

Bijlage M10.1 Procesbeschrijving BAVIO

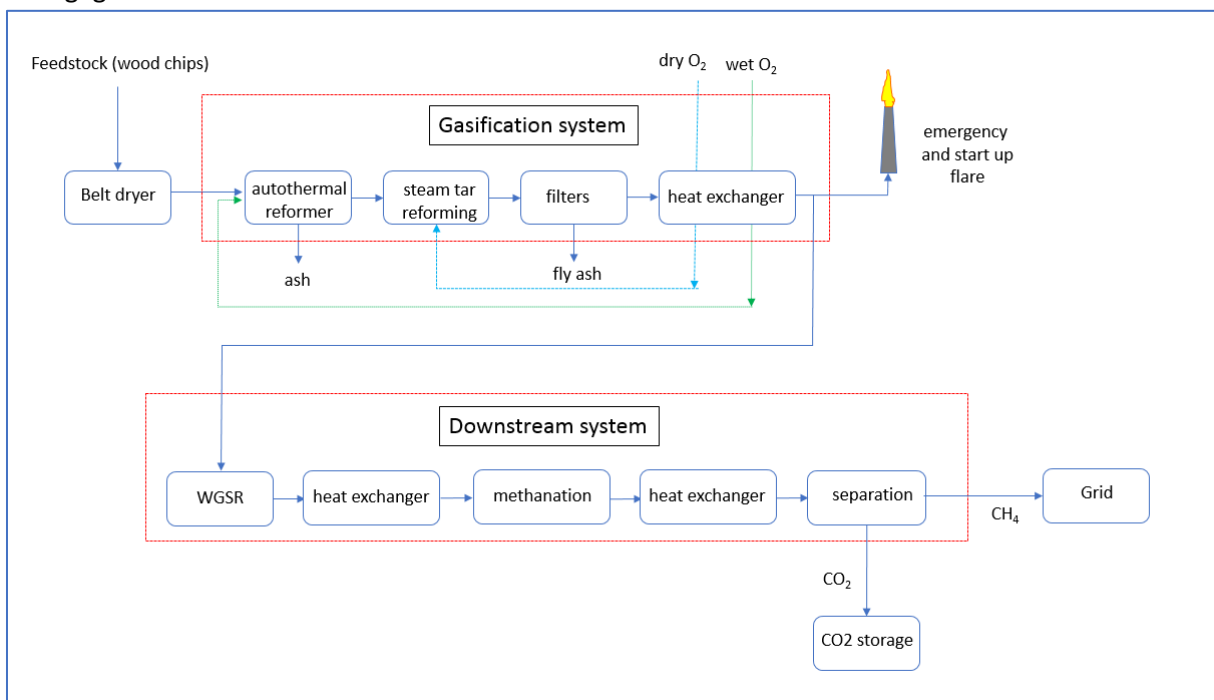
BAVIO betreft een vergassingsinstallatie waarin verdeeld over 3 identieke modules in totaal maximaal 39.300 ton houtchips (geshredderd hout uit de bosbouw, A-hout snippers en daarmee qua milieueffecten vergelijkbare houtstromen) per jaar verwerkt worden tot syngas. Het vergassingsproces is van het type A-ATR ('Atmospheric Auto Thermal Reformer'). Bij het proces ontstaat naast het syngas, CO₂, droge niet-slakvormende as en eventueel water. Het syngas wordt opgewerkt ten behoeve van levering aan het aardgasnet. De installatie is 8.000 uur per jaar in bedrijf.

NB De inhoud van deze Bijlage M10.1 is gebaseerd op het (Engelstalige) ontwerpconcept van de vergassingsinstallatie en informatie die door/namens BAVIO is aangeleverd.

