

Metal Organic Frameworks

Industriële warmtepompen

Compacte warmteopslag

Industrial Processing – WoTS – Solids

nr. 3, jaargang 2016 – 10 EUR (excl. btw), verschijnt
4x per jaar, in februari, mei, september en november

npt

proces technologie

Officieel orgaan van de Nederlandse procestechnologen



FRED VAN HESSEN
erelid NPT **p. 8**

"Het hele klimaatdebat kan in enkele zinnen worden samengevat"



R. GROEN & S. BOLLWERK
ECN **p. 10**

"Met nieuwe technologie kan de industrie veel geld besparen"



B. WECKHUYSEN & A. HUESMAN
ARC CBBC **p. 20**

"We gaan voor de allerbeste wetenschappers"



Technip in Nederland

Technip is een wereldwijd leider in design, engineering, levering en bouw van installaties in olie & gas en (petro)chemie.

De Nederlandse vestigingen zijn Technip Benelux B.V. en Technip-EPG B.V., waar in totaal 500 mensen werkzaam zijn.

Technip Benelux expertise ligt in complexe EPC-projecten op het gebied van:

- ethyleenproductie
- CO₂-verwijdering
- waterstof/synthesegasproductie
- waste-to-energy
- raffinage
- bio-energie
- gasbehandeling

De wereldwijde activiteiten omvatten haalbaarheidsstudies tot de ingebruikname, inclusief plant ontwerp, engineering, inkoop en constructie op basis van eigen technologie en onder licentie van derden.

Contact us at:
tpbenelux@technip.com
infoepg@technip.com
www.technip.com



Technip
take it further.



TECHNIEK
EN MANAGEMENT

Op welk gebied wilt u voorloper zijn?

ZOEK UW CURSUS OP WWW.PAOTM.NL!

KENNIS DIRECT TOEPASBAAR MAKEN

PAOTM draagt met technische postacademische cursussen en opleidingen bij aan de ontwikkeling van haar deelnemers tot voorlopers in techniek en management. Veel van onze cursussen kunnen ook incompany verzorgd worden, afgestemd op uw specifieke situatie.

Enkele voorbeelden van cursussen op het gebied van **Procestechniek** die u dit jaar bij ons kunt volgen:

Fluidization technology

2 dagen eind oktober

Process Control voor procestechnologen

8, 9, 22, 23 november en 6 december

Volg het geheel of losse modules: van conventionele regelingen tot smart control solutions

Explosieveiligheid

9, 10 en 11 november

Beheersen van gas-, damp- en stofexplosierisico's

Chemical engineering

16 november, 7 december, 11, 25 januari, 8 februari, 8, 22 maart, 5, 19 april, 10 en 24 mei

Volg het geheel of losse modules: grondslagen van de chemische technologie

INSCHRIJVEN?

Schrijf u in voor een cursus op www.paotm.nl

Vragen? 015 278 46 18 of info@paotm.nl

In dit nummer

**Energie-efficiëntie is geen modewoord maar een werkwoord**

Steeds meer mensen en bedrijven realiseren zich dat de energietransitie veel meer is dan het opwekken van duurzame energie. Een lager energieverbruik biedt niet alleen een enorm besparingspotentieel, maar verstevigt meteen ook de concurrentiepositie van de (proces)industrie, van oudsher grootverbruiker van fossiele energie. Sigrid Bollwerk (ECN, p. 10) pleit dan ook voor het drastisch verhogen van de energie-efficiëntie en ziet daarbij belangrijke kansen voor de ontwikkelaars van industriële warmtepompen (p. 12). Voorts leest u over een demo-installatie voor thermochemische warmteopslag (p. 15), de troeven van MOFs als adsorbentia (p. 24) en het opwekken van elektrische energie door stoomdrukreductie (p. 22). Energie-efficiëntie is overigens ook de focus tijdens Inside Industry. Op deze Perslucht-themadag (p. 14) komen enkele experts hun kennis delen over hoe industriële bedrijven geld kunnen verdienen met lucht.

Bart Denys

Scan de QR-code om
het magazine online te bekijken



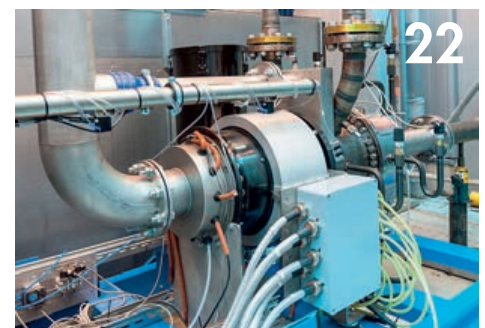
COVERBEELD

For algae, the challenge is to make the production of algae ingredients economically viable on industrial scale. In order to realize an algae biorefinery demonstration, the GAIA-program was initiated.

(photo: Pieter Machielsens - NFP Photography)



Agenda en sectornieuws	4
Redactioneel	5
This fall's OSPT courses to inspire young engineers	6
Uit de NPT-bestuurskamer	7
Fred van Hessen benoemd tot erelid NPT	8
Interview ECN: "Met nieuwe technologie kan industrie veel energie besparen"	10
Industriële warmtepompen een stap verder	12
Compacte warmteopslag in woningen en industrie	15
Getting algae ingredients applied	18
Interview ARC CBBC: "We gaan voor de allerbeste wetenschappers"	20
Elektrische energie door stoomdrukreductie	22
Metal-Organic Frameworks voor duurzaam koelen en verwarmen	24
Vooruitblik naar enkele vakbeurzen	
• Solids (Antwerpen): Innovaties gericht op chemie	27
• World of Technology & Science (Utrecht): Vakbeurs met vier werelden	29
• Industrial Processing (Utrecht): Procesindustrie heeft ongekende potenties	30

**Industriële warmtepompen een stap verder****MERITS-project: Compacte warmteopslag****Elektrische energie door stoomdrukreductie****VAKBLAD NPT
PROCESTECHNOLOGIE**

is een uitgave van

Professional Media Group Nederland bv
Postbus 1297, 3800 BG Amersfoort

Tel.: 033/463.79.77

Fax: 033/463.79.76

FREQUENTIE

NPT Procestechnologie verschijnt 4 x per jaar

ABONNEMENTEN

Tel.: 033/463.79.77 - Fax: 033/463.79.76

Jaarabonnement: 94,65 EUR (excl. btw) =

4 nummers, voor NPT-leden 53,25 EUR,

voor studenten 25 EUR.

U heeft dan ook gratis toegang tot het NPT-archief. Meld u aan op de site voor de gratis digitale nieuwsbrief

REDACTIE**Directeur-uitgever** Andy Noyez**Hoofdredacteur** Bart Denys**Bladmanager** Bart Denys**Redactiecomissie**

Ir. M.C.H. van Doorn - dr. J.C. Goebel

dr. W. Hesselink - Ferdynonik

Dr. Ir. A.G.J. van der Ham - ing. J. van der Kamp

ing. F. van Hessen - dr. D. Verdoes - dr. E. Zondervan

Medewerkers

Mels Dees - Goele Vandenbergh - Erik te Roller

ing. Wouter Verheecke - ing. Marjolijn de Wit-Blok

REALISATIE**Grafische vormgeving**

Pascal Claeys

Publicitair materiaal

Johan Teerlinck - Annelies Delaue

Evelien Sibiet - Nancy Priem

Drukkerij Lowyck - Oostende**ADVERTENTIEVERKOOP**

Professional Media Group Nederland

Peter van Nierop

Postbus 1297

3800 BG Amersfoort

Tel.: 033/463.79.77 - Fax: 033/463.79.76

Verantwoordelijke uitgever

Fernand Vanrie

Zeeweg Zuid 5, 8211 Aantrijke

Dit vakblad is auteursrechtelijk beschermd. Winst u artikels te

scannen, digitaal op te slaan, te kopiëren,

commercieel of anderszins te gebruiken?

Informeer u eerst over wat toegelaten is bij

dhr. Fernand Vanrie, Torhoutsesteenweg 226/2, 8210 Zedelgem,

tel.: 050/24.04.04. Meer informatie op

"www.presscopyrights.be"

ISSN 1382-5178



AGENDA

SEPTEMBER

- **29:** Inside Industry, kennis- en netwerkvent, thema perslucht Kinepolis, Antwerpen
insideindustry.pmg.be
- **29:** Process Industry 2016, congres, stadion Galgenwaard, Utrecht

OKTOBER

- **3-4:** Wetsus congres, tweedaags congres over water-technologie, De Harmonie, Leeuwarden
www.wetusus.nl
- **4:** PAOTM cursus Polymeer-chemie en -technologie, Module 3: Polymer Characterisation (1 dag), regio Amersfoort/Apeldoorn (PAO Techniek en Management, Delft)
paotm.nl/nl/cursus/polymeer-chemie-en-technologie/P002161
- **4-7:** Industrial Processing, vierdaagse vakbeurs, Utrecht
www.industrialprocessing.nl
- **4-7:** WoTS, vierdaagse vakbeurs, Jaarbeurs Utrecht
www.wots.nl
- **5:** Process Safety Competence, vijfdaagse cursus (5-12-26/10, 2-9/11), Papendrecht
koertsconsultancy.nl/training
- **6:** The Hidden Potential of CO₂ – to Reduce or Reuse, Symposium, Universiteit Twente, Enschede
- **11:** Survival in the Chemical Industry, Symposium, Blauwe Zaal, TU Eindhoven
www.safetysymposium.nl
- **13:** Avond van de Chemie, feestelijke avond voor KNCV-leden, Leidse Schouwburg, Leiden (KNCV)
- **19-20:** Solids, tweedaagse vakbeurs voor poeder- en bulkindustrie, Antwerp Expo, Antwerpen
www.solids-antwerp.com
- **25-27:** Recycling 2016, driedaagse vakbeurs, Evenementenhal Gorinchem

NOVEMBER

- **1:** Olie uit gas, avondlezing door dr. Rob van Veen, Polymer Science Park, Zwolle (Chemische kring Zwolle)
- **1:** Agri meets Chemicals 2016 congres, Utrecht (Deloitte & Rabobank)
- **8-10:** Continuous flow reactor technology, symposium (DPTI, TU Delft)
www.flowchemistrytks.com/

CHEMIE OP KOERS MET ENERGIEBESPARING

BORGINGSCOMMISSIE DWINGT ENERGIE-INTENSIEVE INDUSTRIE TOT AFSPRAKEN

Er is een doorbraak in het energiebeleid van het kabinet nodig om de doelen van het SER-energieakkoord te halen, zo stelt de Borgingscommissie van het akkoord. De commissie dreigt samen met minister Kamp met wettelijke maatregelen of heffingen als de energie-intensieve industrie per 1 oktober onvoldoende afspraken met de overheid heeft gemaakt over aanvullende energiebesparingsprojecten. De VNCI heeft bij haar leden mogelijke energiebesparende projecten geïnventariseerd die significante CO₂-reducties kunnen bewerkstelligen, bv. levering van restwarmte, toepassing van nieuwe energiebesparingstechnologieën, opwekking van duurzame energie, verduurzaming van grondstoffen. Het betreft projecten die dermate complex zijn, die een bovengemiddelde terugverdientijd hebben of nog grote technologische risico's kennen, dat de bedrijven de investeringen niet zonder samenwerking met de overheid kunnen nemen. De VNCI besprak dat de afgelopen maanden herhaaldelijk met ambtenaren van Economische Zaken. De gesprekken worden de komende weken op hoog niveau met het ministerie voortgezet. Voor de VNCI dient ook de overheid zich tot het uiterste in te spannen, onder meer door een financieel instrumentarium ter beschikking te stellen (krediet- en investeringsgaranties). Ook dat is in het Energieakkoord afgesproken.

START-UPS STEEDS BELANGRIJKE

Innovatie en ondernemerschap worden steeds belangrijker voor de Nederlandse economie. Start-ups zijn daarbij cruciaal. Dat blijkt uit aantal studies van Rabobank over de toekomst van het Nederlandse verdienvermogen. Hans Siegeman, econoom van de Rabobank: "Hoe de economie verandert, heeft grote gevolgen voor ons bedrijfsleven. Steeds meer bedrijven zijn betrokken bij het maken van één product, en de internationale verwevenheid in de economie is steeds groter. Om te blijven excelleren, moeten bedrijven meer inzetten op innovatie en ondernemerschap. Groeimarkten bevinden zich daarbij steeds verder van Nederland. Het is vooral aan bedrijven om te ondernemen en aan andere



partijen, zoals overheden en financiële instellingen, om hen te faciliteren." "Start-ups worden cruciaal voor het innovatievermogen van Nederland. Alles in eigen huis doen, verliest aan belang. Door creatieve mensen de ruimte te geven, vaak buiten de deur, ontstaan nieuwe business- en verdienmodellen. Innovatie is toenemend afhankelijk van experimenteren en samenwerking." Het verhogen van de mate waarin start-ups kunnen opschalen ('scale-ups') is in de toekomst wellicht nog belangrijker dan inzetten op meer start-ups. Siegeman: "Beschikbaarheid van risicodragend kapitaal, ondernemerschap en een goed ecosysteem voor scale-ups kunnen hieraan bijdragen."

HERRY NIJHUIS KRIJGT NIEUWE FUNCTIE

STW ONDERGEBRACHT IN HET NIEUWE NWO-DOMEIN

Dr. ir. H. H. (Herry) Nijhuis, tot voor kort Secretaris van het bestuur van NPT, een positie die hij meer dan



zes jaar met toewijding heeft ingevuld, heeft de laatste 16 jaar van zijn professionele carrière posities bekleed bij Novem, (dat later SenterNovem werd en nog later Agentschap NL. Vandaag heet het RVO). Van 2006-2009 was hij gedelegeerd om te helpen het Dutch Separation Technology Institute (DSTI) op te zetten. Dat is nu het Institute for Sustainable Process Technology (ISPT). Op 1 oktober begint Herry als directeur van de Technologiestichting STW, maar drie maanden later, op 1 januari 2017, worden de activiteiten van STW geleidelijk ondergebracht in het nieuwe NWO-domein Toegepaste en Technische Wetenschappen (TTW). Herry wordt daar directeur van. NPT feliciteert Herry met deze prachtige stap in zijn professionele loopbaan en wenst hem succes in zijn toekomstige carrière.

PUBLIEKE OPINIE POSITIEF OVER CHEMISCHE INDUSTRIE

ONDERZOEK BIJ 1.100 RESPONDENTEN

Bijna 8 op 10 Nederlanders toont zich

neutraal tot zeer positief tegenover chemiebedrijven, die gezien worden als belangrijk voor de economie, innovatief en duurzaam. Bovendien wordt de sector ook gezien als veiliger, milieuvriendelijker, transparanter en ook een betere werkgever in vergelijking met pakweg vijf jaar terug. Dat blijkt uit de representatieve bevindingen van marktonderzoeksbureau Ruigrok NetPanel in opdracht van de Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI). Uit de antwoorden van de ruwweg 1.100 respondenten blijkt dat de overgrote meerderheid zich bewust is van het feit dat chemische stoffen voorkomen in verf en autobanden, of dat de sector bijdraagt aan de energetische efficiëntie van woningen en wagens. VNCI-directeur Colette Alma benadrukt dat chemie een belangrijke bouwsteen is voor een goed leefklimaat. "Onze leden dragen bij aan een duurzame samenleving met onder meer slimme en duurzame producten en energie-efficiëntere productieprocessen." Het toont aan dat de inspanningen die de branche levert op tal van vlakken weerklank krijgen bij de publieke opinie.



batenburg
mechatronica

T +31 10 2928787
T +32 2 2533120
E info.mechatronica@batenburg.nl
I www.batenburg-mechatronica.com

HIOKI DMM's, meettangen, LCR-meters, PQA's, wattmeters en recorders



TECHNIP TEKENT OVEREENKOMST MET BTG BIOL

VERSNELDE INVOERING VAN TECHNOLOGIE EN LEVERING VAN INSTALLATIES

Technip werkt exclusief samen met met BTG Bioliquids B.V. (BTL) voor het ontwerp en de bouw van pyrolyse-installaties voor biomass-to-oil productie. Technip is specialist in projectmanagement, engineering en constructie voor de energie-industrie; BTL is een Nederlandse technologieleverancier op het gebied van biomassa. De fabrieken zullen worden ontworpen op basis van BTL's FPO-technologie (Fast Pyrolysis Oil) waarmee biomassa via een snel proces naar olie wordt omgezet. Met schoon hout als grondstof is de installatie in Nederland operationeel sinds 2015. FPO kan worden toegepast als bron voor warmte, elektriciteit, transportbrandstoffen en potentieel als bio-based grondstof voor de chemische industrie. Technip en BTL gaan ook samenwerken de commerciële toepassing van FPO ontwikkelen voor duurzame brandstof en als grondstof voor de petrochemische industrie.

De overeenkomst zal vanuit Technip's kantoor in Zoetermeer gebeuren. Dit kantoor is onderdeel van Technip Stone & Webster Process Technology, de



business unit die verantwoordelijk is voor Technip's groeiende onshore procestechnologieportfolio op het gebied van petrochemie, raffinage, waterstof en synthegas, polymeren en gas. Stan Knez, President van Technip Stone & Webster Process Technology:

"Dit samenwerkingsverband met BTL geeft Technip de mogelijkheid beter te voldoen aan toekomstige 'groene' projecten die biomassa verbinden met de petrochemische industrie en raffinaderijen."

5.000 VACATURES WATERTECHNOLOGIESECTOR

ONDERZOEK 'VRAAG EN AANBOD ARBEIDSMARKT WATERTECHNOLOGIESECTOR'

De Nederlandse watertechnologiesector verwacht tot 2020 zo'n 5.000 vacatures. Enerzijds gaat het om vervanging van medewerkers die tegen de pensioenleeftijd aanleunen, anderzijds om uitbreiding van de sector. Ook worden niet-vakinhoudelijke vaardigheden zoals strategisch denken en commerciële drive steeds belangrijker voor het technisch personeel. Beide stellingen vormen conclusies uit het onderzoek 'Vraag en aanbod arbeidsmarkt watertechnologiesector'. Dat werd door Empower People uitgevoerd in opdracht van

o.m. WaterCampus-partners CIV Water, Wetsus, de Water Alliance en het Centre of Expertise Water Technology (CEW). Deze stakeholders wilden met het onderzoek meer inzicht krijgen in de specifieke situatie van de watertechnologiesector, die bestaat uit maritieme technologie, deltatechnologie en watertechnologie.

Enkele andere inzichten uit het rapport: 76% van de medewerkers in de watersector is man. Er is sprake van vergrijzing: 61% van de medewerkers is ouder dan 45 en 28% ouder dan 55 jaar.

Uitgaande van 27.500 FTE in de sector nu, is de vervangingsvraag tot 2020 2.365 FTE, te weten: 790 FTE mbo, 1.000 FTE hbo en 575 FTE wo. De uitbreidingsvraag bedraagt nog eens 2.600 FTE, namelijk 400 FTE mbo, 1.100 FTE hbo en 1.100 FTE wo. Vanuit het reguliere onderwijs zal het lastig zijn om de vervangings- en uitbreidingsvraag in te vullen. Een goede aansluiting tussen onderwijs en arbeidsmarkt en een structurele samenwerking tussen bedrijven en onderwijsinstellingen zijn cruciaal.



