

Openbaar eindrapport Haalbaarheidspilot 4D COOL Optimizer voor Datacenters

Referentienummer 215010



1. Gegevens project

- ☐ Projectnummer: 21501
- ☐ Projecttitel: Haalbaarheidspilot 4D COOL Optimizer voor Datacenters
- ☐ Penvoerder en medeaanvragers: Pro-AT & Actiflow, SenseAnywhere, TNO en VORtech
- ☐ Projectperiode: 1 feb 2016 – 1 juni 2017

2. Inhoudelijk eindrapport

☐ Samenvatting

Het consortium is dit project gestart omdat zij een oplossing voor **real-time 3D (verder te noemen: 4D)** monitoring van de warmte- en flowverdeling in datacenters wil gaan leveren. Dit monitoring systeem vormt de basis voor energiezuiniger control algoritmen voor het binnenklimaat in een datacenter en is wereldwijd nieuw. In dit project heeft zij in een operationeel datacenter de (technische en economische) haalbaarheid daarvan onderzocht (projectdoel). Dat is gedaan door te werken aan research prototype technologie, op basis waarvan succesvol een proof of concept is aangetoond. De resultaten zijn dusdanig positief, dat de partijen dit project een vervolg willen geven door verder te gaan met de ontwikkeling van de technologie, tot een volwaardig prototype voor operationele toepassing.

☐ Inleiding



Datacenters zijn grootgebruikers van (elektrische) energie. Het elektriciteitsgebruik in datacenters bedraagt 2% van het mondiale gebruik. Met een wereldwijd elektriciteitsgebruik van 20.000 TWh in 2013¹ en een elektriciteitsprijs van ca. 0,1 EUR/kWh resulteert dit in een jaarlijkse elektriciteitsrekening van ca. 40 miljard EUR voor datacenters wereldwijd. Het elektriciteitsgebruik in datacenters neemt jaarlijks met 10-15% toe en die groei is hoger dan in iedere andere sector. De verwachting is dat in 2020 de rekening in alleen al de VS zal zijn opgelopen tot 13 miljard EUR/jaar².

Energiebesparing staat dan ook hoog op de agenda voor datacenters. Dit geldt zeker voor co-locatie datacenters³, die steeds meer concurreren steeds op prijs. Een energiebesparing en de daaruit voortvloeiende kostenbesparing verstevigt de concurrentiepositie. Ook zijn duurzaamheid en milieuvriendelijkheid belangrijker wordende uitgangspunten in de wereld van datacenters.

Een gemiddeld datacenter van ca. 1 MW heeft een elektriciteitsrekening in de orde van 1 MEUR/jaar. Ongeveer de helft daarvan gaat op aan de voeding van de computerapparatuur (IT-load), de andere helft aan energie voor koeling en ventilatie. In het bijzonder in zogeheten co-locatie datacenters, waar servers staan van vele verschillende klanten, kan de koelvraag sterk variëren: servers worden met grote regelmaat bijgeplaatst, vervangen, weggehaald etc. De temperatuureisen kunnen per server of rack verschillen en daarmee ook de lokaal benodigde koeling.

In de praktijk wordt met deze dynamiek beperkt rekening gehouden en wordt het datacenter afgeregeld op apparatuur die meeste koeling behoeft. De temperatuur van toegevoerde koude lucht wordt zo gekozen dat de inlet temperatuur bij de servers de maximaal toegestane waarde niet overschrijdt. In veel datacenters wordt koelenergie verspild omdat het koelsysteem is ingesteld op significant lagere temperaturen dan nodig. Deze marge wordt gebruikt om lokale hot spots in de ruimte te compenseren en reduceert het risico dat te laat wordt gereageerd bij een plotselinge temperatuurtoename.