Het proces is in deze beschrijving opgedeeld in drie verschillende stappen:

1. **Ontvangst van grondstoffen en drogen (droogproces).** De houtchips worden aangeleverd en gestort op het terrein bij de vergassingsinstallatie. Via een shovel worden deze houtchips in de drooginstallatie gevoerd. De drooginstallatie betreft een 'lage temperatuur band droger' die de vrijkomende warmte uit het opwerkproces gebruikt.
2. **Syngas productie proces (vergassingsproces).** Dit betreft de omzetting van vaste biomassa naar syngas door middel van een vergassingsproces, inclusief de verwijdering van onzuiverheden in het syngas.
3. **Methanisatie en opwerking (opwerkproces).** Dit betreft het proces waarbij het ontstane en gereinigde syngas op specificatie wordt gebracht voor levering aan het aardgasnet. De verwijderde CO₂ wordt gecompriëerd en vloeibaar opgeslagen in tanks ten behoeve van afvoer en de inzet als een industrieel gas (buiten de inrichting).

Onderstaande figuur bevat een processchema van de gehele installatie. Het vergassingsproces ('gasification system') en het opwerkproces ('downstream system') zijn daarbij in rode kaders weergegeven.



Bijlage 1 bij deze notitie bevat een overzicht van de technische specificaties van de gehele installatie. In bijlage 4 en 5 bij deze notitie is een plattegrond en een 3D impressie van de gehele installatie weergegeven. Voor de situatie- en locatieplattegrondtekening wordt verwezen naar bijlage M2.3 en M2.4. die separaat zijn bijgevoegd.

In de navolgende hoofdstukken worden de processtapen in meer detail behandeld en worden de relevante milieueffecten daarbij besproken.

Er dient nadrukkelijk te worden opgemerkt dat in dit stadium nog niet alle details over de installatie en het proces bekend zijn. De beschrijving die volgt geeft een zo goed mogelijk beeld van de situatie waarbij de installatie in gebruik is, waarbij nadrukkelijk de focus is gelegd op de milieueffecten die optreden en niet zozeer wordt ingegaan op de technische details. De beschreven en berekende milieueffecten mogen als bindend worden gezien, dat wil zeggen dat de werkelijke effecten bij het in werking zijn van de installatie niet hoger zijn dan is beschreven in dit document.

Het concept is reeds op meerdere locaties in Europa in gebruik maar nog niet op deze schaalgrootte. Het feit dat de input van biomassa min of meer gelijk is, dat wil zeggen er is geen significante fluctuatie in samenstelling, maak het proces goed beheersbaar.

Droogproces

In bijlage 2 bij deze notitie is een impressie van een te gebruiken banddroger weergegeven.

De houtchips worden per vrachtwagen aangevoerd en gestort op het terrein nabij de vergassingsinstallatie. Via een shovel worden deze houtchips in de drooginstallatie gevoerd met gemiddeld 4,9 ton/uur, oftewel circa 118 ton houtchips/dag. De houtchips bevatten maximaal 50% vocht.

Uitgaande van een massa van 320 kg/m^3 (bij 50% vocht) komt dit overeen met circa (afhankelijk van de exacte soort en samenstelling van de biomassa en het vochtpercentage) $15,3 \text{ m}^3/\text{uur}$ oftewel circa $368 \text{ m}^3/\text{dag}$.

Uitgaande van vrachtwagens met 20 ton houtchips, en 39.300 ton op jaarbasis resulteert dit in 1.965 vrachtwagens per jaar ten behoeve van de aanvoer. Er wordt rekening gehouden met een shovel die maximaal 9 uur per etmaal in bedrijf is (45 minuten per 2 uur) om de houtchips in de drooginstallatie te voeren.

De verwerkingscapaciteit (output) van de droger is afgestemd op de benodigde invoer van het vergassingsproces, te weten circa 3 ton houtchips per uur (met een maximaal vochtgehalte van 10%).

De drooginstallatie betreft een lage temperatuur band droger welke de vrijkomende warmte uit het opwerkproces gebruikt. Er is daarom geen (aanvullende) warmtebron benodigd voor het droogproces. Tijdens het droogproces wordt waterdamp afkomstig uit de houtchips (werkingstemperatuur van de droger is maximaal $90 \text{ }^\circ\text{C}$) gekanaliseerd geëmitteerd via twee schoorstenen van 21 meter hoog met een inwendige diameter van 60 cm.

Naast waterdamp vinden emissies van stof plaats. De stofemissie zal voldoen aan de direct werkende emissiegrenswaarden conform afdeling 2.3 van het Activiteitenbesluit milieubeheer. Verder vinden er geen relevante luchtverontreinigende emissies naar de lucht plaats. De opslag van vochtig hout is niet stuifgevoelig.