JEROEN VAN WOERDEN PLANT MANAGER 2016

Jeroen van Woerden van Kemira werd tijdens Deltavisie verkozen tot Plant Manager of the Year 2016. De andere finalisten waren Koos Donkers van Vopak en Robert van den Kieboom van Euroliquids Europort. Het Finse Kemira maakt producten voor de behandeling van industriewater, o.m. voor de papierindustrie, de olie- en mijnindustrie en het zuiveren van water van gemeenten. Met zijn team heeft Van Woerden de site veiliger gemaakt en gezorgd voor een prettigere en efficiëntere werkomgeving. Samen met nieuwe partners wordt de site verder ontwikkeld. Deels hierdoor durfde het moederbedrijf Kemira het aan om weer te investeren in Rotterdam. Er komt een nieuwe plant voor een



biobased productieproces. Van Woerden mocht naar eigen zeggen "alles faciliteren en mensen enthousiasmeren". De jury over Jeroens overwinning: "Jeroen werkt uitgebreid aan de doelstellingen, blijft hierop meten, sturen en dus focussen. De communicatiestructuur naar de medewerkers is zichtbaar aanwezig in de organisatie en bevordert de transparantie en openheid van zijn filosofie."

De Plant Manager of the Year wordt sinds 2008 jaarlijks verkozen als initiatief van het Petrochem Platform en de Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI), in samenwerking met Deltalinqs, het Havenbedrijf Rotterdam en sinds vorig jaar ook Votob (tankopslag).

REDACTIONEEL

Veel mensen zien de chemische industrie als vervuילend, als gevaarlijk en als een heel grote energieverbruiker. Het feit dat men vrijwel continu gebruikmaakt van de producten die de procesindustrie maakt, krijgt veel minder aandacht.

Het bestuur van NPT zet de komende tijd sterk in om de positieve kanten van de procesindustrie onder de aandacht te brengen. En ze heeft recht van spreken: de industrie heeft grootse prestaties geleverd om vervuiling terug te brengen. Daarnaast levert ze een bijdrage aan het terugdringen en verwerken van afval en vervuiling die op andere plaatsen in de maatschappij ontstaan. De veiligheidseisen en -maatregelen die de chemische industrie neemt zijn enorm. Ook wordt er veel tijd en energie gestoken in het reduceren van het energie- en grondstofgebruik.

ISPT, het Institute for Sustainable Process Technology, is in het leven geroepen om duurzame innovatie in de procestechnologie te versnellen. ISPT onderzoekt welke vraagstukken betreffende innovatieve verduurzaming van de procesindustrie er leven. Ze brengt verschillende partijen uit de keten bij elkaar om voor deze vraagstukken oplossingen te zoeken. Het ISPT heeft interessante successen geboekt, waar ze in dit (tienjarig) jubileumjaar zelf vast de aandacht op zal vestigen.

Grote inspanningen zijn en worden geleverd. Toch, ondanks vaak uitstekende samenwerking van verschillende partijen in de keten, ondanks de successen die zeker ook genoemd mogen worden, ondanks de gedrevenheid die ik bij veel mensen/technici ervaar: er ligt nog een enorme uitdaging vóór ons, en de duurzame verbeteringen gaan in een veel te laag tempo. Hoe komt dat toch? Veiligheid en duurzaamheid zijn soms elkaars vijand: soms zijn de eisen die aan de veiligheid worden gesteld zo hoog, dat er nauwelijks ruimte is om af te wijken van het bestaande en het bekende. Anderzijds: procesintensificatie (PI) kan de schaal van processen, en daarmee ook de veiligheidsrisico's aanzienlijk terugbrengen, maar toch nemen we ook voor PI geen glorieuze opmars waar. Bij grote en complexe installaties is het afbreukrisico vaak geweldig groot, wat maakt dat er niet 'zomaar' nieuwe technieken worden ingevoerd, ondanks de beloofde verbeteringen. De lage energiekosten maken dat energiebesparende technieken vaak niet bovenaan de lijst met investeringswensen staan. Ach, er zijn altijd wel redenen te bedenken. Maar hoe kunnen we voor een versnelling zorgen?

Een aantal jaren geleden zag ik voor mij dat er in de procesindustrie een werkelijke verduurzaming zou plaatsvinden tijdens mijn werkzame leven. De tijd dringt ...



ing. Johan van der Kamp

THIS FALL'S OSPT COURSES TO INSPIRE YOUNG ENGINEERS

THE ISPT INNOVATION ACADEMY: 'PEOPLE DRIVE INNOVATIONS'



The 'OnderzoekSchool ProcesTechnologie' (OSPT) is the Netherlands Research School in Process Technology. It is an interuniversity school in the area of Chemical Engineering and Process Technology. OSPT is part of the Innovation Academy of ISPT, the Institute for Sustainable Process Technology. Every year, the collaborating research group of the five universities, organises (post graduate) education- and research activities for talented young engineers.

INNOVATION ACADEMY

The Innovation academy of ISPT works on the development of students and professionals. Under the flag of the Innovation academy, ISPT organises:

- A talent program for HBO-students in the field of process technology;
- Innovation research;
- The 'OnderzoekSchool ProcesTechnologie' (OSPT) is the Netherlands Research School in Process Technology. It is an interuniversity school in the area of Chemical Engineering and Process Technology. OSPT offers post graduate education- and research activities and is a collaborating of five universities.

Internet courses

Next to the OSPT courses far more courses are available through internet, for instance on Edx you can find a range of interesting subjects, like Basics of energy sustainability, Introduction to Environmental science, Technology for biobased products and Sustainability in everyday life are available. The page digital learning contains several links to this free available knowledge. More information about the innovation academy and above mentioned courses is available at the website of the ISPT Innovation Academy www.ispt-innovationacademy.eu.

COURSES 2016

In the second part of 2016 the following courses will be organized by OSPT. For all courses the dates are not definitely planned yet.

Computational Fluid Dynamics for Chemical Engineers

Date: fall/winter 2016

Location: Delft University of Technology

Course leader: Prof. Harry van den Akker

Course objective:

Introduction to Fluid Mechanics; Numerical Methods; Laminar Flows, Introduction to turbulence and turbulence models: RANS, LES, Introduction to Lattice-Boltzmann technique;

Direct Numerical Simulations, CFD of laminar reacting systems, Large-Eddy Simulations; CFD of Multi-Phase Flows, CFD simulations of reacting systems and combustion.

Computational Fluid Dynamics

Date: November 2016

Location: Eindhoven University of Technology

Course leader: Prof. dr. ir. J.A.M. Kuipers

Description:

The discipline of Computational Fluid Dynamics (CFD) involves the analysis of fluid flow and related phenomena such as heat and/or mass transfer, mixing and chemical reaction using numerical solution methods. Due to the rapid advances in CFD and the potential it provides to analyse, on a fundamental basis, systems of considerable interest to the chemical engineer, it can be anticipated that the importance of CFD as a "workhorse" for the chemical engineering community will rapidly increase in the near future.

Chemical Product Centric Process Design

Date: fall/winter 2016

Location: Delft University of Technology

Course leader: Prof. Rafiqul Gani

Description:

The objective of this PhD/PDEng-course is to give the participants a view of chemical product design and the important process design issues related to their development (product-centric process design). The course will highlight how to define the needs of a chemical product; how to identify the candidate chemicals and/or mixtures of chemicals and how to quickly evaluate the important process design issues so that



decisions related to product development can be made in the early stages of product development. The objective is also to highlight the currently available methods and tools that can be applied to solve various types of problems associated with product-process design in a systematic and integrated manner. Different case studies will be used as application examples.

The ICAS software developed by Computer Aided Process Engineering Center (CAPEC) at Technical University of Denmark (DTU) will be used (www.capec.kit.dtu.dk/Software/ICAS-and-its-Tools).

Process Economics & Cost Engineering

Date: Fall/Winter 2016

Location: Eindhoven University of Technology

Course leader: Ir Albert van der Werf

Description:

Persons with a technical education most probably will, in the course of their career, get involved in bringing a new product "to the market". This means that the product should be profitable, and that the production process should be developed in a controlled way. The course provides a basic understanding of the principles of assessing profitability, investment estimating and project cost control. This is done by transferring terminology and tips & tricks and by applying those in cases. Also the industry standards used in this field

UIT DE BESTUURSKAMER VAN NPT

BELANGRIJKSTE AGENDAPUNTEN VAN DE VERENIGING



Op woensdag 18 mei stond een bijeenkomst gepland van het bestuur van NPT met opnieuw een aantal externe partijen. In Eindhoven, op de TU, is van gedachten gewisseld met de vertegenwoordiging van kennisnetwerken, zoals NL-GUTS, PIN-NL en NW-GD. Hoe kunnen we elkaars werk versterken, en hoe en waar kunnen we samen de procestechnologie breder bekend maken bij de buitenwereld?

Ing. Amy Triesscheijn & ing. Johan van der Kamp

UIT DE NPT BESTUURSKAMER

Voorafgaand aan deze avondbijeenkomst was er een bestuursvergadering. Er zijn al flinke stappen gezet in een strategische heroriëntatie van vereniging en bestuur, met onder andere een geheel nieuwe en verbeterde website, toch is ook duidelijk dat er nog een schepje bovenop moet. Er was in deze vergadering zoveel positieve energie dat Johan van der Kamp aangaf met een gerust hart het bestuur nu te verlaten.

Een week later was de jaarvergadering. Deze is gehouden bij Shell in Rijswijk. De jaarvergadering ging van start met een interessante uiteenzetting over het incident bij de MPSO-II fabriek van Shell Moerdijk juni 2014. Marion den Hollander heeft deel uitgemaakt van het team van experts dat deze explosie heeft onderzocht. Zowel tijdens als na afloop van de presentatie vindt er een levendige en interessante discussie plaats.

Afscheidnemend en nieuw bestuurslid

Na een korte pauze was het tijd voor de NPT jaarvergadering; de financiële cijfers, plannen voor het komende jaar en bestuurswisselingen werden toegelicht en goedgekeurd door de aanwezigen. Twee aftredende bestuursleden, Johan van der Kamp en Herry Nijhuis, werden hartelijk bedankt voor hun inzet gedurende vele jaren. Als nieuw bestuurslid treedt Amy Triesscheijn aan. De chemische industrie is al jaren haar werkgebied en ze draagt deze industrie een warm hart toe. In een presentatie is zij ingegaan op aanknopingspunten om de slogan van het NPT: Connect & Guide, verder te ontwikkelen.

Amy hield een korte presentatie, waarmee ze zichzelf voorstelde aan de leden. De presen-



Ing. Amy Triesscheijn

Communicatie NPT

- Wie zijn de leden van NPT?
 - Leeftijdsopbouw leden
 - WO / HBO verdeling
 - Werkzaam bij
- Waarom zijn zij lid van NPT?
- Wat verwachten zij van NPT?
- Sluit dat aan bij de doelstellingen van NPT?

In een presentatie wierp ing. Amy Triesscheijn als nieuw NPT-bestuurslid enkele vragen op die de komende maanden allemaal een antwoord krijgen

tatie bestond voor een flink deel uit vragen die bij haar zijn opgekomen in de weken voorafgaand aan deze jaarvergadering. Het bestuur ziet deze vragen als een goede aanzet om ook voor zichzelf een aantal zaken nog weer eens duidelijk te krijgen. De vragen zullen dan ook de komende maanden allemaal een antwoord krijgen.

Fred van Hessen erelid

Tot zijn grote verrassing werd vervolgens Fred van Hessen naar voren geroepen. Joop de Rooij benoemde Fred van Hessen tot erelid van NPT wegens zijn niet te evenaren inzet gedurende vele jaren voor het NPT. Op de volgende pagina's (pagina's 8 en 9) van deze NPT-editie leest u meer over de rol van Fred in de vereniging en voor het blad. Na afloop werd de NPT-jaarvergadering afge-

rond met een gezellig samenzijn onder het genot van een drankje en een hapje. Het netwerken hierbij is zeer geanimeerd! De komende periode gaat het bestuur zich onder anderen bezighouden met het aankomende NPS congres, zodra hier meer over bekend is, zal dat wereldkundig worden gemaakt.

Kort voor de zomer heeft het bestuur Albert ten Kate bereid gevonden om het bestuur te versterken als Secretaris. Herry Nijhuis heeft deze functie meerdere jaren vervuld. Daarnaast is Ronald Wielinga toegetreden tot het bestuur. Beide nieuwe bestuursleden hebben ruime bestuurservaring en natuurlijk een sterke affiniteit en betrokkenheid met de proces-industrie. In de bestuurskamer vloeit er veel positieve energie. We gaan deze energie kanaliseren om zo de Proces Technologie – het NPT – op de kaart te zetten.

Heeft u ideeën, laat het ons weten, samen komen we verder!

FRED VAN HESSEN BENOEMD TOT ERELID VAN NPT

“UITDAGINGEN VOOR PROCESTECHNOLOGEN LIGGEN IN CO₂-PROBLEMATIEK”

Eind mei werd Fred van Hessen tijdens de jaarvergadering van NPT benoemd tot erelid. Niet zonder reden. Van Hessen heeft in zijn jaren als bestuurslid met passie en niet aflatende inzet diverse projecten en werkzaamheden succesvol uitgevoerd. Bovendien weet hij door nauwgezet te observeren wat er in de branche leeft, hetgeen hij soms in relativerende en andere keren in een scherpere bewoording formuleert. Drie voorzitters uit ‘zijn’ tijd blikken terug.

Ing. M. de Wit – Blok

‘Een stille kracht’; zo is Fred van Hessen wellicht nog het best samen te vatten in zijn rol als bestuurslid de afgelopen jaren bij NPT. Niet nadrukkelijk op de voorgrond aanwezig, maar wel altijd zijn zaken op orde en bovendien de drijvende kracht achter onder meer het vakblad NPT Procestechnologie, het 9th European Conference of Chemical Engineering (ECCE9) dat in 2013 door de Nederlandse vereniging van Procestechnologen werd georganiseerd én de nieuwe NPT website.

ECCE9

De tijd en moeite die Fred heeft besteed aan het medeorganiseren van het ECCE, wordt onder meer aangehaald door oud-voorzitter Jan Harmsen: “Fred was een van de drie kerntleden van de commissie die verantwoordelijk was voor de gang van zaken. Ik kan niet anders zeggen dan dat zijn inzet gigantisch was. Vooral in het voortraject heeft hij belangrijke stappen ondernomen die – zo later bleek – mede verantwoordelijk zijn geweest voor het succes van dit congres. Zo is bijvoorbeeld het congres voorafgaand aan ‘onze’ editie in Berlijn bezocht, waar hij met veel mensen heeft gesproken over de organisatie van een dergelijk evenement. Niet alleen de toenmalige voorzitter is daarbij geïnterviewd, maar tevens heeft hij alle exposanten gesproken en de evaluatie van dit congres bezocht om hier kennis te nemen van de succesfactoren. Ook was hij verantwoordelijk voor de vormgeving van de website van ECCE9. Uiteindelijk hebben onder andere deze inspanningen ertoe bijgedragen dat het congres is bezocht door 1.900 deelnemers, waarvan het grootste aantal studenten ooit. En Fred als persoon? Bescheiden. Enthousiast en overal voor in.”



Huidige voorzitter Joop de Rooij benoemt Fred van Hessen tot erelid van NPT

NPT PROCESTECHNOLOGIE

Over het vakblad NPT procestechnologie weet oud-voorzitter Jan Willem Veldsink te melden: “Fred heeft een belangrijke rol gespeeld in onze bijdrage als NPT in het gelijknamige vakblad. Van een min of meer ‘losse’ samenwerking zitten we – mede door zijn toedoen – nu veel steviger in het zadel en kunnen het ook echt als ons verenigingsblad zien. Zo heeft Fred onder meer de vrije hand in het invullen van onze twee eigen pagina’s hetgeen hij altijd met verve en inhoud doet.

Wat ik verder erg in hem kan waarderen, is het feit dat je volledig van hem op aan kunt. Hij doet wat hij zegt en koppelt bovendien zijn bevindingen terug. Daarbij is hij bedachtzaam en zal niet zo snel ‘zomaar’ wat zeggen. Een echte stille kracht dus; een pilaar waarop de vereniging kan steunen.”

SECUUR MET TAAL

Wim Hesselink legt als derde oud-voorzitter uit ‘de tijd van Van Hessen’

de nadruk op de secure wijze waarop zijn medebestuurslid te werk gaat. “Als lid van de redactieraad van het blad is Fred o.m. verantwoordelijk voor het beoordelen van binnengekomen stukken. Daarbij gaat hij niet alleen inhoudelijk, maar ook taalkundig zeer gedetailleerd te werk. En dat is natuurlijk precies wat je nodig hebt in een redactie! Bovendien is hij zelf ook een schrijver die in de afgelopen jaren veel interessante berichten voor ons blad en de onlangs vernieuwde website heeft verzorgd. Wat het laatste betreft, speelde hij een rol in het moderniseren van de oorspronkelijke site. Ten eerste door de student die het programmeerwerk verrichtte, bij te sturen en er vervolgens persoonlijk voor te zorgen dat de invulling ervan dynamisch en interessant is geworden. Ik heb als voorzitter maar kort met hem samengewerkt, maar ken Fred al veel langer en wil hem graag beschrijven als een positieve, actieve man die eigenlijk altijd probeert ergens wat van te maken. Bovendien is hij loyaal. Zijn eigen ‘stokpaardje’ uit het vakgebied is energie. Dit thema heeft altijd zijn belangstelling. En ook alles wat rijmt op ‘bio’, trouwens.” □

Eén voorrecht van het erelidmaatschap is de kans om een eigen column te mogen schrijven. Fred van Hessen aan het woord:

Het klimaat en de procestechnoloog

Je kunt me naïef noemen, maar in mijn ogen kan het hele klimaatdebat in een paar zinnen worden samengevat:

1. De laatste ongeveer honderd jaar zijn we bezig geweest koolstof uit de bodem te halen – in de vorm van kolen, olie en gas – en het vrij te laten in de atmosfeer in de vorm van CO₂.
 2. De toenemende concentratie van CO₂ in de atmosfeer doet de temperatuur in de wereld stijgen en het klimaat veranderen.
 3. Zolang we doorgaan met dit 'oppompen' – ook al wordt dat wat minder – zal de CO₂-concentratie blijven toenemen, en daarmee de temperatuurstijging.
 4. Alle praat over de beperking van de temperatuurstijging tot 2 °C is flauwekul (de uitdrukking die ik in gedachten had, mag ik niet afdrucken in dit blad), zolang de CO₂-concentratie blijft toenemen.
 5. Er zijn maar twee manieren om de concentratietoename te stoppen:
 - a. Houd de koolstof in de grond
 - b. Stop die terug in de grond
 - c. Recycle de koolstof; maar eigenlijk is dat een variatie op a.
- De rest zijn details.

Over **optie b** (Carbon Capture and Storage, CCS) kunnen we kort zijn, want er zijn maar weinig opties: gebruik het voor EOR, pomp het in lege gasvelden of zoutcavernes, of mineraliseer het in olivien of serpentine of in basisch poreus basalt. In het 'Capture'-deel zijn een paar procestechnologen aan het werk. Maar je kunt er geld op inzetten: er hoeft maar één tremor op te treden die twee op de schaal van Richter meet, en op last van de rechter zal het programma worden teruggeschreefd.

