



## Openbaar eindrapport

### 1. Gegevens project

- Projectnummer: DEI1400025
- Projecttitel: Demonstratie van de Tri-O-Gen Organic Rankine Cycle voor rendementsverbetering van elektriciteitsproductie door Dieselmotoren.  
“DDORC”: DEMO Diesel ORC combinatie.
- Penvoerder en medeaanvragers: penvoerder: Tri-O-Gen Group B.V.; medeaanvragers: geen.
- Projectperiode: 1 april 2015 t/m 30 september 2019.
- Publicatie Openbaar eindrapport: 1 januari 2020.

### 2. Samenvatting

Het project DDORC, Demo Diesel ORC combinatie, was gericht op het demonstreren van de mogelijkheid tot brandstofbesparing, en dus CO<sub>2</sub> reductie door toepassing van de Triogen ORC bij dieselmotoren in de klasse van 1 tot 3 MW. Deze motoren worden in grote aantallen toegepast op afgelegen locaties (o.a. “mining”). Bij die toepassing dient rekening te worden gehouden met de samenstelling van de rookgassen van de motoren (roetafzetting in de verdamper), en met specifieke lokale omstandigheden zoals omgevingstemperatuur, zout- en stofbelasting etc. De demonstratie moet inzicht geven in hoe met deze omstandigheden om te gaan voor een betrouwbare en efficiënte bedrijfsvoering. Veel van deze motoren worden geplaatst door verhuurbedrijven. Met een van deze verhuurbedrijven is overeengekomen eerst een prototype test uit te voeren op hun motorentestlocatie, om bij bevredigend resultaat over te gaan tot een reële veldtest op een van hun verhuurlocaties. De test verliep uiterst bevredigend, zij het dat een aantal bevindingen aanleiding waren voor een aantal ontwerpaanpassingen t.b.v. de veldtest. Deze aanpassingen zijn uitgevoerd, en de veldtestmachine zal einde 2019 worden geïnstalleerd op een representatieve locatie, voor een duurttest van twee jaar.

De conclusie is dat de Triogen ORC is gekwalificeerd voor de beoogde toepassing.

### 3. Doelstellingen

Hieronder volgen de doelstellingen uit het (aangepaste) projectplan:

- Demonstratie voor een groot aantal potentiële klanten van de toepassingsmogelijkheden van de Triogen ORC, om brandstof te besparen bij de productie van elektriciteit d.m.v. Dieselmotoren, door gebruik te maken van de in de uitlaatgassen beschikbare warmte.
- De certificatie en kwalificatie van de toepassing door special aandacht te besteden aan het karakter van de warmtebron, zijnde de uitlaatgassen van dieselmotoren, voor wat betreft samenstelling i.v.m. vervuiling van de verdamper, temperatuur en warmte-inhoud.
- Het introduceren van technische verbeteringen in deze toepassing en de voor Dieselmotoren typische omgevingscondities, zoals hoge temperatuur, hoge stofbelasting en corrosieve atmosfeer.
- Meer bekendheid met de ORC technologie van Triogen onder leveranciers en gebruikers van Dieselmotoren voor elektriciteitsopwekking.
- Marktacceptatie van de Triogen ORC technologie in een maximum aan geografische gebieden.

## ***Openbaar Eindrapport***

Topsector Energie

“DDORC”: DEMO Diesel ORC combinatie

Projectnummer: DEI1400025



Rijksdienst voor Onderneming  
Nederland

Meer algemeen gelden de doelstellingen van het DEI programma: het internationaal uitrollen van in Nederland ontwikkelde technologieën op het gebied van energiebesparing. De Triogen ORC kan een besparing op het verbruik van dieselbrandstof realiseren in de orde van 5 – 8 %. Naast het ecologische belang hiervan, betekent dit ook een aanzienlijke kostenverlaging voor de gebruiker, zeker in gebieden met een hoge dieselprijs wegens transportkosten.

### **4. Resultaten**

Alvorens de Triogen ORC te kunnen certificeren voor gebruik in de voor toepassing typische gebruiksomstandigheden, werd een prototype test uitgevoerd op een motorentestlocatie.

De belangrijkste conclusie is dat de prestaties van de ORC de voorspellingen volgen, maar dat de vervuiling van de verdampers in de tijd een negatief effect op het vermogen heeft. Daarom zijn uitgebreide testen gedaan met reinigingssystemen. Daarbij is gebleken dat er zeker oplossingen mogelijk zijn, maar dat die wel per geval ontworpen moeten worden.

Verder is vastgesteld dat de Triogen ORC, met name in vergelijking met andere typen ORC, uitermate geschikt is om onder hoge omgevingstemperatuur te functioneren, en daarbij slechts een geringe afname van het vermogen te zien geeft. Deze unieke eigenschap vloeit voort uit het ontwerp van de ORC en de keuze van het werkmedium. Het systeem is ontworpen voor de relatief hoge temperatuur van de uitlaatgassen, waarvan de warmte direct op het werkmedium wordt overgedragen. De van de omgeving afhankelijke condensor temperatuur heeft een geringe invloed op de prestaties. Gebruik van de restwarmte in het motorkoelwater (zoals sommige concurrenten op de markt brengen) is onder deze omstandigheden weinig zinvol door het geringe temperatuurverschil dat overblijft bij deze hoge omgevingstemperatuur.

