuwbare grondstoffen spelen op dit moment nog geen rol van betekenis in onze economie.

Eenheden (Nm³/MJ/kWh/MW/MWh/PJ)

Dit rapport maakt gebruik van verschillende eenheden om de hoeveelheid energie of energetisch vermogen of het volume aan te duiden:

Nm³ staat voor normaalkubieke meter en is de eenheid waarin het volume van

gassen wordt uitgedrukt. Omdat bij gassen het volume afhankelijk is van druk en temperatuur, is een normaalkubieke meter het volume bij een vooraf vastgestelde druk en temperatuur.

MJ staat voor Megajoule en geeft de hoeveelheid energie aan. Mega staat voor 1 miljoen dus 1 MJ is 1000 kilojoule en 1.000.000 Joule. Een Nm³ groen gas heeft een energie-inhoud van 35,17 MJ.

kWh is de afkorting van kilowattuur en geeft de hoeveelheid energie aan. Kilo staat voor 1000 dus 1 kWh is 1000 Wattuur. Een Nm³ groen gas heeft een energie-inhoud van 9,77 kWh.

MW is de afkorting voor Megawatt en geeft het energetische vermogen aan. Het is dus een maat voor de hoeveelheid energie die een installatie kan leveren.

MWh is de afkorting van Megawattuur en geeft de hoeveelheid energie aan. Een installatie van één Megawatt kan in een uur één Megawattuur energie produceren. Eén MWh groen gas bevat 102,36 Nm³ groen gas.

PJ is de afkorting voor Petajoule waarbij Peta staat voor 1 biljard (een 1 met 15 nullen). Een Nm³ groen gas heeft een energie-inhoud van 35,17 MJ, één PJ groen gas bevat 28,4 miljoen Nm³ groen gas.

Energetisch rendement

Het energetisch rendement geeft de verhouding tussen de hoeveelheid nuttige energie die een installatie levert en de hoeveelheid energie die erin gaat. De meeste soorten energieomzetting zijn niet volmaakt; alleen bij omzettingen naar warmte wordt een rendement van 100% bereikt. Het energetische rendement van een vergister hangt nauw samen met de gebruikte voeding en de toepassing van het biogas (ketel, opwaardeerinstallatie of WKK).

MEP, OV-MEP, SDE, SDE+, SDE++

De Nederlandse overheid zet verschillende regelingen in om de productie van hernieuwbare energie te stimuleren. De eerste regeling was de Ministeriële Regeling Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie, kortweg MEP-regeling. Deze regeling van het Nederlandse Ministerie van Economische Zaken bestond sinds 1 juli 2003 en kwam in de plaats van een vrijstelling van de Regulerende Energiebelasting (REB) voor duurzame energiebronnen. De MEP-regeling is in 2006 stopgezet.

Na het stopzetten van de MEP-regeling kwam de OV-MEP-regeling, een overgangsregeling tussen de MEP en de SDE, die specifiek bestemd was voor kleine vergistinginstallaties.

SDE staat voor Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie. In tegenstelling tot de MEP geeft de SDE ook een vergoeding bij levering van groen gas (opgewerkt biogas) aan het gasnet. De SDE-regeling ging in op 1 januari 2008.

SDE+ is sinds 2011 het belangrijkste instrument voor de stimulering van de opwekking van hernieuwbare energie. Het is niet meer bedoeld voor particulieren en meer gericht op economische efficiëntie.

In 2020 is de **SDE++** in werking getreden. Deze regeling lijkt nog steeds heel erg op de SDE+ maar verschilt op een belangrijk punt. Bij de SDE+ concurreren projecten op basis van prijs met elkaar, bij de SDE++ concurreren ze op basis van prijs én CO₂-emissiereductie met elkaar. Het project dat de meeste CO₂-uitstoot vermindert tegen de laagste kosten, mag als eerste een beroep doen op de SDE++. Duurdere projecten pas later.