Blijft **optie a** over, en dat is een veel grotere speeltuin voor procestechnologen. Vervang 'grijze' producten door 'groene'; PEF en bio-barnsteenzuur zijn voorbeelden van materialen waarvoor we in de nabije toekomst geen aardolie meer nodig zullen hebben. Maar het zijn kaasschaafoplossingen die heel dunne plakjes afsnijden van een heel groot probleem. Wat niet betekent dat er niet meer plakjes afgesneden kunnen en zouden moeten worden. Maar die processen moeten nog ontwikkeld worden. Ze zullen hun invloed pas doen gelden over 25 jaar of later. Dan zijn we in de jaren 40!

Al deze processen hebben echter hetzelfde manco: ze kunnen zelden concurreren met de

producten die ze vervangen, of ze overleven alleen bij de gratie van subsidies. Dit is het gevolg van een merkwaardige juridische anomalie: we betalen wel voor de verwerking van ons vloeibare en vaste afval, maar ons gasvormige afval mag gratis de lucht in.

Is er dan misschien toch een **optie d**? Elke politicus zal die vergelijken met het aanraken van een hoogspanningsleiding: politieke zelfmoord. Ik duid hier natuurlijk op het B-woord: belasting. Of dat nu duurdere emissierechten heet of carbon tax of belasting op energie-afname, het zal resulteren in hogere prijzen; maar die zijn er al in de vormgeving van subsidies voor zon en wind. Linksom of rechtsom zal energie duurder worden. Wen er maar vast aan. O, en dan is er nog het K-woord: kern-energie. Daar praten we dus maar liever helemaal niet over.

Fred van Hessen



SCHARFF TECHNIK BV
*Sterk in Stoom
Thuis in Thermische Olie*



**CERTUSS Elektro EM
Modulerend
8-160 kg/h**

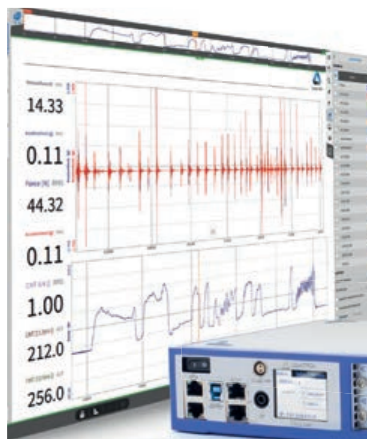
Meer informatie? Kijk op
www.scharfftechniek.nl
bel vrijblijvend 030 2410972
of scan de QR code rechts
met uw telefoon of tablet



**CERTUSS
Series TC
Modulerend
80-2000 kg/h
10% minder gas**



Bezoek onze stand

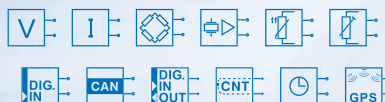


TRIONet
DEWETRON

De standaard voor
snelle (de)centrale,
SYNCHRONE METINGEN



Stand-alone met laptop
via USB of Gb Ethernet



Units via Ethernet door
te koppelen - synchroon

**Automotive
Troubleshooting
Sound & Vibration
Proces Monitoring
Energie & Netkwaliteit**

TRION plug-in kaarten
voor allerlei sensoren
250kS tot 2MS/s/ch.

Software: OXYGEN,
DEWESoft-7, Labview
of eigen ontwikkeling.

WOTS 2016 Test- & Meetpaviljoen 9B.052
WWW.DEWETRON.COM **Tel. 076 - 544 25 44**

"NIEUWE TECHNOLOGIE KAN INDUSTRIE VEEL ENERGIE BESPAREN"

In Nederland lijken we met energie het omslagmoment gepasseerd te zijn. Er gaan nu schakelaartjes om, waarvan ik me in de afgelopen vijftig jaar steeds afvroeg wanneer ze ooit zouden omgaan. De energietransitie heeft momentum gekregen en dat moeten we de komende jaren zeker zien vast te houden in het belang van de concurrentiepositie van de industrie, de werkgelegenheid en uiteraard het milieu en klimaat", aldus Sigrid Bollwerk, Program Development Manager Energy Efficiency van het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN).

Erik te Roller

In Zweden loopt een demonstratieproject met de nieuwe SEWGS-technologie (Sorption Enhanced Water Gas Shift technology) van ECN, die de CO₂ uit de processtroom absorbeert met behulp van kleiachtig materiaal

ENERGIE-EFFICIENTIE VERHOGEN

Samen met Rebecca Groen, Business Development Manager Biomass & Energy Efficiency van ECN, pleit zij voor het drastisch verhogen van de energie-efficiëntie, en voor zover mogelijk, de elektrificatie van de procesindustrie. Groen en Bollwerk wijzen erop dat steeds meer mensen zich realiseren dat energietransitie meer is dan alleen het opwekken van elektriciteit met windmolens en zonnepanelen. "De industrie, inclusief de raffinaderijen, neemt ongeveer 45% van het nationale energiegebruik voor haar rekening. Ruim 40% hiervan betreft de inzet van olie, gas en kolen als grondstof. De rest van de energie is nodig om grondstoffen om te zetten in producten.

De overgang naar een duurzame energievoorziening kan dan ook alleen slagen als de industrie alle mogelijkheden voor het verminderen van haar energiegebruik en het vervangen van fossiele grondstoffen benut", licht Groen toe. Binnen de industrie neemt de procesindustrie het overgrote deel van het fossiele energiegebruik voor haar rekening.

"De energie-intensiteit van de chemie bijvoorbeeld is sinds 1990 al significant verbeterd, maar er moet nog veel meer gebeuren. Met nieuwe technologieën vallen enorme besparingen te bereiken", aldus Bollwerk.

LOW CARBON ECONOMY

Het Energieakkoord van 2013 heeft volgens Groen al het nodige in gang gezet. "Het heeft verschillende partijen en sectoren aan het denken gezet over wat zij aan de energietransitie kunnen bijdragen. Ook de industrie beseft dat we toe moeten naar een low carbon economy, in verband met zowel het klimaat als de mondiale concurrentie. Er zijn door de brancheorganisaties toezeggingen gedaan. Die blijken echter lastig haalbaar. Het ministerie van Economische Zaken spreekt brancheorganisaties en industriële grootverbruikers van energie daar nu op aan en heeft nog een stok achter de deur.

Volgens de energieconvenanten en de wet Milieubeheer moeten bedrijven namelijk investeren in alle besparingsmaatregelen die ze binnen vijf jaar terugverdienen." Bollwerk en Groen wijzen erop dat de Nederlandse procesindustrie door het energiegebruik substantieel te verlagen beter zal kunnen concurreren met landen die over goedkope energie en grondstoffen beschikken, en dus ook minder te duchten zal hebben van fluctuaties in de olie- en gasprijzen. "De energie die je niet gebruikt, hoeft je ook niet in te kopen", aldus Groen. Daarnaast zien we dat grote merkeigenaren zoals Unilever en Heineken hun toeleveranciers

"DE INDUSTRIE, INCLUSIEF DE RAFFINADERIJEN, NEEMT ONGEVEER 45% VAN HET NATIONALE ENERGIEGEBRUIK VOOR HAAR REKENING. RUIM 40% HIERVAN BETREFT DE INZET VAN OLIE, GAS EN KOLEN ALS GRONDSTOF"

steeds meer onder druk zetten om hun CO₂-footprint te verminderen, waardoor voor de commodityproducers 'energie' van kostenpost naar marktkans aan het verschuiven is. De top van procesbedrijven stelt bij investeringen echter vaak als harde eis dat nieuwe technologie bewezen moet zijn. "Maar een technologie die innovatief en tegelijk bewezen is, bestaat niet. Je moet als bedrijf een zeker risico durven te nemen, anders kom je niet verder", voegt Bollwerk eraan toe.

RESTWARMTE OPWAARDEREN

De industrie kan zijn fossiele energie- en grondstofgebruik behalve door de inzet van biomassa langs diverse wegen verlagen, bijvoorbeeld door restwarmte op te waarderen. Dow bijvoorbeeld experimenteert met de recompressie van lagedrukstoom. Met behulp van een compressor wordt stoom op een hogere druk en temperatuur gebracht, waardoor die weer als

warmtebron in het proces kan dienen. Voorts hebben ECN, Bronswerk Heat Transfer en IBK Koudetechniek een industriële warmtepomp ontwikkeld, die in staat is om restwarmte van 60°C naar 120°C te verhogen, waardoor ook een deel van de restwarmte opnieuw in het proces gebruikt kan worden (zie p. 12/13). Er loopt momenteel een vervolgtraject om de leveringstemperatuur te verhogen naar 150°C. Bollwerk: "De Nederlandse apparaatbouwers zijn zeer goed in staat om warmtepompen voor de Nederlandse procesbedrijven te maken. Dat biedt kansen, ook aan de apparaatbouwers die er een succesvol exportproduct van kunnen maken. Vooral op het raakvlak van procesindustrie en apparaatbouwers liggen de mogelijkheden. De FME, brancheorganisatie van de maakindustrie, maakt zich daar dan ook sterk voor."

SEWGS

Bij energie- en grondstofbesparing valt verder te denken aan het toepassen van betere scheidingstechnieken, zoals met efficiëntere destillatiekolommen of met membranen, en daarnaast aan efficiëntere reactoren. De combinatie van scheidings- en reactiestappen, oftewel procesintensificatie, levert nog meer winst op. "Verbeterde en nieuwe technologie heb je allebei nodig om tot een hogere energie-efficiëntie te komen", stelt Groen. Belangrijk is ook dat de staalindustrie tot procesverbeteringen komt. Bij de reductie van ijzererts (ijzeroxiden) met behulp van cokes, komen grote hoeveelheden CO₂ vrij. In Zweden loopt een demonstratieproject met de nieuwe SEWGS-technologie (Sorption Enhanced Water Gas Shift technology) van ECN die de CO₂ uit de processtroom absorbeert met behulp van kleiachtig materiaal en later weer in pure vorm afstaat. De CO₂ kan dan ondergronds worden opgeslagen. Deze technologie is 40% goedkoper dan de conventionele afvangtechnologie. Voordeel is ook dat de 'sorption' de evenwichtsreactie van koolmonoxide en water in de richting van kooldioxide en waterstof drijft, waardoor het ook mogelijk is waterstof zuiver in handen te krijgen.



"De Nederlandse procesindustrie is uitstekend gepositioneerd om in het kader van de energietransitie haar processen deels of geheel te vernieuwen."

– Rebecca Groen

"Een technologie die innovatief en tegelijk bewezen is, bestaat niet. Je moet als bedrijf een zeker risico durven te nemen."

– Sigrid Bollwerk

Als in de alle staalfabrieken wereld dit zouden toepassen, zou dit een hoeveelheid CO₂-emissie vermijden, overeenkomstig met de helft van die van alle kolencentrales in de wereld. Een vervolg op dit project is om de CO₂ om te zetten in methanol dat gebruikt kan worden in bijvoorbeeld de scheepvaart. Bollwerk: "We zijn blij met de intensieve samenwerking op deze gebieden met bedrijven zoals Kisuma, Tata Steel en Array Industries, en de financiële ondersteuning die we gekregen hebben vanuit het Europese Horizon 2020 programma, voor de projecten STEPWISE en FReSMe."

ELEKTRIFICATIE

Nu het opwekken van duurzame elektriciteit een hoge vlucht neemt, dienen zich extra mogelijkheden aan om op fossiele energie- en grondstoffen te besparen.

Op momenten dat er in de toekomst volop duurzame en dus ook goedkope elektriciteit beschikbaar is, kan de industrie daarop inspelen door die elektriciteit in te zetten voor het opwekken van proceswarmte (*Power-2-Heat*) en voor het uitvoeren van chemische omzettingen (*Power-2-Chemicals*).

ECN, TNO en de Topsector Chemie hebben daarom samen met de industrie het Shared Innovation Program Voltachem opgezet.

De uitgangsvraag klinkt hierbij als volgt: "Stel dat goedkope duurzame elektriciteit onbeperkt beschikbaar is, hoe kun je die dan het best inzetten om kosten en CO₂ te besparen?"

De simpelste toepassing is verhitting tot hoge

temperaturen, waarbij de inzet van fossiele energie achterwege kan blijven. Vanzelfsprekend valt ook te denken aan het laten draaien van warmtepompen op die duurzame elektriciteit. Voorts biedt goedkope elektriciteit de mogelijkheid om waterstof te maken zonder de aardgasvoorraad aan te spreken.

Bollwerk: "In de Rijnmond kunnen raffinaderijen of hun toeleveranciers met behulp van elektrolyse ter plekke waterstof produceren (*Power-2-Hydrogen*, n.v.d.r.), dat nodig is om oliefracties te ontzwavelen en te hydrogeneren.

De baas van BP in Duitsland liet onlangs weten, dat hij dit als een vanzelfsprekende stap ziet. In lijn hiermee pleit hij ervoor de Europese milieunormen voor motorbrandstoffen mede te baseren op de ecologische voetafdruk van deze brandstoffen."

Groen wijst ook op de samenwerking van Nuon, TU Delft en ECN om te kijken naar de mogelijkheden om elektriciteit op te slaan in de vorm van ammoniak (*Power-2-Ammonia*), waarop vervolgens een gasturbine van de centrale in de Eemshaven kan draaien. Ammoniak produceren kan al met kleine installaties. ECN werkt aan de opschaling daarvan. Ten slotte kunnen chemiebedrijven met duurzame elektriciteit rechtstreeks en heel gericht chemicaliën maken. Het bekendste voorbeeld is dat van chloor en natronloog. Bollwerk: "Je kunt ook denken aan het produceren van ethyleen uit water en CO₂ via elektrolyse en de aanmaak van synthesesgas. Nu gaat dat via een omweg: chemiebedrijven breken de nafta afkomstig van olieraffinaderijen in hun grote krakers bij zo'n

850° C af tot kleinere bouwstenen voor de chemie, waaronder ethyleen, propyleen en butadieen. Die producten moeten daarna weer diep gekoeld worden om ze van elkaar te kunnen scheiden.

Met elektriciteit kan ethyleen mogelijk veel efficiënter worden gemaakt (*Power-2-Commodities*, n.v.d.r.). Daardoor zul je ook niet meer gebonden zijn aan de economische wetmatigheid die voorschrijft dat krakers enorm groot moeten zijn."

NEDERLANDSE PROCESINDUSTRIE

In Nederland hebben we grote, goed geïntegreerde petrochemische complexen. Die zijn relatief oud, maar dat neemt niet weg dat we hier kunnen bogen op een enorme kennis van de chemie, de chemische technologie en het transport en de opslag van chemicaliën die is opgebouwd in de afgelopen decennia.

Datzelfde geldt voor de raffinagesector. Hierdoor is Nederlandse procesindustrie uitstekend gepositioneerd om in het kader van de energietransitie haar processen deels of geheel te vernieuwen om zo het fossiele grondstoffenverbruik fors te verminderen, de concurrentiekracht te verhogen en nieuwe exportmogelijkheden aan te boren, zo stellen Bollwerk en Groen.

Volgens ECN kan de procesindustrie haar energiegebruik met behulp van de nieuwe technologieën met 30 tot 40% omlaag brengen.

De industriële warmtepompen bijvoorbeeld kunnen een besparing van ruwweg 100 petajoule opleveren, overeenkomend met een zesde van het industriële energiegebruik, exclusief de inzet van fossiele brandstoffen als grondstof.

"Wil de Nederlandse procesindustrie hiervan de vruchten plukken, en niet toezien hoe de concurrentie dat elders zal doen, dan zal ze het nieuwe elan dat rond het Energieakkoord is ontstaan, moeten vasthouden en overgaan tot het testen en invoeren van diverse nieuwe technologieën. Veel bedrijven zijn daar al bij betrokken", concludeert Bollwerk. De overheid kan deze ontwikkeling volgens Bollwerk en Groen steunen door wat meer de regie te pakken met een gericht beleid en gerichte financieringsinstrumenten. Groen: "Fossiele energie en grondstoffen besparen doe je niet alleen omdat het moet, maar vooral ook omdat het nieuwe kansen biedt." Zij roepen energiebedrijven, apparaatleveranciers en chemische bedrijven die kansen rond elektrificatie samen willen benutten, op zich aan te sluiten bij de VoltaChem Community. □



VoltaChem is een innovatieprogramma van ECN, TNO, bedrijven uit de elektriciteitssector en chemiebedrijven, met als doel om nieuwe technologie te ontwikkelen om duurzame elektriciteit in de chemiesector om te kunnen zetten in warmte, waterstof en chemicaliën. Dit programma wordt ondersteund door de Topsector Chemie en het ministerie van EZ

INDUSTRIELE WARMTEPOMPEN EEN STAP VERDER

OP NAAR DE EERSTE FULL-SCALETOEPASSING, WIE DURFT?

Het denken over de circulaire economie gaat vooral over materialen en producten, en vrijwel nooit over energie. Dat komt omdat energie weliswaar nooit verloren gaat, maar exergie – het vermogen van die energie om arbeid te leveren – wél. In het geval van warmte wordt de exergie bepaald door de temperatuur: hoe hoger, hoe meer exergie. In de industrie spreken we van restwarmte wanneer de temperatuur te laag is geworden om de warmte opnieuw in het proces in te kunnen zetten. Om de industriële warmtehuishouding circulair te maken, is dus technologie nodig die door het toevoegen van arbeid de restwarmte opwerkt naar proceswarmte (met hoge temperatuur). Die technologie is de warmtepomp.

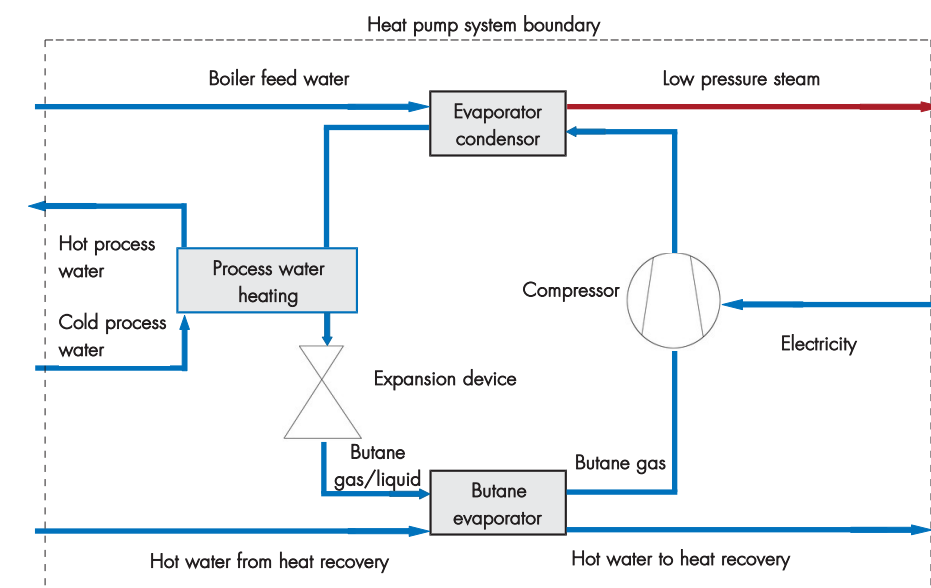
Anton Wemmers (ECN)

COMPRESSIEWARMTEPOMP

Er zijn meerdere thermodynamische cycli en daaraan gekoppelde technologieën mogelijk om een warmtepomp te maken. De meeste aandacht in dit artikel gaat naar de compressiewarmtepomp, een technologie die is gebaseerd op de reversed Rankine cycle met butaan als koudemiddel. In **Figuur 1** wordt een schema van deze warmtepomp weergegeven. De cyclus start in de verdampers waar met behulp van restwarmte butaan bij lage druk en lage temperatuur verdampt wordt. De lagedrukdampp wordt vervolgens door een compressor in druk verhoogd. Hier wordt de arbeid toegevoerd, nodig om van lage temperatuur naar hoge temperatuur te gaan. Bij hoge druk en hoge temperatuur wordt in de (water)verdampers/(butaan-)condensator de butaandamp gecondenseerd. De vrijkomende condensatiewarmte wordt gebruikt om lagedrukstoom aan te maken. De voelbare warmte in het butaancondensaat dat uit de verdampers/condensator komt, wordt vervolgens afgekoeld om proceswater te verwarmen. Op deze manier wordt meer warmte uit de warmtepomp gewonnen, zonder dat er meer arbeid aan de compressor hoeft te worden toegevoerd. Het maakt de compressor immers niet uit of de lagedrukdampp is ontstaan door flashen in het expansieorgaan of door verdamping in de verdampers. De laatste stap in de cyclus is drukverlaging van het butaan tot de verdampingsdruk in het expansieorgaan.