Er kan wel enige geuremissie optreden, maar deze is door de lage verwerkingstemperatuur en de wijze van droging zeer beperkt (vooral ten opzichte van conventionele hogere temperatuur drooginstallaties).

Vergassingsproces

In bijlage 3 bij deze notitie is een schematische weergave van het vergassingsproces weergegeven.

'Autothermal reformer'

Hier worden de gedroogde hout chips ingevoerd. Het bewegend rooster in de 'autothermal reformer' kan bij de verwerking van hout chips tevens puin, stenen, grond, glas en andere onzuiverheden in de aanvoerstream verwerken.

De 'autothermal reformer' wordt tevens gevoed met het vergassingsmedium, bestaande uit zuurstof (met een zuiverheid > 90%) met een bepaalde hoeveelheid waterdamp. De 'natte zuurstof' wordt voorafgaand aan de injectie in de 'autothermal reformer', verwarmd tot circa 500 °C door een warmtewisselaar. De zuurstof wordt gegenereerd (niet extern aangevoerd).

Het gehele vergassingsproces is adiabatisch en werkt op een lichte onderdruk ter voorkoming van lekkage van syngas naar het milieu. In dit proces ontstaat het syngas. Dit gas, wat nog teer en stof bevat, verlaat de 'autothermal reformer' bij circa 800 °C.

De gevormde bodemassen die na de vergassing resteren worden op het eind van het rooster mechanisch afgevoerd. Dit mechanisme is luchtdicht uitgevoerd om lekkage van lucht in de installatie te voorkomen. De bodemassen worden samen met de vliegassen gezamenlijk opgeslagen en afgevoerd.

Steam tar reformer

Het syngas uit de 'autothermal reformer' gaat naar de 'steam tar reformer' waar de temperatuur wordt verhoogd van 800 °C tot circa 1.100 °C door een gedeeltelijke oxidatie van het syngas zelf. Ten behoeve van deze oxidatie wordt hete, droge zuurstof (circa 500 °C) gebruikt (verwarmd door de warmtewisselaar).

De aanwezige teer wordt bij een temperatuur boven 1.000 °C en een verblijfstijd van 2 seconden onder aanwezigheid van water (stoom) omgezet naar H₂ en CO₂, waardoor het syngas teer-vrij is.

Filters

Het syngas uit de 'steam tar reformer' bevat nog stof en alkali dampen.

Het stof bestaat uit koolstof deeltjes samen met anorganische as. Na het afkoelen van het syngas tot circa 750 °C, wordt het syngas naar een filtratie-eenheid gestuurd waar het stof en de gestolde alkali componenten worden gefilterd. De filtratie van het hete syngas gebeurt door middel van een set keramische filters. Het stof, samen met de gestolde alkali deeltjes worden verzameld en mechanisch afgevoerd buiten de installatie. Dit mechanisme is luchtdicht uitgevoerd om lekkage van lucht in de installatie te voorkomen.

De maximale totale hoeveelheid assen (bodemassen en vliegassen samen) bedraagt 600 kg/h. De hoeveelheid en de kwaliteit van het as zijn afhankelijk van de hoeveelheid en kwaliteit van de inerte materialen in de grondstof en het hoeveelheid anorganische fractie in de grondstof. De assen bevatten tevens een klein percentage houtskool afkomstig van het vergassingsproces en zijn niet slakvormend.

De assen uit het proces worden in gesloten containers verzameld (een container per module). Uitgaande van containers met maximaal 20 ton inhoud komt dit overeen met een benodigde 240 vrachtwagens per jaar voor de afvoer daarvan.

Warmtewisselaar ('heat exchanger')

Het syngas verlaat de filtereenheid en wordt vervolgens door een warmtewisselaar geleid, waar de droge O₂ en de natte O₂ worden verhit tot circa 500 °C. Het syngas zelf koelt hierbij af tot ongeveer 400 °C.

Het gehele vergassingsproces (inclusief de 'steam tar reformer', filter en de warmtewisselaar) is adiabatisch, en werkt op lichte onderdruk om emissie van syngas te voorkomen. Bij dit proces vinden geen (geur-)emissies naar de lucht plaats (er is ook geen schoorsteen).