Probleemstelling (vanuit de eindgebruiker)

De huidige praktijk in co-locatie datacenters brengt met zich mee dat een groot deel van de ruimte in een datacenter-zaal onnodig wordt gekoeld. Hoe kan dit worden vermeden? Vanuit de gebruiker zijn de

¹ <https://yearbook.enerdata.net/electricity-domestic-consumption-data-by-region.html>

² <http://www.nrdc.org/energy/data-center-efficiency-assessment.asp>

³ Co-locatie datacenters leveren diensten aan verschillende klanten (waar andere datacenters diensten aan één enkele klant leveren). In co-locatie datacenters bevinden zich servers van al deze verschillende klanten.

kosten van uitval als gevolg van te hoge temperaturen en hotspots zo groot (ca. 8000 USD per minuut), dat de datacenters liever teveel koelen en daarmee onnodig veel kosten maken. Door inzicht te verschaffen in het volledige klimaat in een ruimte via de voorgestelde slimme monitoring oplossing, kunnen de volgende vragen worden beantwoord: Hoe is de warmteverdeling in de gehele ruimte van het datacenter? Op welke plekken wordt meer gekoeld dan nodig is? Waar dreigen temperatuurdrempels overschreden te worden? Hoe (kosten)efficiënt is de inzet van koel- en ventilatie-apparatuur onder de huidige omstandigheden en koelingsvraag? En hoe kan deze inzet verbeterd worden, zodat energie bespaard wordt en de leveringszekerheid gegarandeerd blijft?

□ Doelstelling

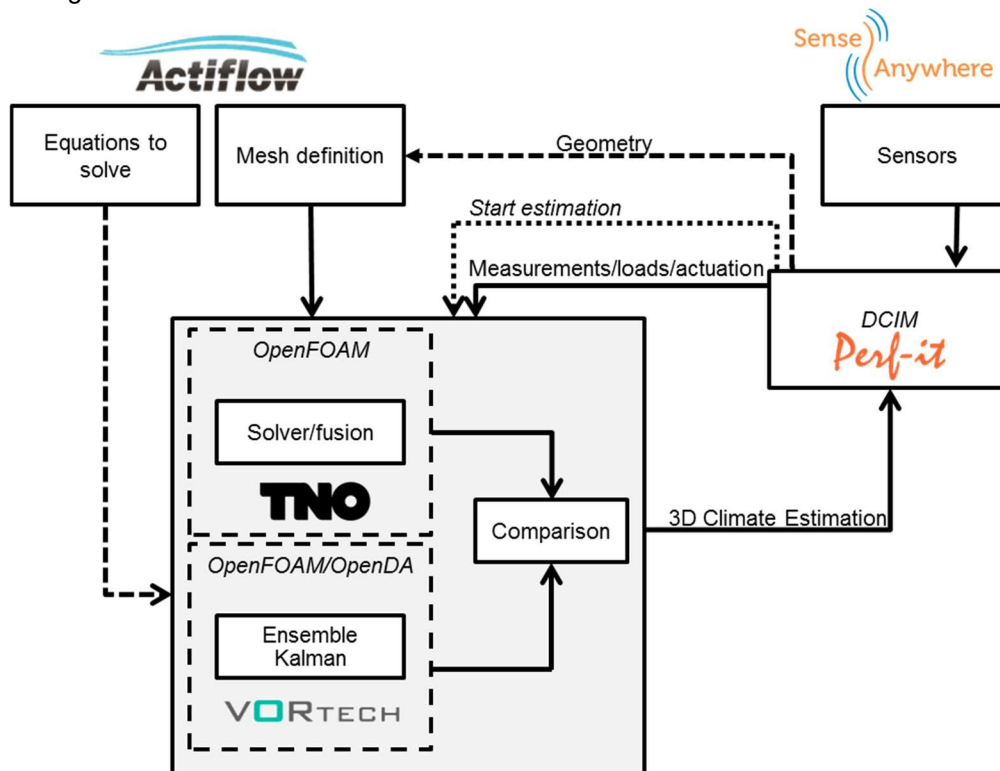
De partijen in dit consortium willen in de nabije toekomst graag een marktoplossing aan datacenters leveren die een real-time inzicht geeft in de warmteverdeling in de gehele ruimte van het datacenter. Een continue monitoring van de temperatuurverdeling in de hele zaal van het datacenter maakt het mogelijk om het koelsysteem dichter tegen de (zuinigere) bovengrens in te stellen en daarmee energie te besparen, terwijl de leveringszekerheid niet in gevaar komt. Er kunnen besparingen worden geïdentificeerd, en met een haalbaarheid van 4D indoor climate monitoring wordt ook een noodzakelijke basis gelegd voor 4D indoor climate control (onderdeel van het vervolg op dit project).

De partijen willen in dit project de technische en economische haalbaarheid onderzoeken van een toekomstige 4D indoor climate monitoring oplossing in een operationeel datacenter.