WAAROM BUTAAN ALS KOUEMIDDEL?

Het ontwikkelen van nieuwe technologie voor bulkproductieprocessen is lastig. De installaties zijn grootschalig en kapitaalintensief. Bovendien zijn proceseigenaren terughoudend om nieuwe technologie toe te passen vanwege de onzekerheden die dat met zich meebrengt. Voor hen is het productieproces een middel, geen doel, en vaak zijn energiekosten maar een beperkt deel van de totale productie-



Figuur 1: De reverse Rankine cycle warmtepomp

kosten. Om de ontwikkelingskosten zo veel mogelijk te beperken en zo veel mogelijk zekerheden met betrekking tot de gebruikte technologie te hebben, is ervoor gekozen een warmtepomp te ontwikkelen op basis van in de markt verkrijgbare componenten. De compressiewarmtepomp in het CATCHIT project is gebouwd met een compressor afkomstig uit de koeltechniek, platenwarmte-wisselaars, kleppen, vaten enzovoort die in de procesindustrie zeer algemeen gebruikt worden en een werkmedium, butaan, dat goed verkrijgbaar is, en waarvan de thermodynamische eigenschappen en de stabiliteit goed bekend zijn. De prijs die hiervoor wordt betaald is dat de temperatuurgebieden waarin de warmtepomp kan werken beperkt zijn. De brontemperaturen liggen tussen 50 °C en 100 °C, de proceswarmte is lagedrukstoom tussen 1,5 bara en 3 bara en heet proceswater tot circa 100 °C. De maximale temperatuurlift is ongeveer 70 K.

HET CATCH-IT PROJECT

In het CATCHIT project hebben Smurfit Kappa, de IBK-groep, Bronswerk Heat Transfer en ECN in ISPT kader samengewerkt om drie warmtepomptechnologieën verder te ontwikkelen:

- de thermoakoestische (TA) warmtepomp, elektrisch en gas aangedreven;
- de thermochemische (TC) warmtepomp;
- de compressiewarmtepomp (CWP).

De thermoakoestische warmtepomp is een warmtepomp gebaseerd op drukgolven waarmee een Sterling-cycle kan worden gevormd.

Het werkmedium is helium (of argon). De Sterling-cycle is omkeerbaar, waardoor het mogelijk is zowel mechanisch als thermisch aangedreven warmtepompen te maken. De werking van de thermochemische warmtepomp is gebaseerd op omkeerbare adsorptie-

en desorptiereacties. De thermochemische is hiermee altijd een thermisch aangedreven systeem. De thermoakoestische warmtepomp en de thermochemische warmtepomp hadden bij de start van het CATCH-IT project een TRL-niveau van ~ TRL 3..4. Een TRL-niveau van 3..4 betekent dat de werkingsprincipes zijn aangetoond, maar dat de werking van een compleet systeem nog niet is aangetoond.

De compressiewarmtepomp had bij start van het CATCH-IT project een TRL-niveau van ~ 6. De technologie is als koelmachine ruimschoots bewezen. Nieuw zijn het werkmedium, het gebruik van componenten uit de koeltechniek in een industriële warmtepomp en de integratie van de warmtepomp met het productieproces van Smurfit Kappa.

Doelstelling

Het doel van het CATCH-IT project is om alle drie de technologieën twee stappen in TRL-niveau te verhogen. Voor de thermoakoestische en de thermochemische warmtepomp betekent dit vooral veel werk bij Bronswerk Heat Transfer voor het maken van proefopstellingen, en bij ECN voor het uitvoeren van experimenten in het laboratorium in Petten. Het onderdeel compressiewarmtepomp is vooral veel werk geweest voor Smurfit Kappa PPT (technologiegroep) en Smurfit Kappa Papier Roermond (waar de experimenten hebben plaatsgevonden) en voor IBK (het ontwerpen en bouwen van de experimentele warmtepomp op een schaal van 200 KVV) en Bronswerk Heat Transfer voor de integratie met het productieproces.

Resultaten

De resultaten van de thermoakoestische en de thermochemische warmtepomp worden hier heel beknopt weergegeven.

De elektrische aandrijvingen en de gasgestookte TA-motor zijn experimenteel bewezen (van TRL ~ 3 tot TRL ~ 5). De verdere ontwikkeling moet zich richten op CAPEX-reductie. Voor de thermische-chemische warmtepomp is een nieuw, veelbelovend reactorconcept gevonden, het TRL-niveau is nog ~ 4, gelijk aan het begin van het project.

De verdere ontwikkeling moet zich richten op een gasgestookte TC-warmtepomp met hoge



Foto boven: de gebruikte Mycon compressor

Foto rechts: de warmtepomp op het dak bij Smurfit Kappa Papier Roermond



temperatuur.

Het CATCH-IT project heeft laten zien dat het goed mogelijk is om op basis van bestaande componenten een industriële warmtepomp te bouwen en deze te integreren met het productieproces. Hoewel de brandbaarheid van het werkmedium geen fundamenteel probleem is, is er wel aandacht voor veiligheid nodig tijdens het ontwerp, de bouw en het bedrijven van de warmtepomp.

Een belangrijk onderdeel van de experimenten was het vergelijken van de berekende prestaties met de gemeten prestaties van de warmtepomp.

De prestaties van een warmtepomp worden uitgedrukt in de Coefficient Of Performance (COP). De COP is de verhouding tussen geleverde proceswarmte en toegevoerde elektriciteit. In het geval van de butaanwarmtepomp worden twee COP gehanteerd:

- **COP_{stoom}** die aangeeft hoeveel stoom wordt gemaakt en
- **COP_{stoom + warm water}** die aangeeft hoeveel stoom en warm water worden gemaakt per eenheid elektriciteit.

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van een aantal werkpunten.

		THEORETICAL		MEASURED	
MEASUREMENT DATE	STEAM PRESSURE [bar(g)]	COP _{ST-EAM} [-]	COP _{ST-EAM + HOT WATER} [-]	COP _{ST-EAM} [-]	COP _{ST-EAM + HOT WATER} [-]
MRT'15	0,5	3,7	5,1	3,6	5,1
OKT'15	0,8	3,3	4,9	3,0	4,7
OKT'15	1,4	2,7	4,5	2,6	4,6
OKT'15	2,0	2,2	4,3	2,2	4,6
OKT'15	2,4	2,0	4,2	1,9	4,4
T _{evap} 54°C .. 55°C					

Tabel 1: Vergelijking van berekende en gemeten waarden van de butaancompressiewarmtepomp voor een aantal werkpunten

Belangrijkste conclusie

De prestaties van de warmtepompen in ontwikkeling zijn nog niet optimaal maar wel al voldoende hoog om tot een werkende businesscase te komen, mits de CapEx voldoende laag is. De belangrijkste conclusie uit het CATCH-IT project is dan ook dat bij de verdere ontwikkeling van warmtepomptechnologie de aandacht gericht moet worden op CAPEX-reductie. □

Ontwikkelingen in de markt

Vanuit het perspectief van de warmtepomp tekenen zich de laatste jaren een aantal verschillende trends af. Als eerste nemen de kosten per GJ voor elektriciteit af ten opzichte van de kosten per GJ voor brandstoffen. Voor elektrisch aangedreven warmtepompen is dit een gunstige trend. Daarnaast speelt de overheid een rol door steeds strengere eisen te stellen aan het energiegebruik en de emissies.

De meest interessante ontwikkeling is echter dat voor grote merkeigenaren zoals Unilever, Heineken, Coca Cola enzovoort een lage footprint van hun producten een steeds belangrijker onderdeel in de marketing aan het worden is. Het grootste deel van de footprint van hun producten wordt gevormd door materialen en grondstoffen die ze inkopen, en dus zetten de grote merkeigenaren hun toeleveranciers in toenemende mate onder druk om materialen en grondstoffen met een lage footprint te leveren. Energie-efficiency wordt op deze manier steeds meer een onderdeel van de business in plaats van een kostenbesparing. Bovengenoemde trends worden ook opgemerkt door de maakindustrie. Er melden zich steeds meer partijen die actief zijn of willen worden in het ontwikkelen en leveren van industriële warmtepompen. Tegelijkertijd kijken ze de kat uit de boom vanwege de kosten en de onzekerheden die samenhangen met het ontwikkelen en toepassen van nieuwe technologie in bulkproductieprocessen.

De markt voor industriële warmtepompen heeft momenteel veel weg van een *sur place* in de wielrennerij. Er is iemand nodig die de kop durft te nemen en de wedstrijd open breekt. Vandaar de subtitel:

Op naar de eerste full-scaletoepassing, wie durft?

INSIDE INDUSTRY

THEMA PERSLUCHT

KENNIS- EN NETWERKEVENT FOCUST OP
ENERGIE-EFFICIENTIE VAN PERSLUCHTVERBRUIK

Op donderdag 29 september 2016 vindt in het bioscoopcomplex Kinopolis in Antwerpen een boeiende themamiddag plaats rond het thema perslucht. Enkele voorlopers en experts inzake pneumatiek komen er getuigen over hun praktijkervaringen. Een niet te missen afspraak voor al wie met perslucht begaan is.

Bart Denys

Uit studies blijkt dat veel persluchtinstallaties en compressoren niet goed gedimensioneerd, afgesteld of onderhouden zijn. Dit betekent in de praktijk vaak grote energieverliezen en dus oplopende kosten.

Inside Industry 2016 brengt daarom de voorlopers en specialisten op het vlak van perslucht samen voor een inspirerende thema- en netwerkmiddag. Met boeiende lezingen, technische innovaties, casestudy's en video's uit de praktijk wordt dieper ingegaan op het slim en efficiënt inzetten van perslucht. De inhoud van het event is gericht op betrokken verantwoordelijken binnen alle productiebedrijven in de industrie, bouw-, maintenance-, auto- en petrochemie-sector. Voor, tussen en na de lezingen tonen de eventpartners hun innovatieve oplossingen.

PROGRAMMA

• **12.15 u. – 13.15 u.:**
Aperitief + broodjeslunch

• **13.15 u. – 15.15 u.:**

- Energie-efficiëntie: wens of wet?
(*Rinus Simonis – Biasset*)



Rinus Simonis – Biasset

- Advies op basis van inzicht met een AirAudit
(*ing. Hendrik Deforche – CompAir Geveke*)
- Standaardlekken en -energieverliezen in de praktijk
(*ing. Karel Van Herp – Pneumatieservice*)
- Hoe geld verdienen met lucht?
(*Olivier d'Achard van Enscht – KDS Lekkage Management*)

INSIDE INDUSTRY

- Energie-efficiëntie: méér dan persluchtlekken alleen
(*Aldo Zottos – Festo*)

• **15.15 u. – 15.45 u.:** koffiepauze

• **15.45 u. – 17.15 u.:**

- Meten is weten: betrouwbare meetinstrumenten voor een effectief persluchtbeheer
(*Jeroen Wynants – Endress+Hauser Belux*)
- Frequentiegestuurde persluchtinstallaties
(*ing. Jan Smets – Atlas Copco*)
- De (r)evolutie van schottencompressoren
(*Marc Lens – AF Belgium*)
- Wettelijke bepalingen inzake de reglementering voor persluchtinstallaties
(*Geert Haezebrouck – Vinçotte*)

• **15.15 u. – 15.45 u.:** netwerkborel

PRAKTISCHE INFO

- **Wanneer?**
do 29 september 2016
van 12.15 u. tot 18.00 u.
- **Waar?**
Kinopolis Antwerpen
- **Toegang?**
Gratis voor industrieprofessionals na registratie via:
<http://insideindustry.pmg.be>
- **Eventpartners:**
Gold: AF Belgium, Atlas Copco, CompAir Geveke, Endress+Hauser, Festo, KDS Lekkage Management
Silver: Boge Kompressoren



Better Mobility. Better Life.

The full range of
mobility solutions.



TENTE WIELEN B.V.

Noorderdreef 66 NL-2153 LL Nieuw-Vennep
T +31 (0)2 52 62 03 54
F +31 (0)2 52 62 00 54
info@tente.nl
www.tente.com



COMPACTE WARMTEOPSLAG IN WONINGEN EN INDUSTRIE

OP WEG NAAR EEN DUURZAME TOEKOMST

Onderzoek naar alternatieve en hernieuwbare energie zit onder impuls van de noodzaak tot energiebesparing en duurzaamheid al enige jaren in de lift. Dit artikel belicht de diverse vormen van warmteopslag en gaat dieper in op de principes van thermochemische opslag. Verder wordt het Europese MERITS-project voorgesteld en wordt bekeken welk potentieel er is voor stedelijke en industriële toepassingen.

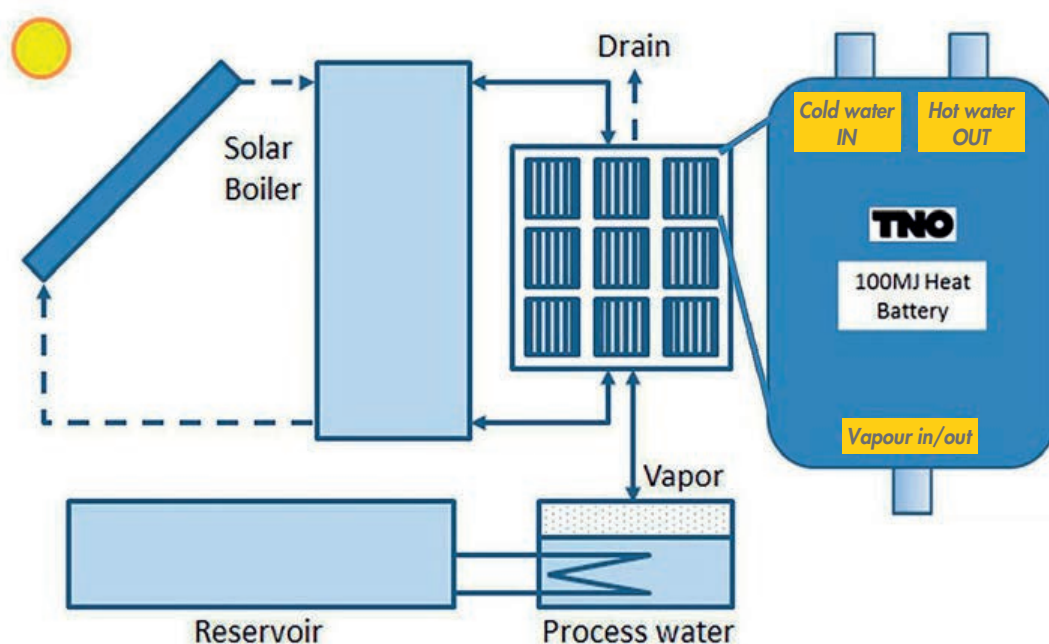
dr. ir. Ruud Cuypers, ir. Christophe Hoegaerts & dr. ir. Mark Roelands (TNO)

WARMTEOPSLAG: WAAROM?

De laatste jaren vindt het onderzoek naar alternatieve energie weer de weg omhoog, gedreven door energiebesparing en duurzaamheid. In een Nederlandse woning voorziet aardgas in twee-derde van de totale energievraag, voor de resterende één-derde wordt elektriciteit gebruikt. Om de geleidelijke overgang naar energieneutrale gebouwen mogelijk te maken is het noodzakelijk om gebouw-geïntegreerde hernieuwbare energietechnologieën toe te passen. Zonne-energie is de best beschikbare duurzame energiebron. Echter, vanwege voor de hand liggende problemen van warmteverliezen en ongelijkmatigheid van vraag en aanbod (dag/nacht, zomer/winter) kan warmte met name gebruikt worden op het moment van beschikbaarheid, bijvoorbeeld bij aanwezigheid van restwarmte en met beperkte verliezen. Warmte-overschotten kunnen slechts zeer beperkt op andere locaties worden aangewend, en aangezien warmte slechts 'beperkt houdbaar' is kan een groot deel van de warmte überhaupt niet nuttig worden gebruikt. Om het nuttig gebruik van warmte minder afhankelijk te maken van beschikbaarheid (ontkoppeling van vraag en aanbod) wordt warmteopslag toegepast.

VERSCHILLENDE VORMEN VAN WARMTEOPSLAG

Verliesvrije compacte en goedkope warmteopslag zou het gebruik van duurzaam opgewekte warmte en/of restwarmte aanzienlijk kunnen verhogen. Er bestaan verschillende vormen van warmteopslag: voelbare opslag, latente opslag (d.m.v. fase-overgangsmaterialen), en thermochemische opslag.



Deze schematische voorstelling van het MERITS-project toont het principe van thermochemische warmteopslag voor seizoensopslag: zonnearmte in de zomer wordt efficiënt en compact opgeslagen voor gebruik voor verwarming en warmwatervoorziening in de winter.

- Bij **voelbare opslag** wordt gebruik gemaakt van de warmtecapaciteit van een vloeistof of vaste stof. Door verwarming kan een hoeveelheid warmte in een dergelijk materiaal voelbaar worden opgeslagen, bijvoorbeeld in warmwatersystemen. Er zou ruwweg een hoeveelheid van 50 m³ water nodig zijn voor 10 GJ (2778 kWh) opslag, maar zelfs wanneer er ruimte beschikbaar zou zijn wordt dat onhaalbaar vanwege wezenlijke verliezen. Daarentegen is het wel een zeer beproefd recept en een goedkope optie.
- Bij **latente warmteopslag** wordt slim gebruik gemaakt van smelten en stollen van bepaalde klassen materialen (faseovergangsmaterialen, phase change materials, PCMs). Voorbeelden hiervan zijn water/ijs, verschillende soorten zouten, of paraffines (met

opslagdichtheden grofweg tussen 0,20 – 0,40 GJ/m³; 56 – 111 kWh/m³). Hoewel enigszins compacter dan voelbare opslag spelen ook hier verliezen een relevante rol. Toepassing van latente warmteopslag is momenteel mogelijk op pilotschaal voor verschillende toepassingen en op zeer uiteenlopende temperatuurniveaus.