Het systeem heeft een beperkte geluidsemissie. Bronnen zijn geluidarme radiaalventilatoren (geïnstalleerd met warmtewisselaars voor de droger), vijzels, een pneumatische pomp, circulatiepompen, compressor. Alle onderdelen betreffen bronnen van maximaal 75dB (5m van de installatie). 75dB is tevens het maximale geluidniveau van de shovel (invoer houtchips).

Het gehele proces vindt plaats bij een temperatuur ver boven het kookpunt van water, dus er is geen risico op lekkage van proceswater.

Fakkels

Tijdens opstarten en in noodsituaties wordt het syngas dat niet aan de specificaties voldoet afgefakkeld. De fakkel werkt bij een hoge en gecontroleerde verbrandingstemperatuur (door middel van bijstook van aardgas indien nodig) en bij een voldoende lange retentietijd zodat het syngas volledig wordt verbrand. Eventuele nog aanwezige teerdeeltjes en andere (geurende) componenten worden daarbij vernietigd. De emissies bij affakkelen zijn niet meer dan bij de verbranding van aardgas en er treden geen relevante geuremissies op. In het syngas bevinden zich ook geen zwavelhoudende componenten.

Iedere module heeft een eigen fakkel, dus er worden in totaal drie fakkels geplaatst. Iedere fakkel heeft een capaciteit om 1.400 m³ gas/uur te verbranden (ruim boven de gemiddelde productiecapaciteit van de vergassingsinstallatie).

De fakkels worden geplaatst op het hoogste punt van de constructie van de installatie met een eigen hoogte van 2 meter en een diameter van 60 cm. De fakkels zullen daarbij voldoen aan geldende wet- en regelgeving. Bij de positionering wordt (onder andere) rekening gehouden met de hittestraal van de fakkels.

Het gebruik van de fakkels is voorzien voor maximaal 1 keer per maand, gedurende 2 tot 6 uur per keer.

Syngas samenstelling na het vergassingsproces

Gas	Kg/mol	% mol
Ar	0,50	0,72%
CH ₄	3,65	5,25%
C ₂ H ₄	0,63	0,91%
C ₂ H ₆	0,22	0,31%
C ₃ H ₆	0,35	0,51%
C ₃ H ₈	0,01	0,01%
CO	16,02	23,05%
CO ₂	13,42	19,30%
H ₂	17,88	25,73%
H ₂ O	15,98	22,99%
N ₂	0,85	1,23%
Totaal	69,50	100,00%

Opwerkproces (downstream)

Het opwerkproces bestaat uit de onderstaande stappen.

'Water gas shift reactor'

Het syngas wordt bij circa 350 °C de 'water gas shift reactor' (WGS of WGSR) ingevoerd, waar katalytisch een deel van de CO wordt omgezet in H₂ en CO₂. In de WGSR wordt de gewenste verhouding CO/CO₂/H₂ bereikt, welke nodig is voor de CO₂ scheiding en de methanisatie reactie. De WGSR is isotherm en, gezien de exotherme aard van de WGSR, produceert de installatie warmte die buiten het proces (zoals de drooginstallatie) wordt gebruikt. De WGSR werkt onder atmosferische druk.

Warmtewisselaar ('heat exchanger')

Het syngas (bestaande uit voornamelijk H₂, CO, CO₂ en H₂O) heeft bij het verlaten van de WGSR een temperatuur van circa 350 °C en moet worden afgekoeld alvorens te worden verzonden naar de methanisatie. Dit gebeurt in deze warmtewisselaar (medium water of lucht) waar het syngas gekoeld wordt tot circa 300 °C. De vrijkomende warmte kan buiten het proces (zoals voor de drooginstallatie) worden gebruikt.

Methanisatie ('methanation')

In de methanisatie reactor wordt door middel van een katalysator CH₄ gevormd uit CO en H₂. In de methanisatie reactor wordt door middel van een katalysator CH₄ gevormd uit CO en H₂. De reactor is isotherm. Gezien de exotherme aard van de methanisatie reactie produceert de reactor warmte die buiten het proces (zoals de gasscheiding) kan worden gebruikt.