Broeikasgassen

Een aantal gassen die van nature in onze atmosfeer voorkomen, absorberen gedeeltelijk de warmte die de aarde uitstraalt. Deze gassen noemen we broeikasgassen. Door menselijke activiteit neemt de concentratie van een aantal van deze gassen toe, waardoor het natuurlijke broeikaseffect wordt versterkt.

Er zijn verschillende broeikasgassen, die ieder een ander broeikaseffect hebben. Dit broeikaseffect of vermogen tot opwarming noemen we *Global Warming Potential* of GWP. Het is een maat voor het opwarmende effect van dit gas gedurende een periode van 100 jaar. CO₂ is het bekendste broeikasgas en daarom als referentie genomen met referentiewaarde 1. Om de uitstoot van de verschillende gassen met elkaar te kunnen vergelijken is het handig om ze in eenzelfde eenheid uit te drukken. Daarom worden de uitgestoten hoeveelheden omgerekend naar CO₂-

equivalenten. Methaan heeft een GWP van 28: de uitstoot van 1 kg stemt dus overeen met 28 kg CO₂-equivalenten. Lachgas of distikstofoxide (N₂O) heeft een GWP van 265.

Biogas, syngas, groen gas, Power-to-Gas (P2G), hernieuwbaar gas

In Nederland kennen we veel soorten hernieuwbare gassen met ieder een andere naam en samenstelling. Hierna worden ze één voor één toegelicht.

Biogas: ongezuiverd gasmengsel verkregen uit vergisting, bevat ca. 50 - 65% methaan (CH₄), en verder hoofdzakelijk CO₂ en H₂O, en sporen van andere componenten waaronder H₂S.

Syngas of productgas: ongezuiverd gasmengsel verkregen uit vergassing, bevat hoofdzakelijk waterstof (H₂) en koolmonoxide (CO).

Groen gas: tot aardgaskwaliteit (Groningen- of H-gas) opgewerkt biogas of syngas.

Power-to-Gas (P2G): gassen verkregen met behulp van elektriciteit (power), met name: waterstofgas (H₂) door elektrolyse van water en methaan (CH₄), waarbij H₂ is gemethaniseerd met behulp van CO₂.

(Dit is overigens alleen 'hernieuwbaar' of 'klimaatneutraal' te noemen als niet alleen de elektriciteit, maar ook de gebruikte CO₂ uit hernieuwbare bronnen afkomstig is.)

Hernieuwbaar gas: verzamelbegrip voor alle niet-fossiele gassen.