Aan het einde van de succesvolle testfase kon naar een productielocatie gezocht worden om de lange termijn demo uit te voeren. Deze is gevonden bij een mijn, waar Dieselgeneratoren de elektriciteitsvoorziening verzorgen. De hiervoor gebouwde nieuwe Triogen ORC is ontworpen volgens alle ter plaatse geldende eisen. Deze machine is inmiddels verscheept en gereed voor installatie, die voor of omstreeks 31 december 2019 zal plaatsvinden.

### **5. Bijdrage aan doelstelling van de regeling**

In de doelstelling wordt onder andere vermeld “...de bijdrage van het project aan de verduurzaming van de energiehuishouding in en buiten Nederland, in de context van de transitie naar een koolstofarme energiehuishouding”. Toepassing van de Triogen ORC op Dieselmotoren levert een brandstofbesparing op van 5 – 8 %, met een navenante reductie in CO<sub>2</sub> en andere emissies. De hiervoor gebruikte warmte is afkomstig van de uitlaatgassen met een temperatuur van ca. 450 °C. Deze warmte kent, zeker in omstandigheden met hoge omgevingstemperatuur geen andere toepassing, en is zonder ORC geheel verloren. Hoewel er reeds meer dan ca. 50 Triogen ORC units in bedrijf zijn in andere toepassingen, stelt deze toepassing andere eisen aan het systeem. De mogelijke vervuiling van de verdampers is er een, die uitgebreid tijdens de testperiode is geadresseerd, en waarvoor oplossingsrichtingen gevonden zijn. De hiermee opgedane kennis wordt toegepast in volgende projecten. Verder is veel kennis opgedaan bij operatie bij zeer hoge omgevingstemperatuur, en bij functioneren in zgn. micro-grids.

## ***Openbaar Eindrapport***

Topsector Energie

“DDORC”: DEMO Diesel ORC combinatie

Projectnummer: DEI1400025



Rijksdienst voor Onderneming  
Nederland

### **6. Mogelijkheden voor spin-off en vervolgvactiviteiten**

De bereidheid van het verhuurbedrijf voor deze demonstratie is gelegen in het feit dat men beschikt over een grote installed base van motoren, waarbij de Triogen ORC zou kunnen worden toegepast voor brandstofbesparing en dus CO<sub>2</sub> reductie. Succesvolle demo zal toegang geven tot deze belangrijke markt. Daarnaast zijn er andere “rental companies” en operators van dergelijke motoren in vergelijkbare omstandigheden. Er zijn reeds concrete contacten met partijen in Australië, Canada, Mali, Angola, Congo en Zuid Afrika voor toepassing in de mijnbouw. Inmiddels blijkt dat bij dergelijke projecten de mate van brandstofbesparing en dus reductie van CO<sub>2</sub> en andere emissies zoals NO<sub>x</sub>, onverbrande koolwaterstoffen en fijnstof een steeds belangrijker rol speelt.

De opgedane ervaringen met de reiniging van de verdampers zullen ook van nut blijken bij andere toepassingen met vervuilde rookgassen, zoals wanneer de warmtebron wordt gevormd door de verbranding van biomassa.

Tevens is bij de test voor het eerst ervaring opgedaan met aansluiting op een zgn. elektrisch micro-grid. Dat wil zeggen dat de referentiefrequentie door een zeer beperkt elektrisch vermogen in plaats van een grootschalig elektriciteitsnet wordt bepaald. Er bleek dat de inverter (het deel van de Triogen ORC waar de variërende hoge frequentie van de generator wordt omgezet in de netfrequentie van 50 of 60 Hz) goed functioneerde. Dit is van groot belang in dit marktgebied, maar ook voor andere (bijvoorbeeld lokale biomassa) toepassingen.

Verder zal de voorziene verhoging van de productie-aantallen leiden tot kostprijsverlaging, die ook andere ORC toepassingen ten goede zal komen, zoals gasmotoren, biomassaverbranding, scheepstoepassing en industriële restwarmte.

### **7. Openbare publicaties**

Inmiddels is bij de volgende gelegenheden de toepassing van de Triogen ORC bij Dieselmotoren gepresenteerd:

- ❖ Beurs Zuid Afrika, 3-4 oktober 2018, Johannesburg, Mining Indaba
- ❖ Navo tradeshow IESMA in Vilnius, 14-16 november 2018  
(<https://www.iesma.info/exhibition/14>)
- ❖ Presentatie Kennisnetwerk Energie van de Defensie Materieel Organisatie DMO, Utrecht, 18 oktober 2018. (*Presentatie beschikbaar bij Triogen B.V.*)
- ❖ Presentatie en publicatie van het paper: “Comparing different Fuel Saving Solutions: a white paper on Solar, Battery and Triogen E-Box Technology”, door Dr. Parag Vyas en Dipl.-Ing. Henning von Barsewisch. World Congress Energy and Mines, Toronto, 2-4 december 2019. (*Paper beschikbaar bij Triogen B.V.*)

8. Dit rapport is beschikbaar bij Triogen B.V., en wordt op verzoek elektronisch toegezonden.

9. Voor meer informatie en genoemde publicaties kan men zich richten tot:

Triogen B.V.  
Postbus 25  
7470 AA Goor  
t.a.v. Prof. Ir. J.P. van Buijtenen  
E-mail: [jos.vanbuijtenen@triogen.nl](mailto:jos.vanbuijtenen@triogen.nl)

## ***Openbaar Eindrapport***

Topsector Energie

“DDORC”: DEMO Diesel ORC combinatie

Projectnummer: DEI1400025



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland

10. Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.