Warmtewisselaar ('heat exchanger')

Het gas uit de methanisatie bedraagt circa 280 °C. Ten behoeve van de gasscheiding dient dit gas gekoeld te worden naar circa 50 °C. Dit gebeurt in deze warmtewisselaar. De vrijkomende warmte kan buiten het proces (zoals voor de drooginstallatie) worden gebruikt.

Bij dit koelproces condenseert (een deel van) het aanwezige water in het syngas. Dit vocht wordt gebruikt om de natte O₂ te genereren. Omdat de grondstof (gedroogde houtchips) nog enig vocht bevat, is er mogelijk sprake van overtollig c.q. vrijkomend water.

- In een worst case situatie, waarbij de houtchips 50% vocht bevatten en de drooginstallatie buiten bedrijf is, bedraagt de afvoer van het vrijkomende water maximaal 1.500 liter per uur (voor de gehele installatie).
- In de tegenovergestelde worst case situatie, bij houtchips met 0% vocht, wordt (leiding-) water aan het proces toegevoegd. Dit is maximaal 600 liter per uur (voor de gehele installatie).

Omdat het overtollige c.q. vrijkomende water teevrij is, geen koolwaterstoffen (de geringe aanwezige koolwaterstoffen blijven in de gasfase) en ook geen vaste deeltjes of ander verontreinigingen bevat, voldoet dit water aan de direct werkende lozingseisen in het Activiteitenbesluit milieubeheer en mag dit water middels het riool worden geloosd. Dit gebeurt dan op de bestaande openbare riolering aan de grens van de site.

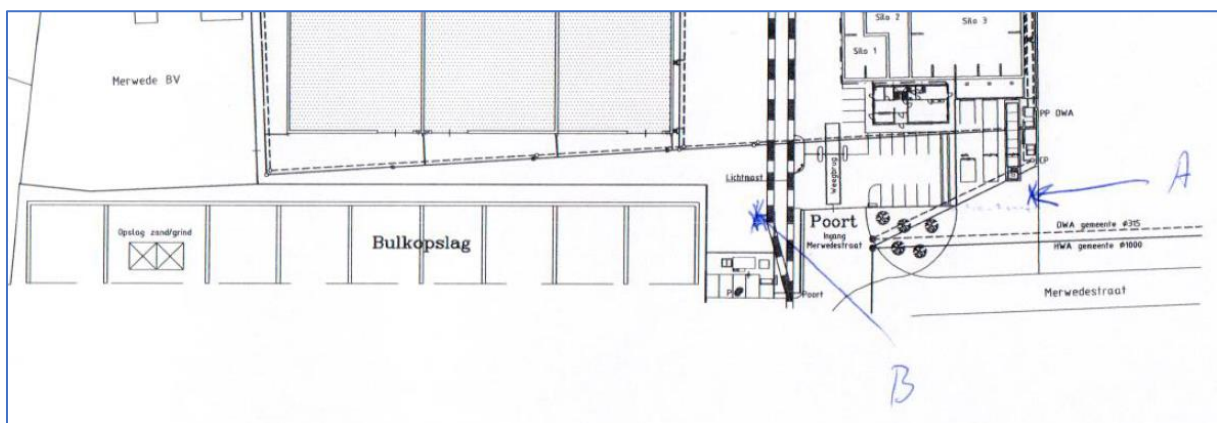
Gasscheiding ('separation')

In deze installatie wordt het gekoelde syngas door middel van een vloeistof (in een oplossing van 70% water, niet zijnde vluchtig, niet toxisch en biologisch afbreekbaar (er wordt immers een food-grade CO₂ geproduceerd)) ontdaan van een bepaald gedeelte van het CO₂ om de gewenste samenstelling van het gas te verkrijgen. Er is geen spuistroom van deze vloeistof die buiten de installatie wordt afgevoerd. De opslag van de vloeistof bedraagt in totaal 9 m³ voor de gehele installatie en de opslag vindt plaats in daarvoor geschikte verpakkingseenheden of voorzieningen. De vloeistof wordt eens per jaar vervangen. Er zijn dus geen emissies naar de bodem en er is ook geen opslag van gevaarlijk (ADR geclassificeerd) materiaal of vloeistoffen.

De CO₂ wordt opgevangen en opgeslagen (wordt hierna verder toegelicht).