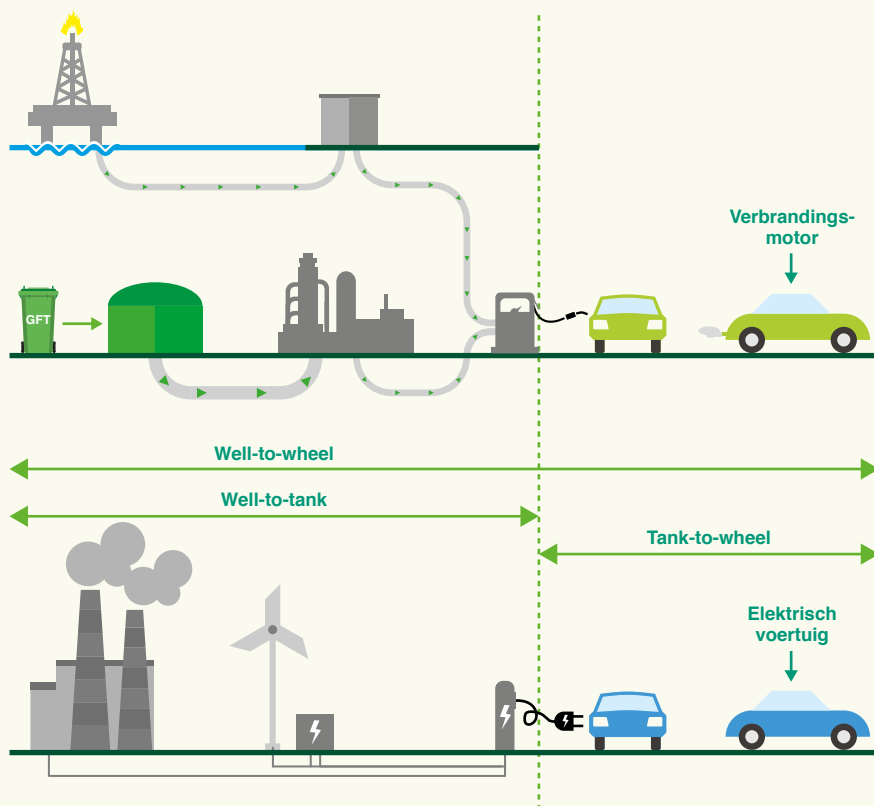
Carbon Credits

Een Carbon Credit is een certificaat dat het recht geeft om een ton koolstofdioxide, of een vergelijkbare hoeveelheid van een ander broeikasgas, uit te stoten. Ze worden ook wel *emissierechten* genoemd; bedrijven krijgen ze om broeikasgassen te kunnen uitstoten tot een bepaalde limiet. Is hun CO₂-uitstoot hoger dan moeten ze carbon credits bijkopen en als ze hun CO₂-uitstoot verlagen tot onder de limiet kunnen ze carbon credits verkopen. Bedrijven kunnen zo zelf een afweging maken wat het meest kosteneffectief is: investeren in schonere technologie of emissierechten bijkopen.

Onderscheid kan gemaakt worden in verplichte en vrijwillige markten voor carbon credits. De markt voor verplichte emissiehandel is gecreëerd en gereguleerd door verplichte CO₂-verminderende afspraken, zoals bijvoorbeeld het Kyoto-protocol.

De vrijwillige markt functioneert buiten de verplichte markt en geeft bedrijven en particulieren de mogelijkheid om CO₂-rechten te kopen voor de compensatie van hun CO₂-uitstoot. Zo kunnen mensen die hun CO₂-uitstoot willen verminderen en bedrijven die klimaatneutraal willen worden een equivalent in CO₂-rechten kopen om hun CO₂-voetafdruk te 'neutraliseren'.

Figuur 32: Well-to-wheel, well-to-tank, tank-to-wheel



Well-to-wheel

Deze term komt uit de transportsector. CO₂-emissies komen niet alleen vrij bij het verbrandingsproces in het voertuig maar ook bij het vervaardigen en transporteren van brandstoffen. Bij een well-to-wheel-benadering worden alle CO₂-emissies van bron tot en met de auto meegenomen. Dit geeft een compleet beeld van de CO₂-prestaties van een brandstofsoort of aandrijftechniek.