- Over **thermochemische opslag** spreekt men wanneer reactiewarmte (enthalpie) van door relevante temperatuur omkeerbare chemische reacties nuttig wordt gebruikt. In principe zijn hiermee zeer hoge opslagdichtheden te behalen (maximaal 1-3 GJ/m³ of 278 – 833 kWh/m³ op materiaalniveau bij reversibel doorlopen van typische sorptiereacties voor zouten bij temperaturen van 60-140 °C), en is er in principe geen behoefte aan thermische isolatie voor de duur van de opslag.

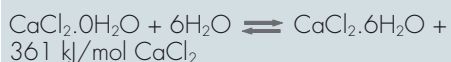


In het MERITS-project werken diverse Europese partners samen om de techniek voor warmteopslag te demonstreren. In deze mobiele testopstelling zijn acht modules met elk een capaciteit van ongeveer 35 kg ingebouwd. Met deze container zijn tests uitgevoerd in Spanje (zomer) en Polen (winter).

Thermochemische opslag: principe

Voorbeelden van thermochemische opslag zijn adsorptie – desorptiereacties (van b.v. water in zeolieten of silicagel) of absorptie – desorptiereacties (van bv. water in bepaalde geschikte zouten).

Een voorbeeld van een reversibele reactie binnen een redelijk temperatuurgebied is de volgende:



Deze manier van opslag geeft een hoge theoretische warmteopslagcapaciteit (maximaal 2,8 GJ/m³ of 777,8 kWh/m³ op materiaalniveau). Wanneer de teruggaande reactie bij een voldoende hoge desorptietemperatuur wordt doorlopen, vormt CaCl₂·6H₂O weer de uitgangsubstantie (water en gedroogd zout) die gescheiden moeten worden opgeslagen. Anders dan bij voorgaande voorbeelden is hier geen sprake van warmteopslag bij een bepaalde temperatuur; omdat hier sprake is van een veranderde chemische potentiaal kunnen de reactieproducten na gebruik afzonderlijk worden afgekoeld naar kamertemperatuur maar blijft de energie opgeslagen. Pas wanneer de reactieproducten weer worden samengevoegd komt de beschikbare energie weer vrij in de vorm van warmte. Er is voor de duur van de opslag dus in principe geen behoefte aan thermische isolatie en dit biedt daarom perspectief voor verliesvrije opslag met theoretisch een zeer hoge opslagdichtheid. Randvoorwaarden die hierbij verder nog een rol spelen zijn cycleerbaarheid (hoeveel cycli kan een systeem stabiel doorlopen), veiligheid en toxiciteit, en kosten.

MATERIAAL, COMPONENT EN REACTORONTWIKKELING

Bij de optimalisatie van het gebruik van deze methode dient rekening te worden gehouden met verschillende zaken; componenten die benodigd zijn voor dergelijke compacte warmteopslag zijn o.a. opslagvat, leidingwerk, warmtewisselaars, etc. Daarbij moet een werkbaar laad- en ontladingsalgoritme worden toegepast om zoveel mogelijk warmte nuttig te gebruiken. Bovendien moet worden opgemerkt dat de genoemde materialen meestal corrosief zijn, en dat de hogere hydraten bij relatief lage temperatuur vloeibaar worden. Om een langdurige stabiele heen- en teruggaande reactie te waarborgen moeten veiligheidsprincipes worden ingebouwd, moet het materiaal waarschijnlijk worden gestabiliseerd en moet de te gebruiken randapparatuur terdege worden beschermd door bijvoorbeeld een coating. Dit heeft als resultaat dat deze opslagtechnologie grofweg een opslagdichtheid heeft van ongeveer 0,6 – 1,5 GJ/m³ (150 – 400 kWh/m³) op systeemniveau. Om dit te bereiken dienen zowel het materiaal, de warmtewisselaars, en de reactoren geoptimaliseerd te worden.

MERITS

More Effective use of Renewables Including compact seasonal Thermal energy Storage

In het MERITS project (www.merits.eu, FP7 grant agreement nr. 295983), een project in het Zevende Kaderprogramma van de Europese

Unie, wordt binnenkort een demonstratie installatie opgeleverd die het principe van thermochemische warmteopslag voor seizoensopslag aantoonst: zonnecollectoren in de zomer worden efficiënt en compact opgeslagen voor gebruik voor verwarming en warmwatervoorziening in de gebouwde omgeving in de winter.

Partners

In het MERITS-project werken diverse Europese partners samen om de techniek voor warmteopslag te demonstreren. Het doel is om een prototype te bouwen van een volledig functionerende compacte en oplaadbare warmtebatterij die bijvoorbeeld zou passen in een kelder of ingegraven in een tuin. Parallel hieraan worden businessmodellen en een strategie voor introductie in de markt ontwikkeld. Het project wordt uitgevoerd door vier onderzoeksinstituten (TNO, VITO, Tecnalia, Fraunhofer), een universiteit (University of Lleida), een MKB (De Beijer RTB) en twee industriële bedrijven (Mostostal, Glen

Dimplex).

Hydraatzout als warmteopslagmateriaal

In dit project is gekozen om te werken met een hydraatzout als warmteopslagmateriaal, met een hoge warmteopslagcapaciteit van maximaal circa 2,8 GJ/m³ (circa 777 kWh/m³) op materiaalniveau. Dit zout heeft weliswaar een hoge warmteopslagcapaciteit en een hydraatovergang in het gewenste temperatuurbereik, maar de toepassing in een warmtebatterij vereist ook aandacht voor de chemische, fysische en mechanische stabiliteit tijdens de

absorptie/desorptie cyclus.

Systeempopzet

De warmtebatterij zelf bestaat uit een vacuüm vat met twee compartimenten boven elkaar. In het bovenste compartiment bevindt zich het zouthydraat bed met daarin een warmtewisselaar. Door de warmtewisselaar stroomt in de zomer heet water (van de zonnecollector) en in de winter het water dat moet worden opgewarmd. Het onderste compartiment van het vat fungeert als waterreservoir. Hierin bevindt zich een tweede warmtewisselaar. In de winter fungeert deze als verdampert om waterdamp te leveren voor absorptie in het zouthydraat en in de zomer als condensor om de vrijkomende waterdamp te condenseren. De bodemwarmtewisselaar is verbonden met een externe laagtemperatuur warmtebron (circa 10°C in de winter en circa 20°C in de zomer). Het moge duidelijk zijn dat om water van 10°C te kunnen verdampen, het systeem onder vacuüm moet worden bedreven.

Tenslotte zit er tussen de twee compartimenten een klep die wordt gesloten zodra het zouthydraat bed is drooggestookt in de zomer en die weer wordt geopend in de winter wanneer er warmte moet worden geleverd. Voor het systeem is de interactie tussen zouthydraat en de constructiematerialen kritisch. Corrosie is ongewenst en in het project is daarom veel aandacht besteed aan het coaten van de metalen onderdelen. Andere aspecten die aandacht nodig hadden om een goede werking te waarborgen, zijn de lektheid van het vacuüm vat en de uitvoering van de klep tussen de twee compartimenten. Tenslotte moest het warmte-opslagvat worden ingepast als onderdeel in het grotere systeem met o.a. zonnecollector en buffervat.

Uitdagingen bij opschaling

Bij het ontwerp van de warmtebatterij spelen stof- en warmteoverdracht een belangrijk rol. Het poreuze bed van zouthydraatkorrels moet toegankelijk zijn voor waterdamp (in en uit). Tegelijk is goede warmteoverdracht gewenst tussen de zoutkorrels en de warmtewisselaar. De snelheden van stof- en warmteoverdracht moeten weer in lijn zijn met de kinetiek van de overgang van het ene zouthydraat kristal-rooster naar dat van het andere hydraat. Deze karakteristieken van het systeem zijn gemodelleerd om ze beter te begrijpen en op elkaar af te stemmen.

In het project is een getrapte aanpak gevolgd waarbij de verschillende componenten eerst op laboratoriumschaal zijn getest en vervolgens zijn opgeschaald in twee stappen, eerst op een schaal van circa 10 kg en daarna van 35 kg. Voor deze aanpak was ook opschaling nodig van de productiemethode voor de zouthydraatkorrels – met behoud van eigenschappen zoals de warmte-opslagcapaciteit van het materiaal. Door middel van smelten en stollen in batches van 90 kg is de gewenste hydratatietoestand van het materiaal verkregen voor gebruik in de opgeschaalde modules. Vervolgens is het verkregen poeder door middel van extrusie tot korrels verwerkt om de warmteopslagdichtheid verder te verhogen, en zijn de pellets per batch van 45 kg in de warmtewisselaars gebracht.

Uitdaging bij ontwikkeling en opschaling van de warmtebatterij is het op systeemniveau handhaven, of beter gezegd, niet al te zeer reduceren van de warmteopslagcapaciteit van het materiaal. In de warmtebatterij is naast het zouthydraat ook ruimte nodig voor damptransport (porositeit), voor het waterreservoir en voor de warmtewisselaars. Voor het huidige systeem kan een warmteopslagdichtheid van circa 0,20 GJ/m³ (56 kWh/m³ systeemniveau) worden bereikt met zicht op een verdere verhoging door optimalisatie. De acht modules met elk een capaciteit van

ongeveer 35 kg (Field Test Demonstrator) zijn ingebouwd in de mobiele testopstelling

MET ZOUTHYDRATEN KAN IN PRINCIPE EEN HOGERE WARMTEOPSLAGCAPACITEIT WORDEN GEHAALD DAN MET SILICA/ZEOLIET OMDAT ZOUTHYDRATEN PER M³ MEER WATERDAMP KUNNEN OPNEMEN

(container). Met deze container zijn tests uitgevoerd in Spanje (zomer) en Polen (winter).

POTENTIE GEBRUIK RESTWARMTE: GEBOUWDE OMGEVING & INDUSTRIE

Op basis van de voorlopige resultaten van het MERITS project (de Jong, 2015), wordt geconcludeerd dat de gebouwde omgeving in de toekomst tot 100% van de benodigde warmte in de winter kan betrekken uit zonnewarmte die opgeslagen is in de zomermaanden.

De techniek voor warmte-opslag met thermochemische materialen is niet alleen toepasbaar in de gebouwde omgeving maar kan in principe ook worden toegepast voor opslag van industriële (rest)warmte.

Onderzoeksvraag hierbij is o.a. de selectie van geschikte en betaalbare materialen voor warmte-opslag bij hoge temperaturen (>100 °C). Zeoliet/silica heeft als voordeel dat het materiaal tijdens cycleren stabiel is. Met zouthydraten kan daarentegen in principe een hogere warmteopslagcapaciteit worden gehaald dan met silica/zeoliet omdat zouthydraten per m³ meer waterdamp kunnen opnemen. Wel is vereist dat de absorptie van waterdamp door het zouthydraat optreedt bij een voldoende hoge temperatuur waarbij warmte vrijkomt (T>100 °C). Een andere categorie materialen (momenteel in onderzoek bij ECN (Kleefkens 2014) betreft zoutammoniakaten. Ammoniak kan verdampen bij temperaturen lager dan omgevingstemperatuur zonder dat er vacuüm benodigd is.

TOEKOMST

Aan de ontwikkeling van warmtebatterijen en de toepassing voor verwarming en warm water wordt verder gewerkt in het EU project CREATE (gestart eind 2015, www.createproject.eu, grant agreement nr. 680450). Doel van dit project is om een volgende slag te maken op gebied van warmteopslagdichtheid, ontwikkeling en industrialisatie van de systemen en deze vervolgens te demonstreren onder praktische condities op een schaal van een (klein) gebouw. In dit project werken kennisinstellingen als TNO en TU/e onder andere samen met o.a. industrie partners Caldic, Tessenderlo Chemie en Dow en apparatuurbouwer Vaillant op het gebied van materialen en componenten. Daarnaast zijn partners AEE INTEC, Luvata, EDF, D'Appollonia, Mostostal en FENIX onmisbaar voor het ontwerp, de bouw, het testen en het demonstreren van het systeem in de gebouwde omgeving.

Daarnaast wordt in het ISPT-project LOCOSTO

(www.ispt.eu/projects/running-projects) door ECN en TNO met industriële partners Perstorp en Dow de toepassing van een andere categorie materialen voor warmte-opslag in de industrie onderzocht. Het betreft hier zogenaamde Phase Change Materials (PCMs) die industriële warmte (T>100 °C) kunnen opnemen en afgeven. □

Referenties

www.merits.eu & daargenoemde referenties

www.ispt.eu/projects/running-projects

www.createproject.eu

[Kleefkens 2014] O. Kleefkens, S. Spoelstra, R&D on Industrial Heat Pumps, ECN-M-14-039, July 2014

[de Jong 2015] A.J. de Jong, L. van Vliet, C. Hoegaerts, M. Roelands, R. Cuyper, Thermochemical heat storage – from reaction storage density to system storage density (accepted for publication in Energy Procedia 2016)



MERITS binnenzijde FTD (Field Test Demonstrator):
rechts 1 van de 8 geïnstalleerde TCS modules,
rechtsachter korte termijnopslag, links koeling.

GETTING ALGAE INGREDIENTS APPLIED

Photo: Pieter Machielsen - NFP Photography

THE GAIA PROGRAM

In order to realize an algae biorefinery demonstration, the GAIA-program (Getting Algae Ingredients Applied) was initiated, together with industrial partners from various sectors. Within GAIA various applications within food, feed, pet-food and chemical industry are used as drivers for the development of a sustainable and economically viable new biorefinery. The utilization of multiple components from algae is required to justify the cultivation and biorefinery costs. The diversity of the partners was therefore of great importance for the success of the program. The biggest challenge in this bio-refinery approach is that the separation process of one component should

not interfere with or damage other components. This resulted in a process consisting of a mild cell disruption technique with separation processes with increasing severity further downstream. The main unit operations in this algae biorefinery processes are: bead milling, centrifugation, membrane filtration (micro and ultrafiltration) and drying (vacuum, tray and spray drying). Parallel to this process line further purification of the product fractions can be done by liquid-liquid extraction and chromatography. Unit operations covering these steps on a small industrial scale were also incorporated in the pilot unit that was

Sustainably fulfilling nutritional and consumer needs of a growing world population is currently one of mankind's greatest challenges. For algae, as a new and sustainable feedstock, the challenge is to make the production of algae ingredients (such as lipids, proteins, carbohydrates, micronutrients and antioxidants) economically viable on industrial scale. To date, the vast majority of research on algae has been directed at cultivation and the conversion of algae biomass into biofuel (1). Very little attention has been paid to the biorefinery of algae biomass, for new ingredients and applications.

Ir. Peter Geerdink, dr. ir. Corjan van den Berg & drs. Monique Wekking (TNO)

constructed to demonstrate the integrated biorefinery. The use of such equipment allows for extrapolation of the results to larger scales with congruent business cases. This was one of the key deliverables of the project.

THE VALORIE PILOT PLANT

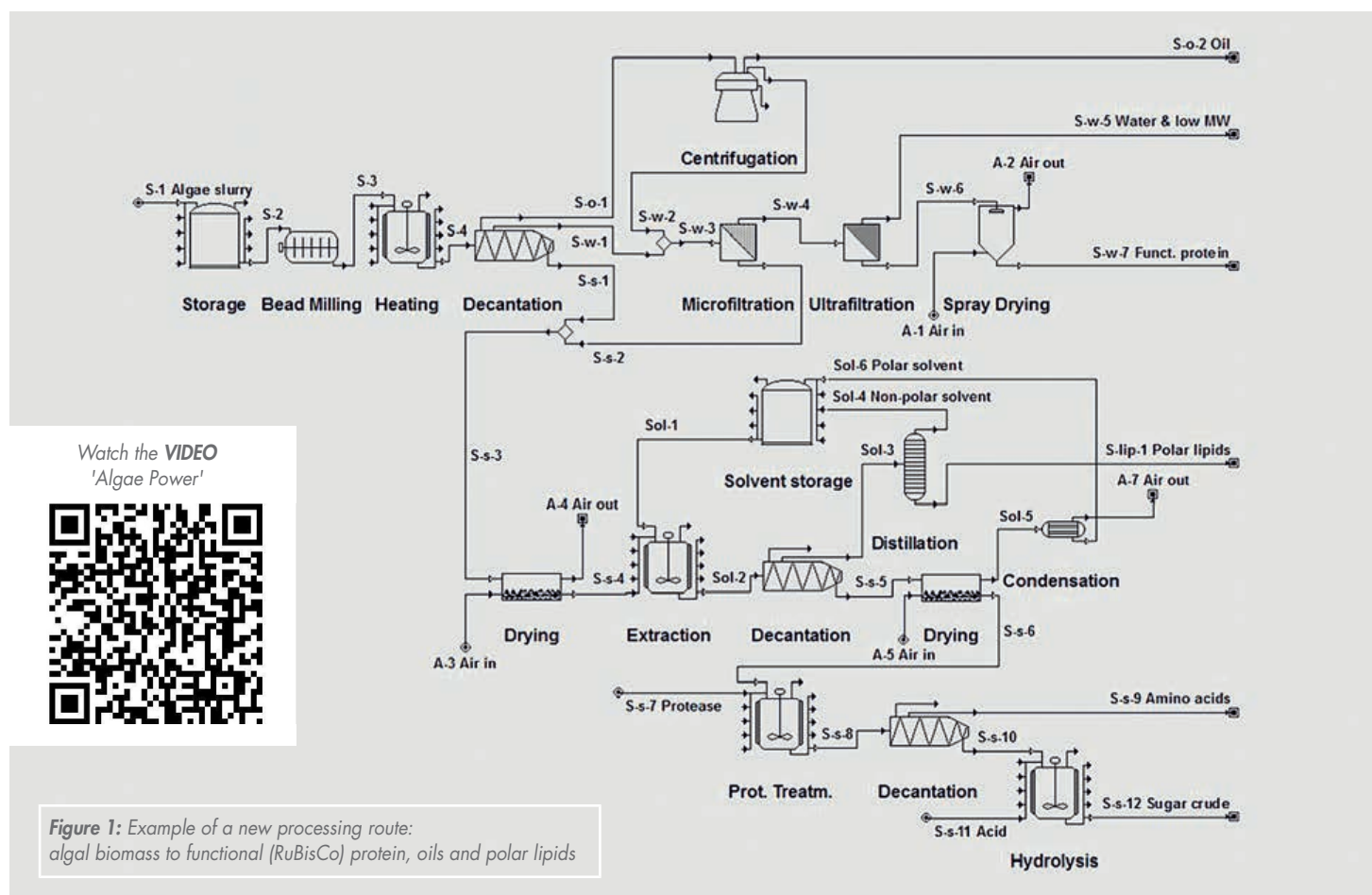
The unit operations have been mounted in a 20-foot container to allow on-site trials, next to where the algae are produced since processing of fresh algal biomass is highly desired. The pilot plant has been named VALORIE, which is an acronym for Versatile Algae On-site Raw Ingredients Extractor and was developed together with Algae Food and Fuel with financial support of RVO. On-site, the pilot plant only requires a water connection, an electric power supply and a drain in order to operate. VALORIE was taken into operation on the site of the Wageningen University in Lelystad, where algae are grown in large amounts.