Het syngas is nu op aardaskwaliteit gebracht (hetgeen ook continu gemonitord wordt). Ten behoeve aan de levering op het net, dient het gas op de corresponderende druk (8 bar) van het lokale aardgasnet gebracht te worden en voorzien te worden van de geurende component tetrahydrothiophene (THT) zoals dat in Nederland ook bij aardgas wordt toegepast. Daartoe wordt 18 mg THT/m³ gas toegevoegd. Dit is circa 150 kg THT op jaarbasis bij de voorziene gasproductie. THT is een vloeistof en voor de invoer in het gas worden standaardapparaten gebruikt. De opslaghoeveelheid van THT is maximaal 50 kg.

De juiste druk wordt door middel van een compressor als onderdeel van de gasscheidingsinstallatie gerealiseerd. Het injectiepunt in het aardgasnet zal op een van de locaties (A of B) bij de ingang van het OOC T2 terrein plaatsvinden. Deze locaties zijn ingetekend in onderstaand figuur.



Het gehele opwerkproces vindt plaats in een gesloten systeem. Bij dit proces vinden daardoor geen (geur-)emissies naar de lucht plaats (er is ook geen schoorsteen).

CO₂ opslag

De verwijderde CO₂ wordt gecompriëerd en (met behulp van ammoniak gekoeld) opgeslagen in tanks ten behoeve van afvoer en de inzet als een industrieel gas. De CO₂ wordt door middel van zwaartekracht verladen in trucks, waarvan er drie per dag worden voorzien.

Gas samenstelling na het opwerkproces (output)

Gas	Kg/uur	Nm ³ /uur	Zuiverheid
CH ₄	280	352	> 89
CO ₂	1.000	520	> 99

Opmerking: berekend per ton hout biomassa, 10% vocht (18,72 MJ/kg)

Technische gegevens installatie (opgave BAVIO)**Droogproces**

Type installatie	Lage temperatuur band droger
Input	Houtchips (max. 50% vocht)
Capaciteit (input)	4,9 ton/uur (max. 50% vocht)
Output	3 ton/uur (max. 10% vocht)

Vergassingsproces (onderstaande gegevens gelden per module, dus in totaal alles 3x)

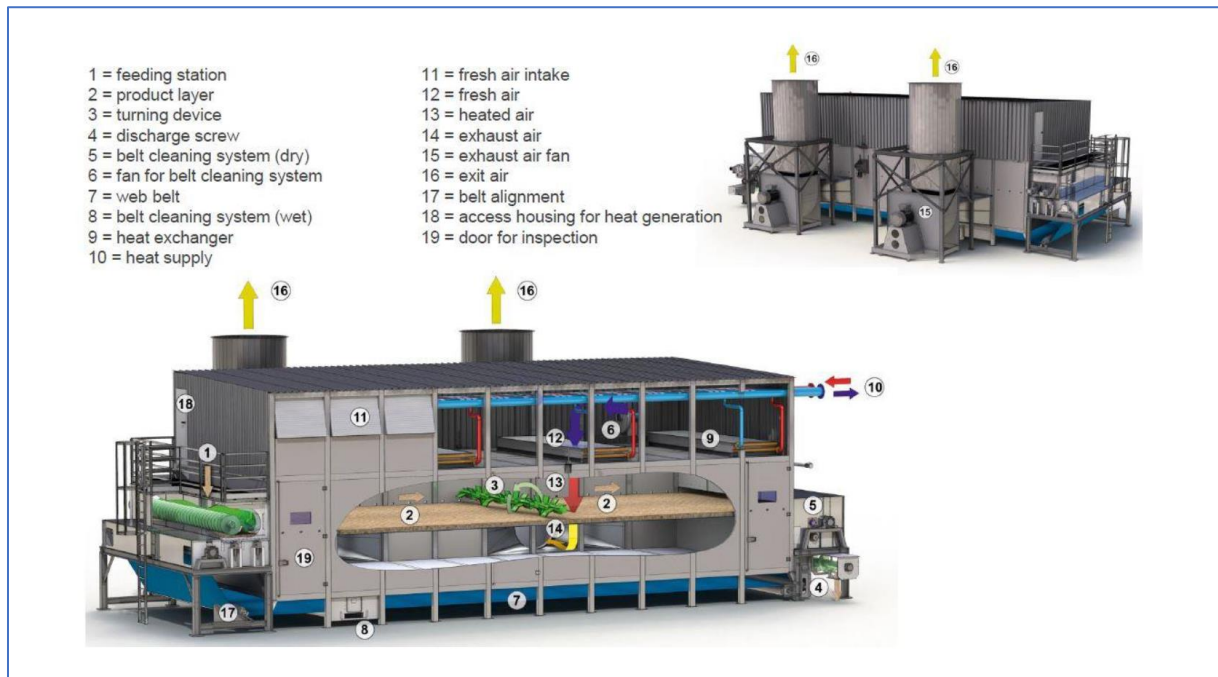
Type installatie	‘Atmospheric Auto Thermal Reformer’
Brandstof	Houtchips (max. 10 % vocht)
Vergassings middel	Zuurstof
Nominaal vermogen	5.000 kW _{th}
Type hervormer	Atmosferisch, adiabatisch met een getrappt rooster
A-ATR grootte	L 7.000 mm B 2.400 mm H 9.500 mm
Thermisch rendement	Nominaal 70%
Filtersysteem	Keramisch < 3 µm
As	% van hout grondstoffen
Elektrisch verbruik	Max. 10 kW
Input brandstof	1.000 kg/uur houtchips met 10% vocht
Fakkel	Max. 1.400 Nm ³ /uur
As afvoer	Max. 200 kg/uur
Proces automatisering	Geïntegreerde PLC & SCADA