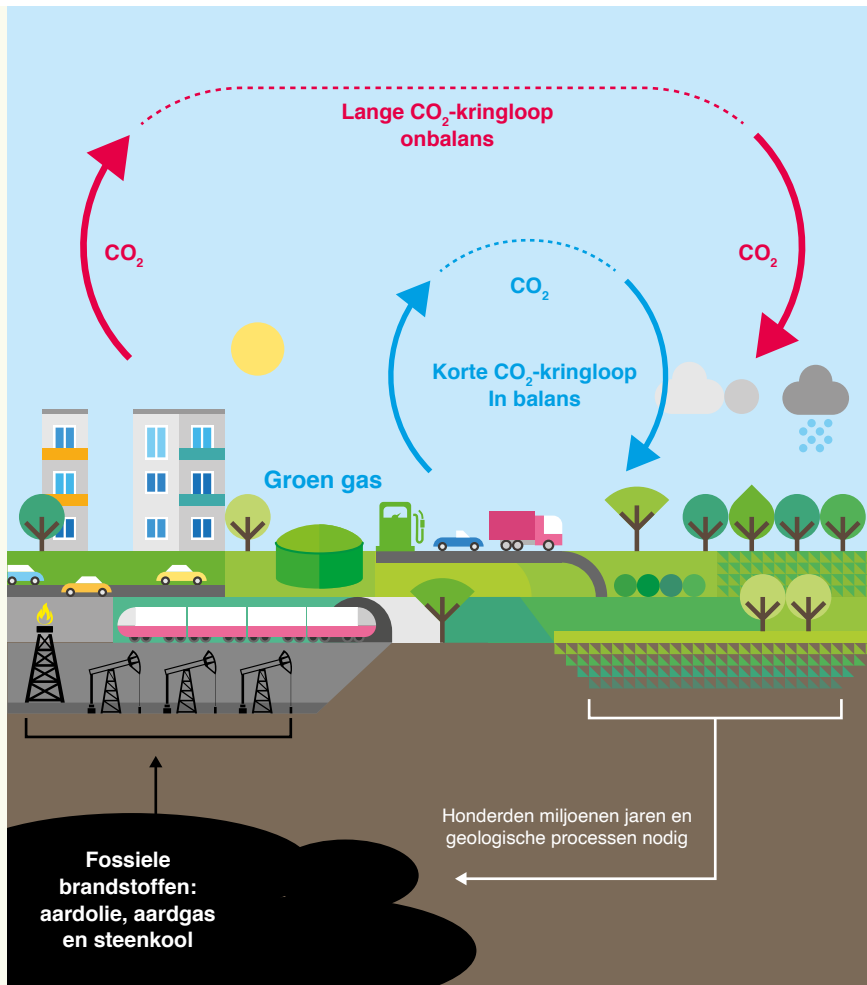
Well-to-wheel kan weer worden onderverdeeld in well-to-tank en tank-to-wheel. Bij well-to-tank worden alle emissies meegenomen die vrijkomen tijdens winning, transport en raffinage van brandstoffen (of bij de productie en het transport van elektriciteit). Bij tank-to-wheel worden de emissies meegenomen die ontstaan door verbranding van brandstof tijdens het gebruik van het voertuig. Vaak inclusief slijtage-emissies (fijnstof) die ontstaan tijdens het gebruik van het voertuig.

De emissies die vrijkomen bij de productie, het onderhoud en de sloop van een voertuig worden niet meegenomen in de well-to-wheel-beschouwingen. In figuur 32 is aangegeven wat het verschil is tussen well-to-wheel, well-to-tank en tank-to-wheel.

CCS/CCU

CO₂ afkomstig van fossiele brandstoffen kan op twee plaatsen in het proces worden afgevangen: voor en na de verbranding. Hiervoor bestaan verschillende technieken. Afscheiden en opslaan kost wel extra energie, afhankelijk van de gebruikte technologie kan die oplopen tot 40%.

Figuur 33: Korte en lange koolstofcyclus



De afgescheiden CO₂ kan ondergronds worden opgeslagen, in dat geval spreken we van CCS: Carbon Capture and Storage. De afgescheiden CO₂ kan ook nuttig gebruikt worden, bijvoorbeeld in broeikassen of als grondstof in de chemische industrie. In dat geval spreken we van CCU: Carbon Capture and Utilisation.

In beide gevallen wordt de CO₂-uitstoot geminimaliseerd. Negatieve CO₂-emissies zijn mogelijk door de CO₂ af te vangen die ontstaat bij bio energiecentrales, vergisters en vergassers. Deze zijn al CO₂-neutraal vanwege de korte CO₂-cyclus waar ze gebruik van maken; als de vrijkomende CO₂ dan ook nog wordt afgevangen en opgeslagen, verminderen ze de CO₂-uitstoot nog meer en kan een negatieve CO₂-uitstoot ontstaan. Per eenheid energie wordt dan meer CO₂ vastgelegd dan uitgestoten; dit noemen we BECCS (Bio Energy Carbon Capture Storage).