INITIAL SET-BACKS

With the first experiments practical difficulties regarding algae processing were discovered. For example the VALORIE unit had a problem with handling sand. Algae, harvested from open ponds, contain sand and this accumulated in the bead mill. Pressure drop over the mill increases until the machine has to be opened and cleaned. Also the algae



The unit operations have been mounted in a 20-foot container to allow on-site trials, next to where the algae are produced since processing of fresh algal biomass is highly desired



harvesting process concentrates bacteria. The bacteria are smaller than algae and generally survive the mild disruption step in the bead mill, feasting on the disrupted material. The sand issue has been solved by moving the intake from the algae harvesting system in the pond up from the ground. This intake was situated in the lowest point of the raceway pond, where, besides algae, most sand was accumulated. In future algae harvesting systems it is advised to install desanding hydro cyclones to solve this issue permanently. The removal of sand allowed us to properly study the cell disruption in the bead mill. The bacteria issues was solved by moving to another algae supplier that was able to produce algae which much lower bacterial contamination. Combined with fast processing and keeping process temperatures low it was possible to perform downstream processing of algae. After these major startup issues had been solved accordingly, the study on algae refining could take place in greater detail.

NEW PRODUCTS AND INGREDIENTS

Within the project new processing routes have been developed to produce algae-derived ingredients for various applications. First of all these new processing routes were build up from unit operations that allow for mild processing, in order to keep ingredients as naturally functional as possible. This means that throughout the process, temperatures should remain low, hold-up times should be avoided and key separation steps should be moved upstream in the process. This last point is most important for the production of functional protein, since naturally occurring components in the algae cell, especially enzymes, can

degrade or affect the protein to a great extent. A short heat treatment at 50°C, combined with centrifugation removes cell debris from the soluble protein fraction, after which the supernatant can be filtered with 100 kDa ultrafiltration membranes, removing the small enzymes from the large (500+ kDa) RuBisCo protein. With the VALORIE unit several batches of algae products have been produced that were used in application tests. These applications tests have in some cases led to new products and in other cases to replacement of ingredients or base materials in feed additives, food products and paint. An example of such a new process is displayed in **Figure 1**, where we are purifying soluble RuBisCo protein, oils and polar lipids from a nanochloropsis algae species. Similar to this, multiple processes have been developed. Examples of products are drying oils and pigments in paint and additives in poultry feed with a potential beneficial effect on yolk color and antibiotics use. The latter is currently assessed in feed trials.

PROCESS OPTIMIZATION

Besides the production of batches of material for the partners, VALORIE has been used to give an insight in the economics of the biorefinery process. Currently, most literature regarding algae refinery processes greatly overestimate the energy requirements of such processes (2). This overestimation is partly caused by the extrapolation of results on laboratory equipment to full scale units. With VALORIE the energy consumption of future algae biorefineries has been reduced with almost a factor 10. The most energy intensive step in algae refining is the cell disruption. By collaborating with Bühler,

who supplied the bead mill used for the mild disruption of the algae, a very large step forward could be made in terms of energy efficient cell disruption, increasing capacity of the machine, while reducing the energy input dramatically.

OUTLOOK

The program finished in December 2015 with promising results, but realization of an integrated algae biorefinery requires additional work. An important factor left out of scope in the GAIA project is the algae growth. The availability of algae biomass is still very limited and the price of algae material is very high. Besides this the quality of available algae biomass is questionable to say the least. As with all biorefinery processes, a close collaboration with the primary sector is of key importance. In the end, the quality of the crops determines the quality of the end-products coming from the biorefinery. In order to tackle this gap in the development, we will continue to collaborate with other R&D partners as well as algae cultivation companies in Europe to bring the algae biorefinery to the next level. On short notice, technology developed in the GAIA project will be applied in practice in the feed additive market, if feeding trials confirm the anticipated beneficial effects of the algae products on poultry. □

(1) Benneman J. 2013. Microalgae for biofuels and animal feeds. *Energies* 6:5869-5886.

(2) Doucka J, Livanský K. 2008. Influence of processing parameters on disintegration of *Chlorella* cells in various types of homogenizers. *Applied microbiology and biotechnology* 81: 431-440

"WE GAAN VOOR DE ALLERBESTE WETENSCHAPPERS"

ADVANCED RESEARCH CENTER CHEMICAL BUILDING BLOCKS CONSORTIUM



Bert Weckhuysen (links, hoogleraar anorganische chemie en katalyse, Universiteit Utrecht) en **Adrie Huesman** (ETC advisor, Shell): "Door het samenbrengen van partijen uit diverse sectoren vergroot je de kans dat mensen elkaar inspireren. Dit leidt tot een vruchtbare kruisbestuiving" (foto: FHI - Henk Tukker)

De chemische sector is een consortium rijker in de vorm van ARC CBBC, wat staat voor: Advanced Research Center Chemical Building Blocks Consortium. Een serieus zwaargewicht waarin wereldspelers in de chemie gaan samenwerken met de beste wetenschappers uit de academische wereld. De organisatie richt zich daarbij expliciet op langdurig fundamenteel onderzoek op het vlak van energiedragers, functionele materialen en coatings om onder meer een antwoord te geven op het wereldwijd groeiende beroep op een eindige voorraad grondstoffen.

Ing. M. de Wit- Blok

Vruchtbare kruisbestuiving

"Daarnaast vonden we het belangrijk dat binnen het nieuwe consortium fundamenteel en langdurig onderzoek wordt uitgevoerd dat interessant is voor verschillende sectoren binnen de chemie en uiteraard maatschappelijke relevantie heeft. Dit vergroot het draagvlak binnen zowel het bedrijfsleven als de overheid. Tevens is de kans op daadwerkelijk succes groter op het grensvlak van twee of meer

mogelijk is met de bouwstenen van materialen die in overvloed beschikbaar zijn, zoals methaan, stikstof en koolstofdioxide. Methaan kun je bijvoorbeeld uitstekend omzetten naar synthesesgas of verbranden, maar kunnen we er bijvoorbeeld ook rechtstreeks C_2 verbindingen, zoals etheen, van maken? Door onderzoek te doen naar dergelijke vraagstukken en ideeën, positioneert het onderzoekscentrum zich als organisatie die een leidende rol speelt in onderzoek richting onder andere circulaire economie, duurzame chemische processen en schone energie."

Energiedragers

Ten aanzien van de onderzoekslijn energiedragers is de achterliggende gedachte dat een flexibele combinatie van verschillende hernieuwbare en niet-hernieuwbare grondstoffen en energie noodzakelijk is voor de energietransitie. Het laatste komt in essentie neer op het realiseren van meer energie en het verlagen van de uitstoot van kooldioxide. Methaan is bijvoorbeeld een aantrekkelijke transitiebrandstof maar kan op termijn ook dienen als grondstof voor chemische producten. Enkele thema's in dit kader zijn directe methaan activatie, de opslag van hernieuwbare energie in chemische verbindingen, methanol als alternatieve energiedrager en het inzetten van CO_2 als chemisch bouwsteen. Uiteraard met het oog op de mogelijkheid de bijbehorende chemische processen tegen aanvaardbare kosten en op grote schaal te kunnen realiseren.

Functionele materialen en specials

Onder de titel 'functionele materialen en specials' zal het onderzoek zich richten op de toepassing van 'slimme' materialen die een bijdrage leveren aan de veiligheid en het comfort van gebouwconstructies, transport en klimaatbeheersing. Subthema's in dit kader zijn de mogelijkheden om deze materialen in een later stadium te recyclen, de maakbaarheid van de materialen en het streven naar een minimale ecologische footprint. De 'intelgentie' van de materialen zit onder meer in

ARC CBBC

De kans dat een individu in deze tijd binnen de chemie een ontdekking doet die als 'echte doorbraak' is te bestempelen, is relatief klein. Wetenschappers en bedrijven zitten inmiddels zo diep in de materie, dat doorbraken praktisch alleen nog te realiseren zijn door middel van samenwerkingsverbanden waarbij specialistische kennis van diverse wetenschappelijke disciplines wordt samengebracht op de grensvlakken van deze disciplines. Deze gedachte in combinatie met de wens om maatschappelijke vraagstukken op het vlak van onder meer schone energie, duurzaamheid en een circulaire economie op te lossen, staat aan de basis van het tot stand komen van een consortium waaraan zowel het bedrijfsleven en universiteiten als de overheid deelnemen: ARC CBBC. Eén van de initiatiefnemers, Bert Weckhuysen, hoogleraar anorganische chemie en katalyse aan de Universiteit Utrecht geeft aan: "Dit consortium onderscheidt zich op belangrijke punten van bestaande samenwerkingsverbanden. Zo willen we met een beperkt aantal partijen samenwerken zodat we in een relatief kort tijdsbestek beslissingen kunnen nemen en stappen kunnen maken."

wetenschappelijke disciplines; de plaats waar zij elkaar gedeeltelijk overlappen en waar nog stukjes braakliggend terrein beschikbaar zijn voor nieuw onderzoek. Door het samenbrengen van partijen uit diverse sectoren vergroot je bovendien de kans dat mensen elkaar inspireren vanuit hun eigen vakgebied waarmee de ander niet of weinig bekend is. Dit leidt tot een vruchtbare kruisbestuiving." "Tot slot hebben we ons laten inspireren door het buitenland en vroegen ons af of de beoogde publiek-private samenwerking de uitstraling en inhoud van bijvoorbeeld een Max Planck instituut zou kunnen hebben. Kortom: Streven naar kwaliteit door te werken met het beste wat Nederland te bieden heeft in bepaalde wetenschappelijke disciplines én met een wat langeretermijnhorizon."

DOELSTELLINGEN

Het consortium omvat drie onderzoekslijnen:

- energiedragers,
- functionele materialen en
- coatings.

Hierbinnen zal worden gewerkt aan bouwstenen die de basis van de chemische industrie fundamenteel kunnen veranderen.

Huesman: "We kijken onder meer naar wat er



foto: Photologix.nl - Bruno van den Elshout

"Fundamenteel onderzoek gedragen door breder draagvlak"

De weg naar de uiteindelijke 'opening' van het onderzoekscentrum op 10 mei jl. was een erg leerzame, maar ook relatieve lange tocht, waarbij Weckhuysen, Ben Feringa (hoogleraar aan de Universiteit van Groningen) en in een latere fase ook Hans Kuipers (hoogleraar aan de Technische Universiteit Eindhoven), hun uitgangspunten nooit verlaten hebben. Er is gestart met het benaderen van alle grote chemische bedrijven die in Nederland bestaan, waarbij Shell als eerste positief reageerde. Het bedrijf was bereid deel te nemen aan het consortium maar stelde daarbij wel de eis dat hierin méér bedrijven zouden worden betrokken.

Adrie Huesman, werkzaam bij Shell als ETC advisor: "We kunnen ons zeker vinden in de beperkte omvang van het consortium in combinatie met de hooggekwalificeerde wetenschappers die Weckhuysen voor ogen heeft, maar helemaal alleen participeren werkt niet. Fundamenteel onderzoek – want daar gaat het hier uiteindelijk over – moet door een veel breder vlak worden gedragen. Voor ons bedrijf zelf is fundamenteel onderzoek van groot belang omdat we ons steeds meer begeven richting energietransitie. Als we op de lange termijn wereldspeler willen blijven op het vlak van energielevering, dan is onderzoek nodig waar we in de toekomst mee vooruit kunnen."

Na Shell hebben zich nog meer bedrijven en organisaties aangemeld waarmee het consortium uiteindelijk is opgericht door **AkzoNobel, BASF, Shell, NWO, het Ministerie van Economische Zaken, de Topsector Chemie en de Universiteiten van Utrecht, Eindhoven en Groningen**. Deze laatste vormen de zogenaamde universitaire hubs van ARC CBBC. Weckhuysen: "Maar dit betekent geenszins dat academisch onderzoekers van andere kennisinstellingen niet kunnen meedoen!"

de zelf reparerende of reinigende eigenschappen, vormgeheugen en de reactie op warmte en mechanische krachten. Dergelijke innovaties kunnen uitsluitend duurzaam zijn op de lange termijn wanneer de onderzoeksspanningen zich tevens richten op het hergebruik van zeldzame aarde metalen en op het ontwikkelen van nieuwe systemen die gebaseerd zijn op materialen die in overvloed aanwezig zijn.

Bovendien behoren ook de hernieuwbare bronnen – zoals biomassa en de bestanddelen – tot dit onderzoeksterrein evenals het ontwerpen en maken van nieuwe katalysator-materialen.

Coatings

In het kader van het thema coatings zullen de deelnemende bedrijven en onderzoeksinstituten zich richten op duurzame coatings die onder meer een rol spelen in het onderhouden en beheersen van factoren in de lokale omgeving; bijvoorbeeld waar het gaat om warmte, vocht, hygiëne en zonlicht. Om deze effecten te bereiken is onderzoek nodig naar de 'groene' productie van coatings en geïntegreerde intelligente eigenschappen zoals katalytische, foto en redox eigenschappen. Bovendien zullen de coatings uiteindelijk moeten kunnen functioneren in een omgeving waarin zij blootstaan aan uv-straling, smog en corrosieve invloeden.

VAN START

Weckhuysen: "Het besef bij alle partijen is aanwezig dat er lange-termijnonderzoek nodig is om de grote uitdagingen waarvoor de wereld staat aan te gaan. Vraagstukken die ook zijn geformuleerd in onder meer de Nationale Wetenschapsagenda en de EU Grand Challenges. Bovendien zijn we er binnen het consortium van overtuigd dat we de juiste combinatie van wetenschappelijk inzicht en innovatie nodig hebben om goede antwoorden te vinden op deze maatschappelijke uitdagingen."

Huesman vult aan: "We verwachten vooral veel van het feit dat we met deze samenwerking de spreekwoordelijke bloedgroepen samenbrengen die elkaar kunnen inspireren. Want hoewel de diverse partners een zwaartepunt hebben in één of meer van de drie onderzoekslijnen, is het aannemelijk dat de kennis die wordt ontwikkeld voor bijvoorbeeld functionele materialen, ook interessant kan zijn in het kader van onderzoek naar energiedragers."

Wetenschappelijke bemensing

De eerste activiteit die het consortium heeft opgestart, is het op orde brengen van de wetenschappelijke bemensing. Hiertoe is inmiddels al een eerste 'call' op het internet gepubliceerd en wordt een groot aantal potentiële wetenschappers en instellingen aangeschreven. Daarbij richt de organisatie zich zowel op jong talent als wetenschappers met een relevante staat van dienst; in beide gevallen moet het gaan om toptalenten. Gelijktijdig wordt er gewerkt aan het definiëren op hoofdlijnen van de beoogde onderzoeksprojecten waarin geselecteerde ARC CBBC wetenschappers gaan werken. Weckhuysen: "Belangrijk om op te merken is dat ARC CBBC een nationaal karakter heeft. De komende maanden kijken we dan ook uit naar de aanmeldingen van de wetenschappers, die graag binnen ARC CBBC willen werken (inschrijven was mogelijk tot 1 september, nvdr). Op basis hiervan kunnen we ons vervolgens richten op het traject dat uiteindelijk zal leiden tot het daadwerkelijk opstarten van de eerste spannende onderzoeksprojecten. Uiteraard kijken we daar heel erg naar uit." □

Meer informatie en inschrijven (zowel wetenschappers als bedrijven) is mogelijk via www.arc-cbbc.nl



foto: FHI - Henk Tukker

ELEKTRISCHE ENERGIE DOOR STOOMDRUKREDUCTIE

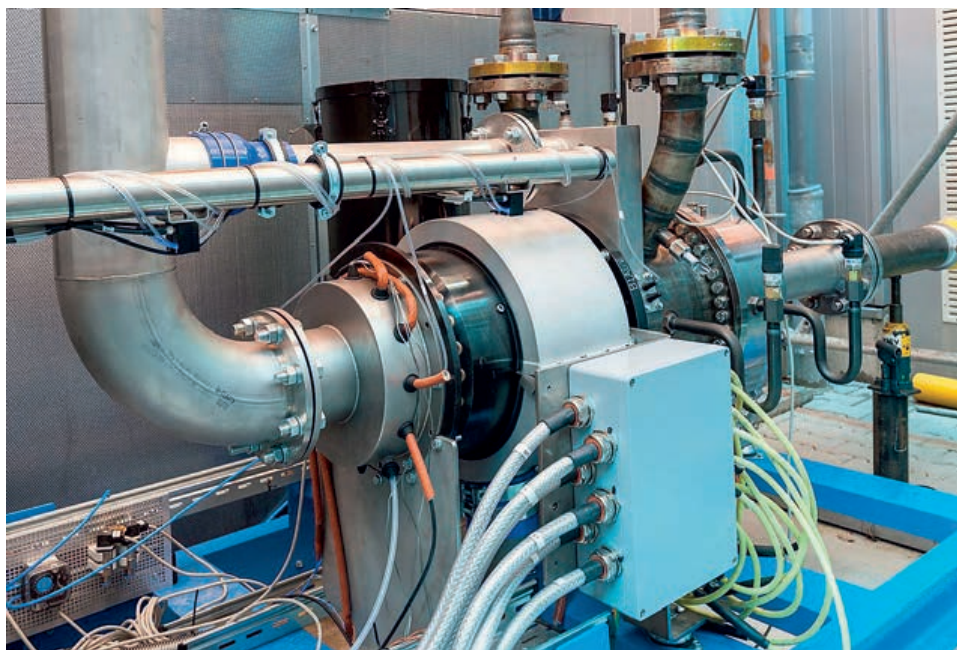
COMPACTE STOOMTURBINE/GENERATOR MET FREQUENTIE OMVORMER
ALS ALTERNATIEF VOOR REDUCEERKLEP

Stoom is in de procesindustrie een onmisbare energiedrager. Maar niet elk proces heeft de stoom van hoge druk nodig die wordt opgewekt door gasturbines of stoomketels. Een reduceerklep eventueel met desuperheater verkwt energie. Bij Emmtec Services in Emmen draait nu het prototype van een stoomturbine/generator met frequentie omvormer die het drukverschil gebruikt om elektrische energie op te wekken.

Ad Spijkers

PROTOTYPE IN EMMEN

Eén van de bedrijven van het Industry en Businesspark Emmtec in Emmen (zie kader) had een hogere afname van lagedruk stoom nodig voor uitbreiding van de activiteiten. Met de bestaande reduceerklep was dit niet te realiseren en een nieuwe reduceerklep met voldoende capaciteit zou duur worden. Dit bedrijf kwam in contact met Innecs, dat bezig was met de ontwikkeling van een compacte stoomturbine die de energie uit hogedruk stoom efficiënt kan omzetten in lagedruk stoom en elektrische energie. De eindgebruiker ontwikkelde in samenwerking met Emmtec een business case, waarna eind 2013 werd besloten tot investering in de SteamExpander. In 2014 werd de installatie gebouwd en in 2015 opgestart. Na de nodige technische hindernissen en aanloopproblemen opgelost te hebben draait de machine sinds begin dit jaar naar volle tevredenheid, ook bij volle belasting.



De SteamExpander tijdens de installatie. Tijdens bedrijf is de machine voor bescherming tegen omgevingsinvloeden en om het geluidsniveau te beperken, ondergebracht in een roestvast stalen kast (foto: Innecs).

