

PT stimuleert nieuwe ontwikkelingen



# Schonere rookgassen en hoger elektrisch rendement

WKK  
ENERGIEBESPARING



Theodoor Knook: "De SQ2 rookgasreiniger verwijdert NOx en ethyleen beter dan de nu gangbare technieken."



Jos van Buijtenen: "Met de ORC-technologie is het mogelijk om een deel van de restwarmte van de WKK om te zetten in elektrisch rendement."

In 2020 moet het mogelijk zijn om in alle nieuw te bouwen kassen vrijwel energieneutraal te telen op een voor tuinbouwbedrijven economisch rendabele wijze. Dit stond al in de beleidsvisie Energietransitie van PT en LTO in 2002. De noodzaak om minder afhankelijk te worden van fossiele energie neemt de laatste jaren sterk toe. Daarom stimuleert het PT twee nieuwe technieken: een rookgasreiniger die inspelt op de vraag naar schonere rookgassen en een techniek om warmte, zonder gebruik van extra brandstof, om te zetten in elektriciteit.

TEKST: MARLEEN ARKESTEIJN

Onder de naam Programma Kas als Energiebron geven het bedrijfsleven, het Productschap Tuinbouw en het ministerie van LNV een impuls aan tal van oplossingen voor duurzaam energieverbruik en energiebesparing. Daarvoor is een aantal mogelijke transitiepaden. Een daarvan is het toepassen van duurzame elektriciteit door het gebruik van biobrandstoffen. Andere mogelijkheden zijn de SQ2 rookgasreiniger van Knook Energy Solutions International bv en de ORC van Tri-O-Gen. Beide zijn technieken die het milieutechnische rendement van de WKK verbeteren, zowel bij gebruik van aardgas, als bij biobrandstoffen. Beide innovaties zijn marktrijp en gereed voor introductie in de sector, maar ze moeten zich nog wel in de praktijk bewijzen.

rendement van WKK verbeteren

Anja Jolman, energiedeskundige bij het PT, bracht de twee bedrijven met elkaar in gesprek. Op pagina 46 en 47 een toelichting op beide technieken.

Het PT stimuleert in het kader van de Kas als Energiebron technieken die bijdragen aan duurzaam energieverbruik en energiebesparing. Met de ORC-technologie is het mogelijk om een deel van de restwarmte van de WKK om te zetten in elektrisch rendement. Daardoor verbetert het totaal elektrisch rendement van de WKK met 7 tot 12%. De Knook SQ2 rookgasreiniger verwijdert NOx en ethyleen beter dan de nu gangbare technieken. Deze technieken verbeteren het milieutechnische rendement van de WKK, zowel bij gebruik van aardgas, als bij biobrandstoffen.

## SAMENVATTING

Vervolg op pagina 46

# Schonere rookgassen en hoger elektrisch

Vervolg van  
pagina 45 >

## Forse energiebesparing bij belichtende telers

Bij de toepassing van een WKK voor belichting is de behoefte aan elektriciteit meestal groter dan de behoefte aan warmte. De Organic Rankine Cycle (ORC) is een technologie om (afval)warmte om te zetten in elektriciteit zonder gebruik van extra brandstof. Het toepassen van een ORC na een WKK, verhoogt het elektrisch rendement van de WKK met 7 tot 12% en neemt de hoeveelheid vrijgekomen warmte af. Voor belichtende tuinbouwbedrijven is daarmee een energiebesparing van bijna 100.000 m<sup>3</sup> aardgas per hectare per jaar mogelijk.

Finse tech-  
nologie

De ORC is een van oorsprong Finse technologie, waarop het bedrijf Tri-O-Gen de wereldwijde exclusieve rechten bezit. "Ons bedrijf is in 2001 opgericht om de Finse ORC-technologie verder te ontwikkelen en te commercialiseren", vertelt Jos van Buijtenen, één van de drie oprichters van Tri-O-Gen. Hij houdt zich voor 70% van zijn tijd met dit bedrijf bezig. De overige 30% is hij deeltijd hoogleraar gasturbinetechiek aan de TU Delft. Het is inmiddels vijf jaar verder en vanaf maart draait er een goed werkend prototype in Groningen op maximaal 85% van het ontwerpvermogen.

### Demoproject bij rozenteler

restwarmte

"We kunnen ons principe om restwarmte om te zetten in elektriciteit overal toepassen. Bij uitlaatgassen van gas- en dieselmotoren, gasmotoren en gasturbines die draaien op stortgas, biogas, of biodiesel, bij industriële restwarmte uit allerlei bronnen én ter verhoging van de Kracht/Warmte verhouding in de WKK."