□ Werkwijze

De partijen onderzoeken fusie van een CFD model met sensoren in het datacenter. Het CFD model geeft 3D informatie in detail, maar slechts op één moment. De sensoren geven slechts informatie daar waar zij meten, maar geven wel de actuele situatie weer. Door beiden te combineren, kan een 4D (3D + de tijd) weergave worden gegeven van het binnenklimaat van datacenters. Dat inzicht is waardevol om inefficiënties op te sporen, de koeling te optimaliseren, en *what-if* scenario's door te rekenen om bijv. investeringsbeslissingen te onderzoeken. De manier van fuseren is wereldwijd nieuw en moet snel zijn om de dynamiek in het datacenter te kunnen volgen.

De inbreng van en de samenwerking tussen de verschillende partijen in het project laat zich als volgt weergeven:



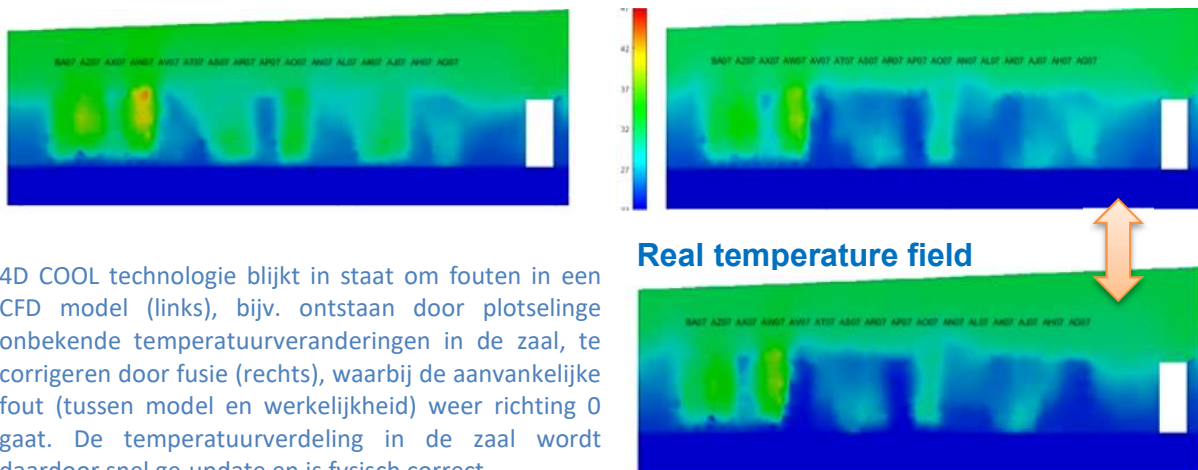
□ Aanpak en bijdragen

De partijen onderzoeken een fusie van een CFD model en sensoren. Het CFD model geeft een ruimtelijk inzicht van de temperatuur in de zaal, maar slechts op één moment. De sensoren leveren informatie slechts daar waar zij meten, maar geven wel de actuele situatie weer. Door beiden te combineren, ontstaat een 4D (3D + de tijd) beeld van het binnenklimaat in de zaal. Daarmee kunnen inefficiënties worden blootgelegd, de koeling kan worden verbeterd en *what-if* scenario's kunnen worden doorgerekend om bijv. onderbouwd te kunnen beslissen over strategische investeringen. De fusie-methode is wereldwijd nieuw en richt zich op hoog mogelijke rekensnelheid zodat de dynamiek in het datacenter goed gevolgd kan worden en als voorbereiding op 4D COOL Control.