STEAMEXPANDER

De SteamExpander is een tweetraps machine: ze bestaat uit twee turbinewielen

Over Emmtec

Emmtec Services verzorgt alle ondersteunende diensten op Industry en Businesspark Emmtec in Emmen. Richard de Haan, asset manager van het onderdeel Operations: "Emmtec Services Operations richt zich op de infrastructuur op het bedrijvenpark: distributie en levering van gas, elektra, water, stoom en perslucht, maar ook afvalwaterbeheer. We beschikken onder meer over twee gasturbines van elk 60 MW voor stoom voor diverse processen op het bedrijventerrein en voor hoogspanning voor het parknet. Daarnaast houdt Operations zich bezig met logistiek en heeft het een laboratorium voor de op het terrein aanwezige bedrijven."

gekoppeld aan een generator. Het hart is een door Innecs ontwikkelde vierpolige permanent magneet generator, die direct op de as van het turbinewiel is geplaatst. Het prototype bij Emmtec draait met een toerental van 19.000 toeren per minuut en levert 150 kW elektrisch vermogen. De generator is echter berekend op een toerental van 28.000 toeren per minuut en een nominaal vermogen van 250 kW. Het rendement van een SteamExpander zal afhankelijk zijn van de applicatie. Meer dan 90% van de energie die aan de stoom wordt onttrokken, kan worden omgezet in elektrische energie. Maar Gijs Schimmel, Design Leader bij Innecs, kijkt vooral naar de totale energieketen, van gas via stoom naar elektriciteit. "In deze totale keten is het energetisch rendement hoog. Je hebt in de SteamExpander veel minder verlies vergeleken met andere technieken om elektriciteit te produ-

ceren omdat de stoom uit de SteamExpander nuttig gebruikt wordt. Afhankelijk van de elektriciteitsprijs verwachten wij een typische terugverdientijd van twee tot vijf jaar."

ACTIVE FRONT END (AFE)

De generator van de SteamExpander heeft twee pooltallen en een uitgaande frequentie van 38.000 rpm ofwel 633 Hz. Voor het elektriciteitsnet moet daar 50 Hz van worden gemaakt. Voor die omzetting heeft Innecs gekozen voor een Danfoss VACON® NXC Active Front End. Emmtec heeft geen invloed gehad op deze keuze. Emmtec heeft de SteamExpander als één geheel gekocht. De enige eis had betrekking op de synchronisatie met het net en op de veiligheid. Er is wel veel overleg geweest in verband met de installatie er omheen. Het omzetten van hoge frequenties naar de netfrequentie is een speci-

aliteit van de Danfoss VACON® drives. Er is veel ervaring mee opgebouwd in wind-turbine-applicaties. Daar is ook speciale software voor, maar die was niet direct toepasbaar op deze situatie. De R&D-afdeling van Danfoss in Finland heeft geholpen met de ontwikkeling van de SteamExpander, onder meer door analyses te doen van de spanningsrimpels en de beveiliging. Speciale aandacht ging naar de warmteontwikkeling in het magneetpakket van de generator. De combinatie van hoge toerentallen en te hoge temperatuur kan tot falen van de machine leiden. In normale gevallen kan de Active Front End de generator bij storingen naar een veilige situatie brengen. In noodsituaties, bijvoorbeeld als het bedrijfsnet ineens wegvalt en de generator op hol dreigt te slaan, wordt de elektrische energie via remweerstanden in warmte omgezet.

WISKUNDIG MODEL

Voor een goede werking heeft de Active Front End een wiskundig model van de generator nodig. Sales engineer Jeroen Heggelman van Danfoss legt uit. "De inverter benadert de sinusvorm door de ingaande



V.l.n.r. **Richard de Haan** (Emmtec Services), **Jeroen Heggelman** (Danfoss) en **Gijs Schimmel** (Innecs) bespreken de techniek achter de SteamExpander (foto: Ad Spijkers)

frequentie te bemonsteren (sampling). Voor een goede werking heb je een bepaald aantal samples nodig. Door de hoge ingangsfrequentie kwam het aantal samples per sinus in deze applicatie dicht in de buurt van het noodzakelijke minimum aantal. Daarom is in deze toepassing de samplefrequentie verhoogd van normaal 1,5 kHz tot 9 kHz. Om snel te kunnen schakelen, moet het wiskundig model van de applicatie in de inverter kloppen en snel genoeg zijn. Met name op dit punt is er een grote interactie geweest tussen Innecs en ons R&D-lab in Finland."

Wat betreft hardware is de Active Front End bij Emmtec een normale inverter. De omzetting van de gelijkspanningstussenkring naar het net is een standaard oplossing. Het maatwerk zit in de aanpassing van de inverter op de eigenschappen van de generator. Die aanpassingen in de software zijn het resultaat van de gecombineerde kennis van Innecs in Ter Aar en van Vacon in Finland."

OOK ALS MOTOR INZETBAAR

Een bijzonderheid is, dat de generator ook als motor kan fungeren. De Active Front End fungeert dan als frequentieregelaar. Gijs Schimmel: "We willen de machine in ons eigen laboratorium en op locatie na een stilstand 'droog'

kunnen testen. Daarnaast gebruiken we deze mogelijkheid bij het aanlopen van de turbine. Bij het opstarten stuurt de PLC eerst de Active Front End aan, die de generator naar 2000 min-1 stuurt. Pas daarna gaat de stoomklep open. Dit voorkomt dat de turbine en generator door de stoomtoevoer te snel op toeren komen. Op het moment dat de stoom de turbine gaat aandrijven, schakelt de regelaar de machine over op generatorbedrijf. Dankzij de VACON® regelaar krijgen we een soepele overgang van motor naar generator."

MARKT

Innecs voorziet een grote markt voor de SteamExpander. Er wordt vooral gemikt op de procesindustrie, zoals de voedingsmiddelen-, dranken-, maak- en chemische industrie. Het bedrijf is serieus in gesprek met een aantal partijen (waaronder dezelfde eindgebruiker) voor vervolgoopdrachten. Het machineontwerp is geschikt voor verschillende situaties door een flexibele opbouw van de turbine. ▣

Over Innecs

Innecs, met hoofdkantoor in Eindhoven en R&D en assemblage in Ter Aar (ZH) is eind 2004 opgericht. Het productenpakket omvat drie systemen:

- de **BoilerBurner**: een low-NOx wervelbrander,
- de **PowerBurner**: een kleine gasturbine met geïntegreerde generator (om een stoomketel te bevullen of voor andere processen met een hoge temperatuur thermische vraag) en
- de **SteamExpander**: een compacte stoomturbine met geïntegreerde generator die de energie uit stoomdrukreductie of reststoom benut.



De VACON® NXC Active Front End van Danfoss zet de hoge frequentie uit de generator van de SteamExpander om in 50 Hz voor het elektriciteitsnet (foto: Ad Spijkers)

METAL-ORGANIC FRAMEWORKS VOOR DUURZAAM KOELEN EN VERWARMEN

PROMOTIEONDERZOEK OMTRENT MOFS ALS ADSORBENTIA

Over de auteurs

- 1 **Dr. ir. M.F. de Lange** (m.f.delange@tudelft.nl) verrichtte dit onderzoek in de sectie *Catalysis Engineering* aan de Technische Universiteit Delft (*Cum Laude* gepromoveerd) en is nu postdoc in de sectie *Engineering Thermodynamics* aan dezelfde universiteit.
- 2 **Prof. dr. ir. T.J.H. Vlugt** (t.j.h.vlugt@tudelft.nl) hoofd van de *Engineering Thermodynamics* sectie van de TU Delft.
- 3 **Prof. dr. J. Gascon** (j.gascon@tudelft.nl) Antonie van Leeuwenhoek, hoogleraar in de *Catalysis Engineering* sectie van de TU Delft.
- 4 **Prof. dr. F. Kapteijn** (f.kapteijn@tudelft.nl) hoofd van de *Catalysis Engineering* sectie van de TU Delft.



ENERGIEREDUCTIE

Ongeveer een derde van de totale energieconsumptie in de wereld wordt gebruikt binnen huishoudens en gebouwen, voornamelijk voor verwarming en koeling. De komende jaren neemt het energieverbruik voor deze doeleinden naar verwachting sterk toe. Om dit tegen te gaan, hebben de EU-28 landen o.a. afgesproken om de primaire energieconsumptie te verminderen met 20% in 2020 en heeft Nederland zich toegelegd op een ambitieuze reductie van 38% in 2020 [1, 2]. Een van de mogelijkheden om dit te realiseren is de inzet van thermisch gedreven warmtepompen en koelsystemen. Deze kunnen zonne-energie of laagwaardige restwarmte gebruiken om te koelen of te verwarmen.

Adsorptiegedreven warmtepompen en koelsystemen hebben als voordeel dat lage werk- of regeneratietemperaturen gebruikt kunnen worden en dat vrijwel alleen thermische energie nodig is. Deze energie kan worden gehaald uit duurzame bronnen zoals zonne- of restwarmte, wat potentieel significante energiebesparingen oplevert. Commerciële adsorbentia hebben echter een beperkte efficiëntie en vermogen. Metal-Organic Frameworks bieden mogelijk uitkomst voor beter presterende adsorptiegedreven warmtepompen en koelsystemen.

Dr. ir. M. F. de Lange, Prof. dr. ir. T. J. H. Vlugt, Prof. dr. J. Gascon & Prof. dr. F. Kapteijn (TU Delft)

Deze stille adsorptiegedreven koelsystemen en warmtepompen hebben als bijkomend voordeel dat milieuvriendelijke werkstoffen (bv. water) gebruikt kunnen worden.

Een adsorptiegedreven warmtepomp of koelsysteem is enigszins vergelijkbaar met populairdere dampcompressiesystemen. Energie wordt op een lage temperatuur onttrokken (koeling) door verdamping van de werkstof (hier water) in een verdampers en deze adsorbeert aan het sorbent. Bij regeneratie met restwarmte desorbeert het water en condenseert bij een intermediaire temperatuur in een condensor, hetgeen warmte oplevert (warmtepomp). Verder levert de adsorptie van water extra warmte op (warmtepomp). Het verschil is echter dat met een adsorptiegedreven systeem het drukverschil tussen verdampers en condensor niet gerealiseerd wordt door compressie, maar door reverseerbare ad- en desorptie van water (zie **figuur 1a**) [5]. Commerciële beschikbare adsorptiegedreven koelsystemen en warmtepompen maken gebruik van silicagel of zeolieten als adsorbent. De AQSOA[™]-serie, op de markt gebracht door Mitsubishi plastics, heeft van deze het meest wenselijke adsorptiegedrag [3-5]. Echter, adsorptiegedreven systemen zijn minder energie-

efficiënt dan andere systemen en mede daarom veel groter in volume dan conventionele systemen [3]. Adsorptiegedreven warmtepompen en koelsystemen hebben dan ook maar een bescheiden marktaandeel. Dit aandeel zal groeien, zodra de prestaties van adsorptiesystemen verbeteren. Het ontwikkelen van betere adsorbentia staat daarom centraal in dit werk. Metal Organic Frameworks (MOFs) blijken hiervoor bijzonder geschikt [3].

ZIJN MOFS BETER?

De affiniteit van een adsorbens met water bepaalt de toepasbaarheid van het materiaal in adsorptiegedreven warmtepompen en koelsystemen. Voor toepassing is het gewenst dat een adsorptie-isotherm, de evenwichtshoeveelheid geadsorbeerde werkstof als functie van druk (bij gelijkblijvende temperatuur), een sterke stapsgewijze opname vertoont. Met een klein temperatuurverschil kan dan een grote hoeveelheid water gead- en gedesorbeerd worden. Dit resulteert in een hogere efficiëntie, omdat o.a. de temperatuur voor desorptie relatief laag is, en in een beter vermogen, omdat de tijd nodig voor massa- en warmtetransport kort is [3]. Deze stap bevindt zich idealiter bij een relatieve

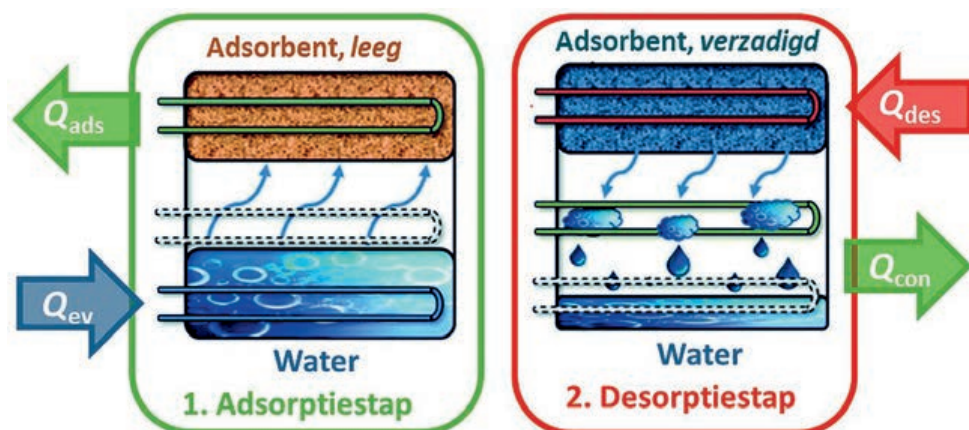


Fig. 1a: werkingsprincipe van de adsorptiegedreven warmtecycli met de adsorptiestap (links) en de desorptiestap (rechts). Deze stappen volgen elkaar op in de tijd. Aangepast naar [10]

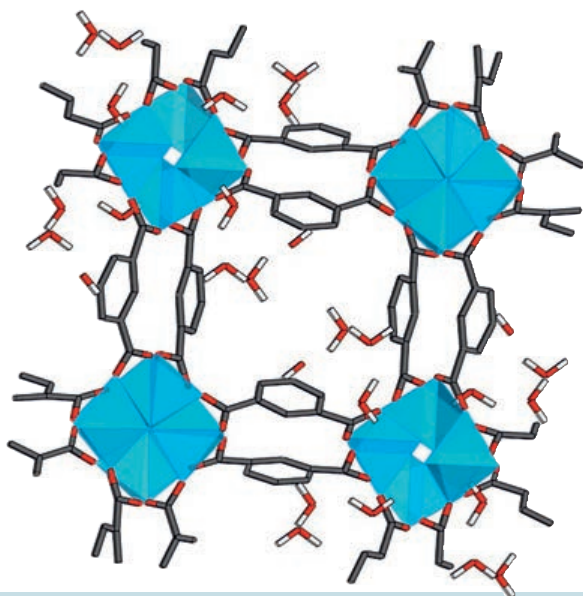


Fig. 1b: geadsorbeerd water in de MOF CAU-10 (Al) (bestaande uit isofoaalzuur en aluminium-hydroxideketens). Aluminium werd weergegeven in lichtblauw, koolstof in grijs, zuurstof in rood en waterstof van water in wit (waterstof-atomen van de MOF werden weggelaten voor een duidelijker overzicht)

MOF's

MOF's zijn opgebouwd uit anorganische clusters verbonden door organische liganden die tezamen poreuze kristallijne materialen vormen in 1, 2 of 3 dimensies (als voorbeeld is CAU-10-H (MOF) weergegeven in **figuur 1(b)**). De porositeit van MOF's is door de bank genomen hoger dan van conventionele materialen. Er kan dus meer water worden opgeslagen in hetzelfde volumemateriaal. Warmtepompen en koelsystemen zouden dus veel kleiner kunnen worden met MOF's als adsorbentia. Door de grote variëteit aan mogelijke organische liganden en anorganische clusters biedt deze klasse een vrijwel oneindige variëteit aan verschillende structuren (reeds meer dan 20.000 verschillende structuren bekend) [3] en is het dan ook zeker mogelijk dat voor allerlei toepassingen één of meer MOF's bestaan met bijzonder geschikte eigenschappen. Door het ionische karakter van de bindingen tussen de organische en anorganische componenten zijn veel MOF's niet (volledig) stabiel m.b.t. interacties met water en worden hier alleen structuren genoemd die geen degradatie vertonen na meerdere ad- en desorptiecycli [3]. Voor sommige van deze MOF's is zelfs al bewezen dat zij (vrijwel) geen vermindering van adsorptiecapaciteit voor meer dan duizend cycli vertonen [3].

druk ($p/p_o < 0.3 - 0.35$). Hier is p de druk en p_o de verzadigde dampdruk bij meettemperatuur. Bij een hogere relatieve druk wordt het maximaal haalbare temperatuurverschil tussen de verdamper en de condensor ('temperatuurlift') te klein [3].

In **figuur 2** zijn adsorptie-isothermen voor water weergegeven voor commercieel toegepaste materialen en goed presterende, stabiele MOF's. Het is duidelijk dat MOF's, per volume-eenheid materiaal, een hogere adsorptiecapaciteit hebben dan huidige, commercieel gebruikte materialen. Verder hebben deze MOF's het gewenste stapsgewijze adsorptiegedrag. De stap in wateradsorptie van MIL-100(Cr) en vooral MIL-101(Cr) (MOF's) vindt wel plaats bij een hoge relatieve druk, en dit verkleint de temperatuurlift (zie later).

Energieonttrekking

Relevant voor de toepassing is hoeveel energie onttrokken kan worden per volume adsorbens (belangrijk voor de dimensies van een koelsysteem/warmtepomp) [3]. In **figuur 3** is de totale hoeveelheid energie die onttrokken kan worden in de verdamper, weergegeven per volume-eenheid materiaal. MOF's hebben ook per massa-eenheid een hogere capaciteit dan commercieel toegepaste materialen, ondanks de normaliter lagere dichtheid van MOF's. De praktisch haalbare werkcapiaciteit hangt voor een groot deel af van de gekozen condities (temperaturen tijdens condensatie, verdamping en desorptie). Het effect van de gekozen procescondities op de energetische capaciteit (per volume-eenheid) is weergegeven in **figuur 4**.

Temperatuurlift

Welke MOF het best presteert, hangt af van de temperatuurlift. Voor een lage temperatuurlift, $\Delta T_{\text{lift}} \leq 12$ K, heeft MIL-101(Cr) de hoogste energiecapaciteit per MOF volume-eenheid (~ 500 kWh m^{-3}).

Voor een hogere temperatuurlift, $12 \leq \Delta T_{\text{lift}} \leq 20$ K, levert MOF-841(Zr) de beste prestaties (~ 350 kWh m^{-3}). Voor een nog hogere temperatuurlift ($20 \leq \Delta T_{\text{lift}} \leq 26$ K) kan efficiënt gebruik gemaakt worden van CAU-10(Al)-H of MOF-

801(Zr) (respectievelijk ~ 250 en 280 kWh m^{-3}). Verder neemt de benodigde desorptietemperatuur om de materialen volledig te regenereren toe in de volgorde: MIL-101(Cr) < MOF-841(Zr) < CAU-10(Al)-H < AQSOA-Z02 < MOF-801(Zr) [1].

De exacte waarden voor de benodigde desorptietemperatuur hangen af van het gekozen temperatuurniveau, maar liggen voor de meeste toepassingen onder de 100°C [1].

De thermodynamische efficiëntie, uitgedrukt in de 'coefficient of performance' voor koeling, COP_c , volgt dezelfde trend:

MIL-101(Cr, $\text{COP}_c \sim 0.89$)
> MOF-841(Zr, $\text{COP}_c \sim 0.79$)
> CAU-10(Al)-H ($\text{COP}_c \sim 0.72$)
> AQSOA-Z02 ($\text{COP}_c \sim 0.69$)
> MOF-801(Zr, $\text{COP}_c \sim 0.68$)

De waarden zijn indicatief en werden berekend op basis van adsorptiemetingen. Voor details, zie [3].