Er lopen subsidietrajecten voor toepassingen buiten en in de tuinbouw. Binnen de tuinbouw is een subsidie aangevraagd voor een demoproject bij rozenteler Olij in het kader van de PT/LNV demoregeling. De aanvraagtermijn sloot op 1 oktober. "Binnen vier maanden is bekend welke projecten worden gehonoreerd", vertelt Van Buijtenen. Olij heeft het PT gevraagd om een garantstelling, omdat hij op korte termijn al wil investeren en voor het geval zijn project niet in aanmerking komt voor de subsidieregeling. De Sectorcommissie energie van het PT ging, in de vergadering op 25 september, akkoord met een garantstelling van maximaal 350.000 euro onder een aantal voorwaarden. Een van die voorwaarden is dat Olij aangeeft hoe hij de resultaten van deze techniek gaat uitdragen.

### Werkingsprincipe ORC

stoom-water-  
cyclus

De ORC is genoemd naar Rankine, een Schotse wetenschapper. De Rankine Cycle is een thermodynamisch proces in twee fasen, waarbij warmte wordt omgezet in elektriciteit. Het meest bekend is de stoom-water cyclus in energiecentrales. Water verdampt daarbij onder hoge druk en temperatuur in een ketel tot stoom. De stoom wordt oververhit en expandeert in een stoomturbine, die een generator aandrijft. Vervolgens condenseert de geëxpandeerde stoom en kan de cyclus opnieuw beginnen.

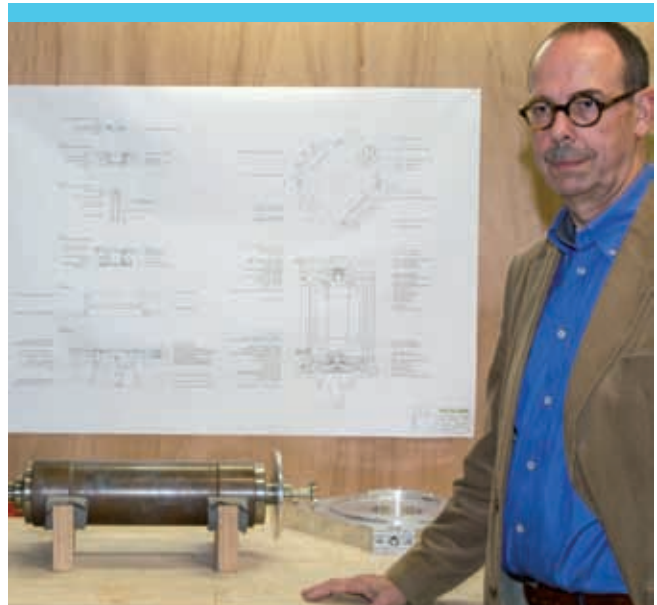
Wie bij een andere temperatuurrange wil werken, kan stoffen gebruiken met een andere verdampingstemperatuur dan water. Tri-O-Gen koos in haar ORC voor toluene om restwarmtebronnen met een nog relatief hoge temperatuur (vanaf 400°C) te kunnen benutten.

### Restwarmte van WKK

bruikbare  
elektriciteit

"Deze restwarmte kan afkomstig zijn van rookgassen van de WKK als warmtebron, maar ook van een brandstof die helemaal niet in die motor kan, zoals hout, dat je verbrandt." De restwarmte van de WKK verwarmt het toluene, dat in een gesloten systeem zit. Het opgewarmde toluene gaat naar een turbine. Van daaruit wordt een generator aangedreven, die 'bruikbare' elektriciteit oplevert.

Het prototype van de Tri-O-Gen ORC staat in Groningen en kan een vermogen leveren van bruto van 175 kWe, 400 Volt en 50 Hertz. Dat is netto 160 kWe, daarmee zijn 300 huishoudens van stroom te voorzien. Het netto vermogen per hoeveelheid warmte-input is ruim 21%.



Jos van Buijtenen: "Het toepassen van een ORC na een WKK, verhoogt het elektrisch rendement van de WKK met 7 tot 12%."

### Gepatenteerde turbogenerator

Het bijzondere van de Tri-O-Gen ORC is de in Finland gepatenteerde turbogenerator. Daarbij zitten de turbine, de 28.000-toerige generator en pomp op één as gemonteerd, die met een optimaal toerental ronddraait. De lagers van deze as worden gesmeerd met het werkmedium toluene, dat een uitstekende isolator is en dus ook de generator kan koelen. De eenzijdige constructie maakt een hermetisch gesloten huis mogelijk, waardoor er geen toluene vrij kan komen.