CO₂-emissies (kort-langcyclisch)

Van nature doorloopt CO₂ een cyclus; planten en bomen nemen CO₂ op uit de atmosfeer en gebruiken die CO₂ om, met behulp van zonlicht, te kunnen groeien. De CO₂ wordt zo omgezet in biograndstoffen en als een plant of boom sterft (of blad verliest) vergaan die biograndstoffen en ontstaat weer CO₂ die in de atmosfeer terecht komt. Dit noemen we de korte CO₂-cyclus en doordat het een cyclus is, leidt dit per definitie niet tot een toename van de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer; er is dan immers een natuurlijk evenwicht tussen opname en afgifte van CO₂.

CO₂ komt ook vrij als we fossiele energie gebruiken zoals steenkool, aardgas en aardolie. Dat waren ooit ook biograndstoffen die CO₂ opnamen maar die daarna honderden miljoenen jaren ondergronds zijn opgeslagen en als gevolg van tijd, druk en temperatuur omgezet in steenkool, aardgas en ruwe olie. De hierin opgenomen CO₂ komt nu versneld vrij en dat leidt tot een toename van de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer. Dit noemen we de lange CO₂-cyclus. Beide cycli zijn weergegeven in figuur 32.



42 WKK-vergister en groen gas

16. Panorama

Werkwijze

Dit Panorama Groen Gas is het resultaat van een samenwerking tussen de Vereniging van Groen Gas Producenten (VGGP), de Biogas Branche Organisatie (BBO), Groen Gas Nederland, GasTerra, de Koninklijke Vereniging van Gasfabrikanten in Nederland (KVGN) en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). Gezamenlijk hebben zij een opdracht verstrekt aan de New Energy Coalition (NEC) voor het verzamelen en presenteren van de in dit document opgenomen informatie.

Een stuurgroep bestaande uit vertegenwoordigers van de VGGP en GasTerra hield toezicht op de dagelijkse gang van zaken. Een redactieraad waarin alle opdrachtgevers vertegenwoordigd zijn beoordeelde alle teksten. GasTerra verzorgde de eindredactie. Voor het grafisch ontwerp en de figuren tekende StudioTW.

Hoewel bij de samenstelling van de inhoud van dit document grote zorgvuldigheid is betracht, bestaat de mogelijkheid dat bepaalde informatie niet (meer) correct is. Wij verzoeken de lezers om, als zij van mening zijn dat het document onjuistheden bevat, contact op te nemen met Ruud Paap van de New Energy Coalition. Indien nodig zal het document aangepast worden.

De volgende personen hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit Panorama Groen Gas:

- VGGP
Frederik Gast en Lars Huigen
- GasTerra
Jan Hendrik Annema en Anton Buijs
- BBO
Ton Voncken
- Groen Gas Nederland
Gerd van de Logt
- KVGN
Arjen Boef
- RVO
Bert van Asselt
- NEC
Anouk Mollema, Pim Frederiks, Leon Stille, Ruud Paap en Ernst de Vries

Samenwerkende partijen



Vereniging van Groen Gas
Producenten



Biogas Branche Organisatie



Groen Gas Nederland



GasTerra



Koninklijke Vereniging van
Gasfabrikanten in Nederland



Rijksdienst voor
Ondernemend Nederland



New Energy Coalition

Februari 2021

17. Fotoverantwoording

Bareau pagina 83

Bert Barelds pagina 68

Biogas Holland pagina 24

Bluesphere Sterksel pagina 46

EnTranCe pagina 84

GasTerra pagina 86

iStock pagina 82

OrangeGas pagina 35

Shutterstock omslag, pagina 4, 9, 25 en 73

De overige foto's zijn aangeleverd door leden van de Vereniging Groen Gas Producenten en leden van de Biogas Brancheorganisatie.

43 Vergistingssilo's