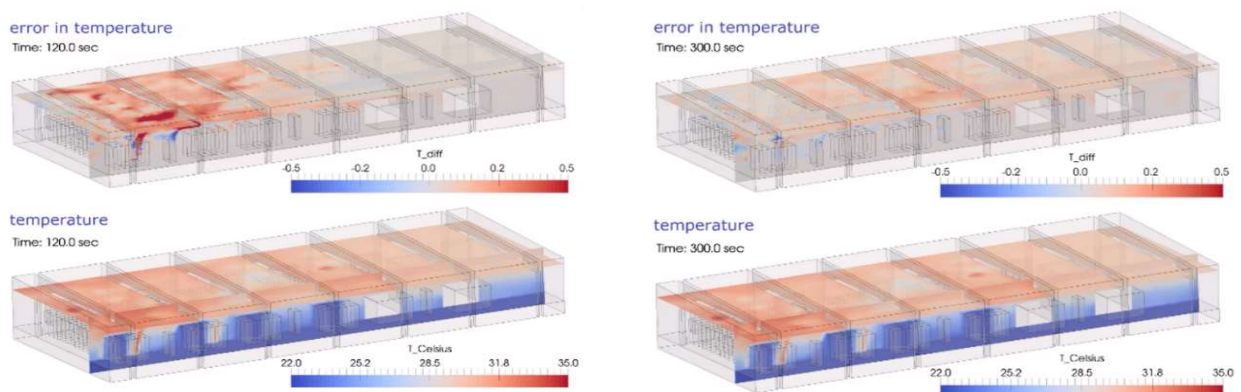
PRO-AT (Perf-IT) is de integratiepartij in het consortium. SenseAnywhere-sensormetingen zijn opgeslagen in het PERF-IT DCIM systeem; samen met de operationale datacentergegevens worden deze doorgegeven aan de monitoring engines waaraan TNO en VORtech hebben gewerkt. PRO-AT heeft haar kennis van datacenters gebruikt om de juiste test-scenarios te ontwikkelen. Ook heeft PRO-AT de infrastructuur van haar DCIM systeem zodanig aangepast dat de componenten van de consortium partners aan elkaar gekoppeld kunnen worden. Het datacenter van AlphaCloud is de plaats waar de sensoren gedeployed worden en de metingen worden uitgevoerd.

□ Resultaten van het project

Uit onderstaande figuren blijkt dat de fusie goed in staat is om fouten in het CFD model 'weg te poetsen' en zo een fysisch betrouwbaar 4D beeld van de datacenter zaal op te leveren.



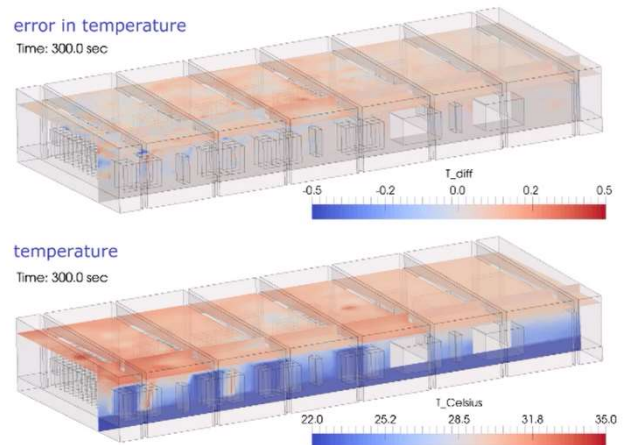
4D COOL technologie blijkt in staat om fouten in een CFD model (links), bijv. ontstaan door plotselinge onbekende temperatuurveranderingen in de zaal, te corrigeren door fusie (rechts), waarbij de aanvankelijke fout (tussen model en werkelijkheid) weer richting 0 gaat. De temperatuurverdeling in de zaal wordt daardoor snel ge-update en is fysisch correct.



Tijdsonwikkeling van de fout in het berekende temperatuurveld; de fout in het CFD model bij 120 sec (links) wordt na een paar minuten door fusie gecorrigeerd (rechts)