De ketel, turbogenerator, benodigde warmtewisselaar, condensor en luchtkoeler vormen één pakket, met de afmetingen van een standaardcontainer, die achter een WKK gezet kan worden.

### Dimensies

"Om een ORC rendabel in te zetten is een WKK van 1.500 à 2.000 kWe nodig en moet de temperatuur van de uitlaatgassen minimaal 400°C zijn. We nemen een warmtestroom op van 760 kWh. Daar maken we 160 kWe van, waarna de rookgassen met 180°C de installatie verlaten. Deze warmte (circa 400 kWh) is nog te benutten in het warmwatersysteem", aldus Van Buijtenen

Daarnaast blijft nog ongeveer 600 kWh bruikbare restwarmte over, afkomstig van de condensor. "Deze laagwaardige warmte (50°C) kan een teler toepassen in het lage temperatuursysteem van zijn kas. De Tri-O-Gen is op te schalen tot ongeveer 1 MWe, door meer turbogeneratoren toe te passen in één installatie. In de tuinbouw is dit (nog) niet nodig."

### Marktconforme prijs

De kosten bedragen op dit moment 700.000 tot 800.000 euro, afhankelijk van de situatie. Dit is de prijs voor de eerste units: de nulserie. "Deze gaan we met subsidie neerzetten. De bedoeling is dat we er een serieproduct van maken. We streven dan naar een marktconforme prijs. Dat wil zegen: de gebruiker moet de ORC in 3 tot 4 jaar terugverdienen op basis van 5.000 draaiuren per jaar."

Voor het traject met de nulserie is tijd nodig. "We willen ervaring met het product opdoen en via die ervaring efficiënter gaan produceren. We willen ook de wereld het vertrouwen laten krijgen dat het apparaat goed werkt."

— optimaal  
toerental

— bruikbare  
restwarmte

— serie-  
product

## Extra schone rookgassen met de Knook SQ<sub>2</sub> rookgasreiniger

CO<sub>2</sub>-bemesting is belangrijk. In eerste instantie gebruiken telers hiervoor rookgassen van ketels en gasmotoren. De rookgassen moeten worden gereinigd vóór gebruik in de kas. Door de meer gesloten kasconcepten neemt de vraag naar 'schonere' gassen voor CO<sub>2</sub>-dosering toe. De Knook SQ<sub>2</sub> is een nieuwe generatie rookgasreiniger, die inspelt op de vraag naar schonere rookgassen.



Theodoor Knook: "Bij de gangbare SCR katalysatoren op basis van ureum wordt 90% NOx verwijderd tot een hoeveelheid van circa 26 ppm NOx. Bij de SQ<sub>2</sub> rookgasreiniger wordt 99% verwijderd met maximaal 5 ppm NOx en 1 ppb ethyleen.

Theodoor Knook werkte bij een toeleverancier in de tuinbouw, toen hij na ging denken over de mogelijkheden om CO<sub>2</sub> uit de rookgassen op te slaan. In de avonduren en in samenwerking met de TU Delft werkte hij aan deze ontwikkeling. "Wij kwamen tijdens dit proces op een nieuwe techniek om de rookgassen te reinigen van NOx, ethyleen, zwavel en methaan", vertelt Knook.

Met financiële steun van het PT werkte hij de rookgasreiniger verder uit tot een praktijkrijpe techniek. Rondom de ontwikkelingen richtte hij zijn bedrijf Knook Energy Solutions International bv op, waarmee hij werkt aan innovatieve oplossingen op het gebied van energieopwekking, emissiereductie en biobrandstoffen.

Bij deze rookgasreiniger is geen ureuminspuiting nodig. Hij werkt voor zowel gas- als biogasmotoren. "Onze rookgasreiniger werkt op basis van adsorptie," vertelt Knook. De katalysatoren zijn gemaakt van een keramisch materiaal met fijne kanaaltjes die bedekt zijn met platina. Platina is de eigenlijke katalysator die bij een werktemperatuur tussen 300 en 500°C onverbrande brandstof en ongewenste producten als koolmonoxide, zwavel- en stikstofoxiden omzet in kooldioxide, stikstof, zwavel en water. "Nu we meer gas uit andere landen krijgen en biogas gaan gebruiken neemt de hoeveelheid zwavel per m<sup>3</sup> gas toe."

### Werking katalysator

"De rookgassen komen bij de SQ<sub>2</sub> rookgasreiniger binnen in een verzamelbuis. De rookgasreiniger heeft vervolgens twee gelijke kamers met katalysatoren om het rookgas te reinigen vóór CO<sub>2</sub>-dosering en een omloopkanaal waardoor de rookgassen weg kunnen als er geen CO<sub>2</sub>-vraag is vanuit de kas."