Opwerkproces (onderstaande gegevens gelden per module, dus voor BAVIO alles 3x)

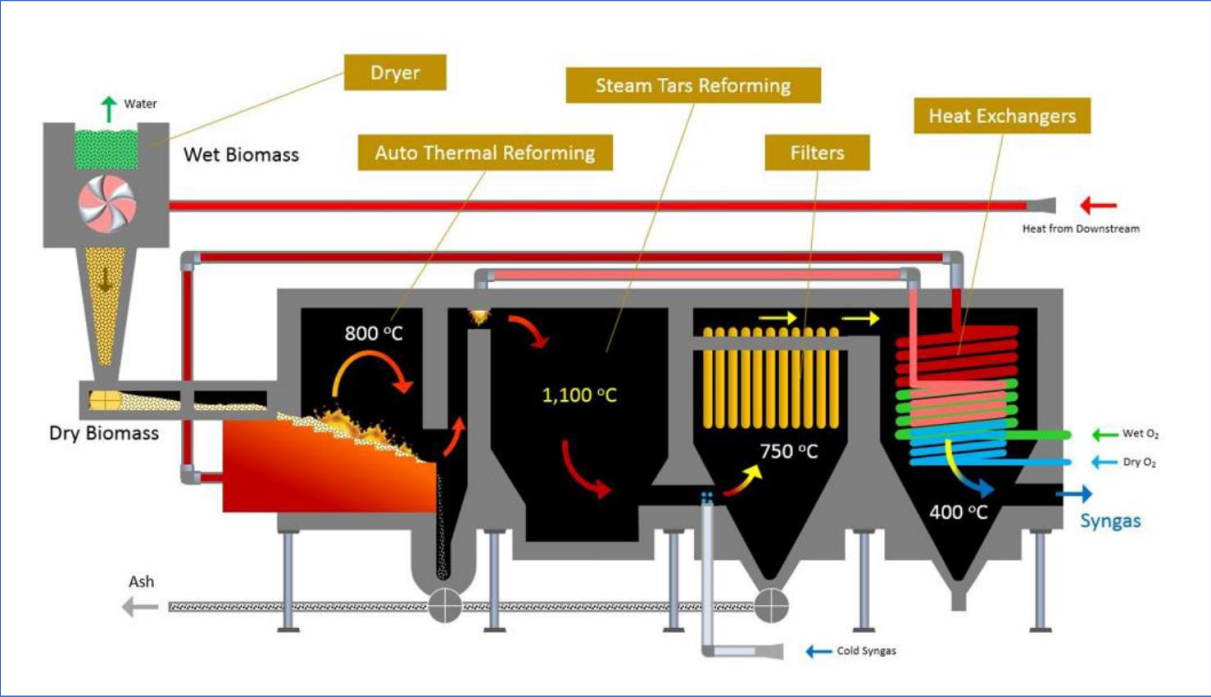
Onderdelen	Atmosferische isotherme ‘water gas shift reactor’ (WGSR) Atmosferische isotherme methanisatie reactor Warmtewisselaars Water ingespoten schroefcompressor CO ₂ -scheiding door middel van een oplosmiddel onder druk
Elektrisch verbruik	Max. 20 kW
Doorzet	Syngas tot max. 1.400 Nm ³ /uur
Werkdruk CO ₂ opslag	Max. 20 bar
Hoeveelheid CO ₂	8.000 ton per jaar
Output	Max. 2,7 miljoen m ³ groen gas per jaar (aardgaskwaliteit)