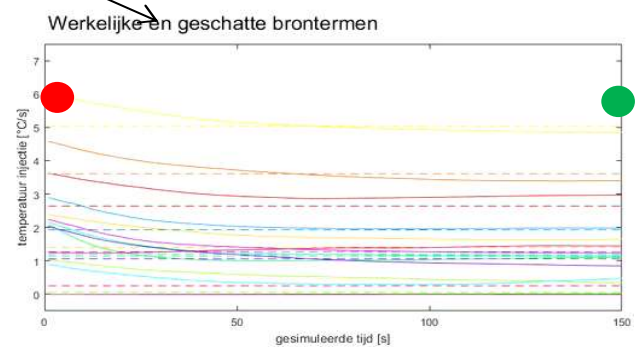
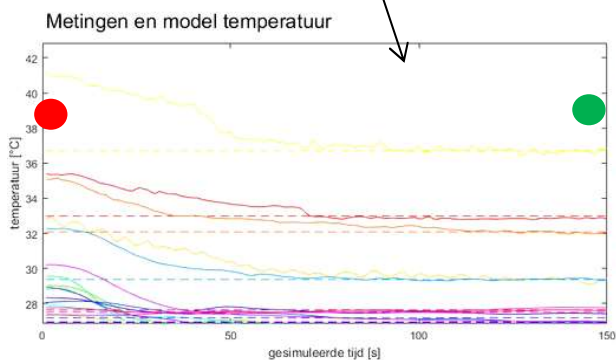
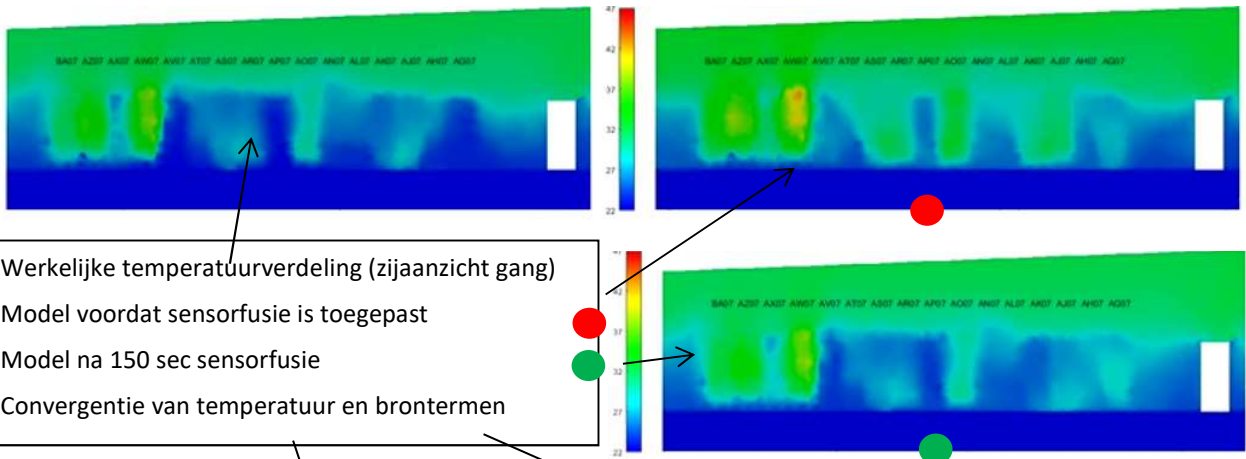
Om dit te bereiken is in het datacenter allereerst een netwerk van sensoren gedeployed . De sensoren zijn ingezet voor fusie voor het model: het corrigeren van rekenfouten in het CFD model door model-sensor data-assimilatie. Daarnaast worden ze gebruikt ter validatie van CFD model, d.w.z. bepalen gevoeligheid CFD model voor instellingen waarover onzekerheid bestaat.

Eind juni 2016 zijn onder regie van SenseAnywhere de sensoren (100 temperatuursensoren, ca. 40 drukverschilsensoren, ca 8 lucht flow meters) ge-deployed bij AlphaCloud datacenter in Mechelen. Na deployment zijn operationele tests doorlopen en zijn de sensoren in gebruik genomen. De sensoren maken zelfstandig verbinding met een acces point, waarmee de data naar de cloud kan worden gestuurd. De sensordata wordt ingelezen door het DCIM system van Perf-IT.



In de analyse is onderscheid gemaakt tussen een *normaal* scenario (1) en een *extreem* scenario (#2), waarbij het verschil tussen metingen en model respectievelijk 15% en 100% in rack heat injection kan bedragen. De fusie heeft als doel om deze verschillen (en dus fouten in het model) zo veel mogelijk terug te brengen. De resultaten van de fusie zijn hieronder weergegeven, gevolgd door een weergave van het temperatuurveld als zijaanzicht van één van de gangen.