De rookgassen gaan om en om in de ene of andere katalysatorkamer. Als de katalysator in de ene kamer verzadigd is na vier à vijf minuten gaan de rookgassen naar de andere kamer. Ondertussen wordt de niet gebruikte buis gereinigd door er waterstof-

gas in tegenovergestelde richting overheen te blazen. Het gas heeft dezelfde temperatuur als de rookgassenstroom, waardoor er geen temperatuurverlies optreedt. Het hele systeem is verder goed geïsoleerd om warmteverlies te voorkomen. Hierdoor is het in potentie goed mogelijk om de rookgasreiniger te combineren met de ORC.

### Voordelen

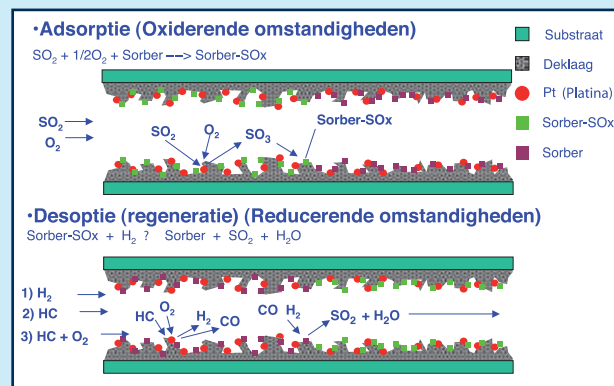
Uiteraard kan Knook een aantal voordelen noemen van zijn systeem. Op de eerste plaats is dat de betere verwijdering van NOx en ethyleen. Bij de gangbare SCR katalysatoren op basis van ureum wordt 90% NOx verwijderd tot een hoeveelheid van circa 26 ppm NOx. Bij de SQ<sub>2</sub> rookgasreiniger wordt 99% verwijderd. In de gezuiverde rookgassen zit maximaal 5 ppm NOx en 1 ppb ethyleen.

Tweede voordeel is dat de katalysator niet alleen voor gewone gasmotoren geschikt is, maar ook voor alternatieve brandstoffen als bio-olie en biogas. Ook is de katalysator minder gevoelig voor rookgassenstelling.

De leverancier noemt nog een aantal praktische voordelen. "Doordat er minder beweegbare delen aan zitten, is er minder kans op storing. Omdat het om een andere techniek gaat, is er geen ureum nodig en ontstaat er geen ammoniaslib. Doordat de katalysator steeds na een korte periode wordt gereinigd, kunnen we de katalysator veel kleiner uitvoeren. Door de kleine inbouwmaat is deze rookgasreiniger in principe ook achteraf nog goed in te bouwen. Het is ook mogelijk om één Knook SQ<sub>2</sub> rookgasreiniger achter meer WKK's te zetten."

De nieuwe techniek kan volgens Knook in financiële zin wat betreft aanschaf, onderhoud en beheer concurreren met de bestaande systemen. De techniek is inmiddels praktijkrijp. Hij werkt nog aan de mogelijkheid om ook methaan te verwijderen.

### Principe katalysator



De katalysator bestaat uit een toplaag met daarin afgezet kalium carbonaat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) en de katalyserende stof platina. Platina doet niet zelf aan het proces mee, maar zorgt ervoor dat het proces beter verloopt.

Het proces in de katalysator verloopt in twee stappen.

Tijdens de eerste stap worden de 'schadelijke' stoffen in de uitlaatgassen geoxideerd door ze met zuurstof te mengen. In ons voorbeeld wordt het schadelijke NOx omgezet in KNO<sub>3</sub>. Deze stof zit dan tijdelijk aan het platina in de deklaag gebonden. Tijdens de tweede stap wordt KNO<sub>3</sub> gereduceerd door er waterstofgas en koolmonoxide (CO) overheen te blazen. Er ontstaat koolzuurgas (CO<sub>2</sub>), stikstof (N<sub>2</sub>) en water (H<sub>2</sub>O).

Iets soortelijks gebeurt met zwavel: zwavel in de uitlaatgassen reageert met zuurstof. Er ontstaat SO<sub>x</sub>. In de tweede stap wordt er waterstofgas over het aan platina gebonden SO<sub>x</sub> geblazen. Dit wordt omgezet in SO<sub>2</sub>, het normale verbrandingsproduct van een organische zwavelverbinding.

CO<sub>2</sub> uit rookgassen

adsorptie

katalysator-kamer

warmteverlies voorkomen

bio-olie en biogas

achter WKK's