Bijlage 2

Impressie van een lage temperatuur band droger



Weergave (vereenvoudigd) van het vergassingsproces (en het droogproces)

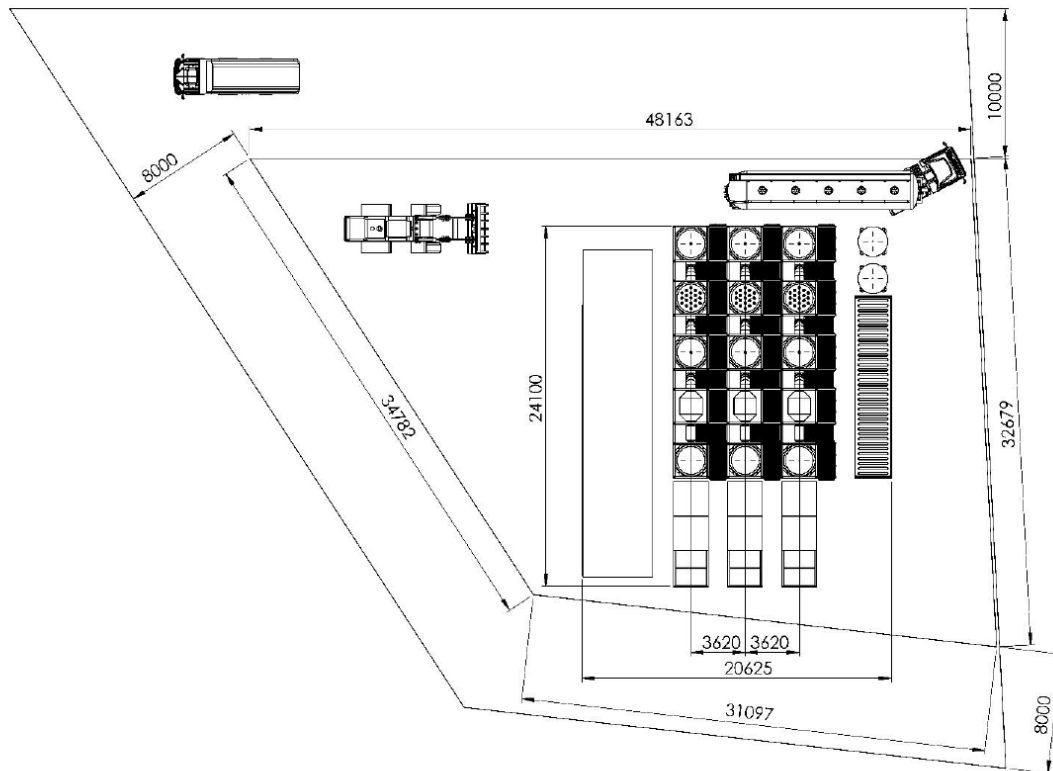


Bijlage 4

Plattegrond van de gehele installatie

- Drooginstallatie (links in figuur)
- 3 vergassingsinstallaties (midden figuur)
- CO₂ opslag (rechts in figuur)

Voor een situatie- en locatietekening wordt verwezen naar de separaat beschikbare bijlage M2.3 en M2.4.



Bijlage 5

3D impressie en zijaanzicht van de gehele installatie (fakkels en schoorstenen zijn in de onderste figuur indicatief weergegeven)