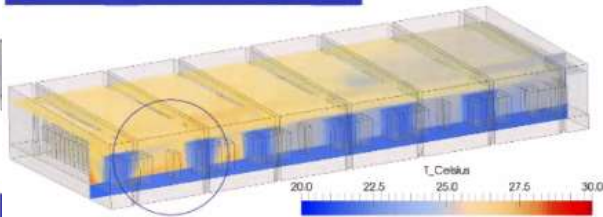
	Gemiddelde Δ temp	Gemiddelde Δ bron	Rekenfactor	Convergentie tijd
Normaal scenario (#1)	0.3 °C (0.8 °C)	0.4 °C/s (6%)	4.8	7.9 min
Extreem scenario (#1)	0.5 °C (1.2 °C)	1.5 °C/s (25%)	7.5	12.5 min



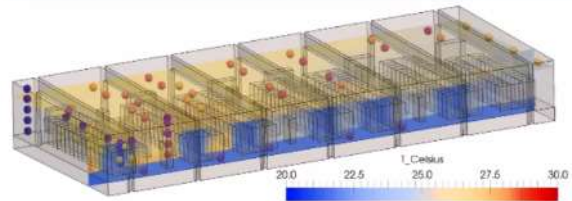
Conclusie van het project is dat het temperatuurveld en bronschatting goed genoeg zijn voor een research-versie in een haalbaarheidstraject, zeker omdat we verwachten verdere optimalisatie tijdens resterende ontwikkeling nog mogelijk moet zijn. De rektijden zijn goed geschikt voor operationele toepassing; de ambitie van het project was om een *refresh rate* van 15 minuten tot 1 uur te halen. Met de nu behaalde convergentietijd binnen een uur lijkt dat goed haalbaar. Wel is nog aanvullend onderzoek en ontwikkeling nodig om de technologie robuuster te maken en minder afhankelijk van positie van en aantal sensoren. Hiervoor willen de partijen een vervolgtraject opstarten.

this is the temperature information
here you see the temperatures in
a real data center in operation

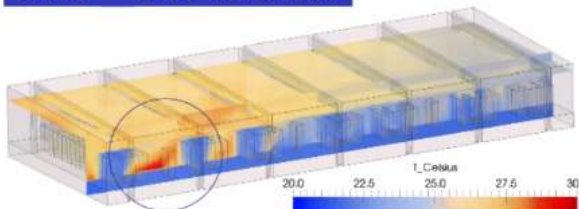
time = 0 seconds



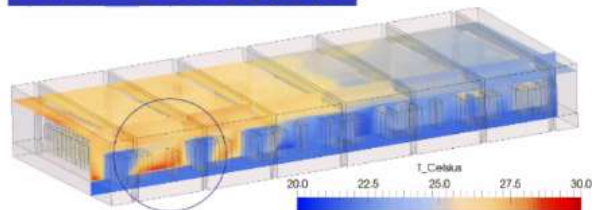
model and sensor data are combined
to provide a correct and complete
real time 3D temperature field



time = 180 seconds



time = 480 seconds

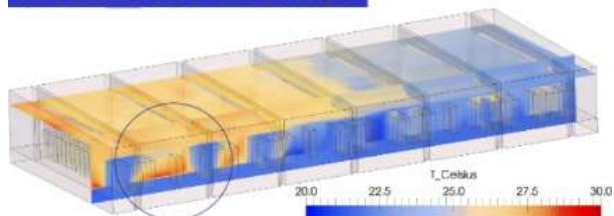


Bijdrage aan de doelstellingen van de IDEEGO regeling

Het 4D COOL Besparingspotentieel in NL is 43 TJ voor co-locatie datacenters waar op basis van 4D monitoring energie kan worden bespaard. In de EU is dat 215 TJ. Beschikbaarheid van koude en warmte in het datacenter wordt dynamisch in beeld gebracht. Hiermee wordt control in real-time mogelijk, waarmee energie wordt bespaard.

Optimalisatie van binnenklimaat in datacenters (temperatuurverdeling) door control aanpassingen in samenhang met energiegebruik is direct mogelijk nu haalbaarheid in dit project is aangetoond.

time = 600 seconds



Mogelijkheden voor spin off

Met de kennis uit dit project denkt het consortium aan verschillende spin-off toepassingen waarvoor inzicht in en beheersing van het binnenklimaat van belang is: de koel-en vrieshuizen, procesindustrie, medische sector (laboratoria en operatiekamers). Ontwikkeling van een commercieel inzetbaar prototype in een datacenter omgeving geeft een goede basis om de innovatie ook in andere sectoren toe te passen.

Contactpersoon voor meer informatie

Martijn Clarijs (TNO): martijn.clarijs@tno.nl

René de Theije (PRO-AT): rdtheije@perf-it.eu

Verkregen subsidie:

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