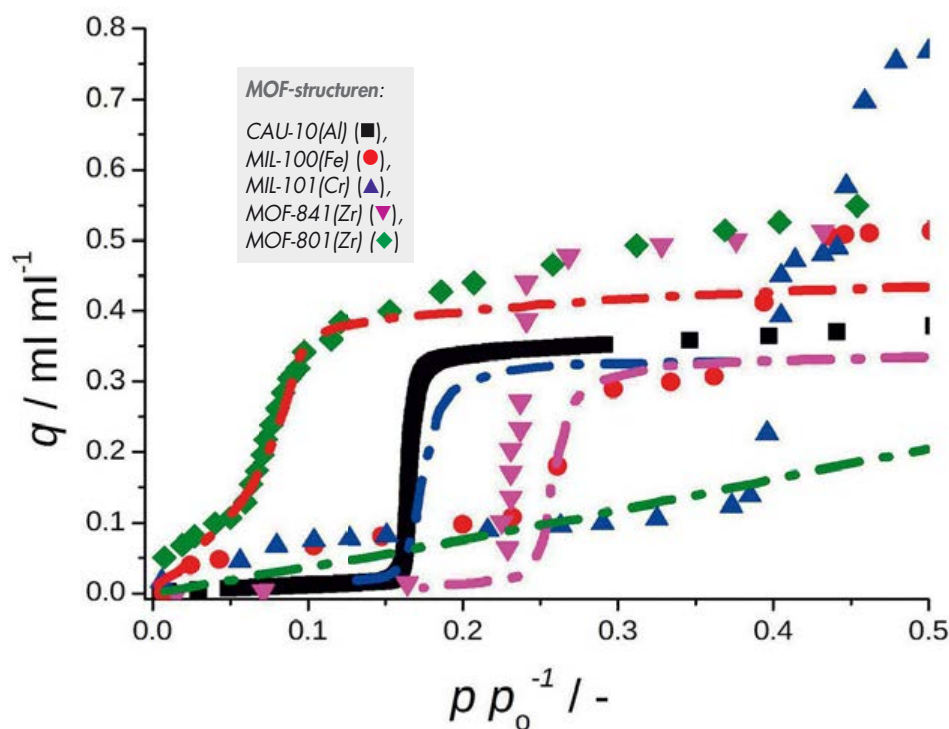


Fig. 2: hoeveelheid geadsorbeerd in ml water (liq.) per ml adsorbent material (bij kamertemperatuur), q , als functie van relatieve druk, p/p_o , voor geselecteerde MOF structuren.

Ter vergelijking (met stippellijnen) de adsorptie van commercieel toegepaste materialen; AQSOA-Z01 (— · —), AQSOA-Z02 (— · —), AQSOA-Z05 (— · —) en Silica Gel (— · —). Meer details in [3]

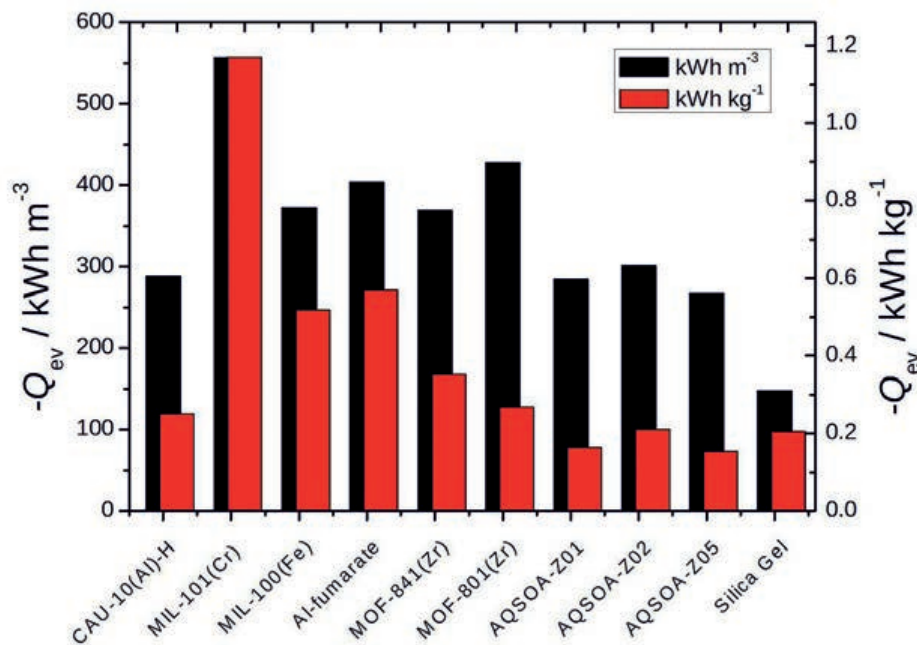


Fig. 3: totale hoeveelheid energie die opgenomen kan worden d.m.v. verdamping Q_{ev} , als de totale (water)adsorptiecapaciteit van de structuur gebruikt wordt, per volume-eenheid (zwarte staven, linker verticale as) en per massa-eenheid (rode staven, rechter verticale as) voor geselecteerde MOF-structuren en commercieel toegepaste materialen. Berekend op basis van adsorptiemetingen (details in [3])

VOORUITZICHTEN

Dit promotieonderzoek laat zien dat, in vergelijking met bestaande sorbentia, MOF's met water als werkvloeistof duidelijke voordelen hebben, in het bijzonder voor koelapplicaties. MOF's hebben een hogere werkcapaciteit en efficiëntie over een breed bereik van temperatuurliften. In recentere studies hebben we laten zien dat er ook voor warmtepompen [6] en voor cryogene applicaties (met alcoholen als werkvloeistof) [7] geschikte MOF's zijn met de gewenste eigen-

schappen. Voor de daadwerkelijke toepassing zijn massa- en warmtetransport ook belangrijk (voor een hoog vermogen). Deze transportsnelheden zijn sterk afhankelijk van de gekozen MOF-morfologie (coatings, gepakt bed etc.), en de bepaling hiervan staat nog in de kinderschoenen [3]. Gebaseerd op de schaarse beschikbare gegevens over massa- en warmtetransport in MOF's in vergelijking met zeolieten, lijkt warmtetransport de snelheidsbepalende stap [3]. Hierdoor zouden coatings een optimale configuratie zijn voor toepassingen met een korte

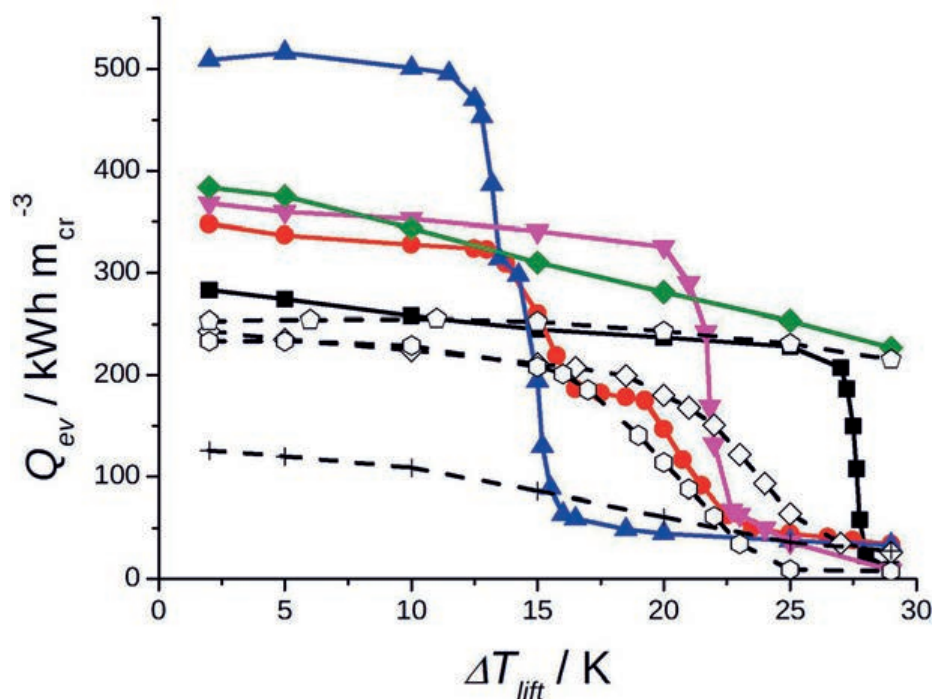


Fig. 4: hoeveelheid energie beschikbaar voor koeldoeleinden d.m.v. verdamping van water, Q_{ev} , als functie van de gebruikte temperatuurlift (verschil in temperatuur tussen condensor en verdamper), verkregen door de verdampingstemperatuur (T_{ev}) te variëren met de constante condensatietemperatuur ($T_{con} = 303 \text{ K}$) voor geselecteerde MOF-structuren (volle lijnen) CAU-10(Al)-H (■), MIL-100(Fe) (●), MIL-101(Cr) (▲), MOF-841(Zr) (▼) en MOF-801(Zr) (◆), en commercieel toegepaste materialen (stippellijnen) Silica Gel (+), AQSOA-Z01 (◊), Z02(◐) en Z05 (◑). Berekend op basis van adsorptiemetingen (details in [3])

cyclus. CAU-10-H, één van de goed presterende MOF's, kan bijv. direct gesynthetiseerd worden op warmtegeleidende aluminium oppervlakken zonder toevoeging van bindmiddelen [8, 9]. CAU-10 is bovendien gebaseerd op bulkchemicaliën in tegenstelling tot andere meer exotische MOF's. Verder worden MOF's gesynthetiseerd zonder gebruik van dure 'templates', en soms zelfs zonder oplosmiddelen, in tegenstelling tot de synthese van zeolieten waarvoor vaak relatief dure 'sacrificial' templatemoleculen nodig zijn. Dit is ook het geval voor de synthese van de vergelijkingsmaterialen SAPO-34 (AQSOA-Z02) en ALPO-5 (AQSOA-Z01/Z02). Naast de eerder genoemde voordelen zou deze templatevrije synthese wel eens een belangrijk voordeel van MOF's kunnen zijn voor gebruik in koelsystemen. □

Referenties

- [1] Eurostat database for energy statistics. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/publications> (accessed 17-01-2015).
- [2] European Commission Energy, Projected primary energy consumption in 2020 (nl). http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/reporting_en.htm (accessed 17-01-2015).
- [3] M.F. De Lange, K.J.F.M. Verouden, T.J.H. Vlucht, J. Gascon, F. Kapteijn, Adsorption driven heat pumps - the potential of Metal-Organic Frameworks, *Chemical Reviews*, 115 (2015) 12205-12250.
- [4] MITSUBISHI PLASTICS, Zeolitic water vapor adsorbent: AQSOA. http://www.aasaveenergy.com/products/001/pdf/AQSOA_1210E.pdf (accessed 17-01-2015).
- [5] M. Goldsworthy, Measurements of water vapour sorption isotherms for RD Silica Gel, AQSOA-Z01, AQSOA-Z02, AQSOA-Z05 and ceca zeolite 3A, *Microporous and Mesoporous Materials*, 196 (2014) 59-67.
- [6] A. Cadiau, J.S. Lee, D. Damasceno Borges, P. Fabry, T. Devic, M.T. Wharmby, C. Martineau, D. Foucher, F. Taulelle, C.-H. Jun, Y.K. Hwang, N. Stock, M.F. De Lange, F. Kapteijn, J. Gascon, G. Maurin, J.-S. Chang, C. Serre, Design of hydrophilic Metal Organic Framework water adsorbents for heat reallocation, *Advanced Materials*, 27 (2015) 4775-4780.
- [7] M.F. De Lange, B.L. Van Velzen, C. Ottevanger, K.J.F.M. Verouden, L.-C. Lin, T.J.H. Vlucht, J. Gascon, F. Kapteijn, Metal-Organic Frameworks in adsorption driven heat pumps: The potential of alcohols as working fluid, *Langmuir*, 31 (2015) 12783-12796.
- [8] M. De Lange, C. Ottevanger, M. Wiegman, T. Vlucht, J. Gascon, F. Kapteijn, Crystals for sustainability-structuring Al-based MOFs for the allocation of heat and cold, *CrystEngComm*, 17 (2015) 281-285.
- [9] M.F. de Lange, T. Zeng, T.J.H. Vlucht, J. Gascon, F. Kapteijn, Manufacture of dense CAU-10-H coatings for application in adsorption driven heat pumps: Optimization and characterization, *CrystEngComm*, 17 (2015) 5911-5920.
- [10] F. Jeremias, V. Lozan, S.K. Henninger, C. Janiak, Programming MOFs for water sorption: Amino-functionalized MIL-125 and UiO-66 for heat transformation and heat storage applications, *Dalton Transactions*, 42 (2013) 15967-15973.

INNOVATIES OP SOLIDS GERICHT OP CHEMIE

VAKBEURS VOOR POEDER- EN BULKINDUSTRIE

Tijdens Solids, op 19 en 20 oktober in Antwerp Expo, verwelkomen ruim 150 exposanten uit de poeder- en bulkindustrie u graag op hun stand. Zij bezorgen u een compleet overzicht van innovaties in de bewerking en verwerking van vaste en droge stoffen.

Michiel De Mylle

UPDATE VOOR DE COMPLETE PROCESINDUSTRIE

Als professional uit de procesindustrie vindt u op Solids alle oplossingen op maat in o.a. doseer-, weeg- en meetapparatuur, transport-systemen, afscheiders, zeven, filters en hand-ling.

ATEX MASTERCLASS EN WASTE TO ENERGY SEMINARIES

Adinex- en IAB-ingenieurs gebruiken hun expertise voor de inhoudelijke invulling van de masterclass rondom ATEX. Daarnaast richt GO4CIRCLE een seminarie in met de focus op het beheer van energie in de afvalsector. Ook pitchten exposanten gedurende de beurs

hun innovaties in de dynamische Innovations on Tour.

WAAROM SOLIDS BEZOEKEN?

Solids is dé jaarlijkse vakbeurs voor de stort-goedsector in de Benelux. U netwerkt er met specialisten, ontmoet zowel lokale als inter-nationale spelers, en ontdekt er de meest recente sectorontwikkelingen.

SOLIDS EUROPEAN SERIES

Solids Antwerpen is onderdeel van de Solids European Series, die zich exclusief richt op de poeder- en bulktechnologie met beurzen in Antwerpen, Basel, Dortmund, Krakow, Rotterdam en Moskou. ☺



Solids Antwerpen is hét netwerkevent voor de stortgoedsector. Er worden zo'n 2.500 bezoekers verwacht

PRAKTISCHE INFO

- **Wanneer?**
Woe. 19 oktober 2016 (10 – 17 u.),
Do. 20 oktober 2016 (10 – 17 u.)
- **Waar?**
Antwerp Expo, Hal 4 (B)
- **Toegang?**
Gratis bij voorregistratie met code 2111
via www.solids-antwerp.com

SOLIDS EUROPEAN SERIES

SOLIDS

A N T W E R P E N

ANTWERP EXPO - 19 & 20 | 10 | 2016

REGISTREER NU MET:

CODE 2111

TRADE SHOW FOR GRANULES, POWDER & BULK SOLIDS TECHNOLOGIES

WWW.SOLIDS-ANTWERP.COM



THIS IS SAVING TIME

*Flared Cone
Connection*

*Betrouwbare buisverbinding
Betere prestaties
Enorme tijdsbesparing*

Parker introduceert haar nieuwe FCC technologie: De "Flared Cone Connection". Deze nieuwe, zeer betrouwbare buisverbinding biedt systeemontwerpers en installateurs betere prestaties, maar vooral een enorme tijdsbesparing. Het FCC systeem is ontworpen voor een werkdruk tot 1550 bar en zorgt ervoor dat het assemblageproces op een veilige en betrouwbare manier flink wordt versneld.

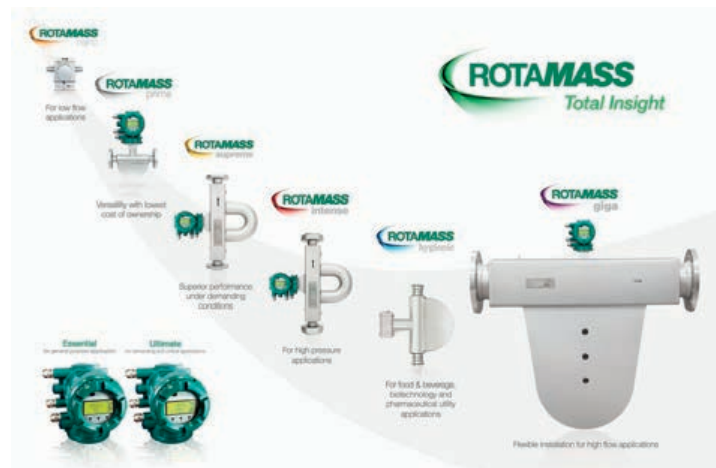


ENGINEERING YOUR SUCCESS.

parker.nl

OPTIMALE OPERATIONS EN LAGERE ONDERHOUDSKOSTEN

Onder de naam ROTAMASS Total Insight (TI) introduceert Yokogawa een nieuw portfolio vier-draads Coriolis massa-flowmeters en transmitters. Het nieuwe platform voor Coriolis massa-flowmeters is ontwikkeld op basis van het Total Insight-concept, dat streeft naar optimale operations en lagere onderhoudskosten in alle levensfasen van een product.



PRODUCT-FEATURES

Het ontwerp van de ROTAMASS TI voorziet gedurende de volledige productlevenscyclus in ondersteuning en verlaagt de cost of ownership. Het productportfolio omvat zes nieuwe sensor-productlijnen en twee nieuwe transmitters die voor elke toepassing specifiek te configureren zijn. Het hart van het ontwerp wordt gevormd door het zogenaamde Total Insight-concept waarmee volledig inzicht wordt verkregen in de operations van een procesomgeving. De nieuwe sensor-productlijnen zijn voor specifieke toepassingseisen en procesomstandigheden ontworpen.

1. Introductiefase – selectietool en experthulp

Yokogawa ontwikkelde een nieuw tool dat de klant ondersteunt bij het kiezen van de optimale sensor- en transmittercombinatie voor specifieke toepassingen. Daarnaast wordt een online expertgids en een ingebouwde configuratie-wizard geboden. Deze versnellen en vereenvoudigen een foutloze ingebruikname.

2. Operationele fase – Procesbewakingsfunctie voor beheer van 'events'

Een procesbewakingsfunctie is toegevoegd waarmee bepaalde

event-patronen kunnen worden gekozen. Op basis hiervan worden bij een gebeurtenis alarmmeldingen gedaan, triggers geconfigureerd voor datalogging op basis van handmatige instelpunten en gespecificeerd welke gegevens als backup moeten worden opgeslagen op een microSD voor oorzaak-analyse.

3. Post-implementatie fase – ondersteunen van preventief onderhoud en flexibiliteit

De Maintenance Manager functie controleert alle belangrijke sensorelementen tijdens gebruik van de flowmeter. Data wordt verzameld gebruikt om verstoringen te minimaliseren en de onderhoudskosten te verlagen. De data kan op een microSD-kaart worden opgeslagen. Verder is een nieuwe Feature On Demand (FOD)-optie beschikbaar. Hiermee kunnen gebruikers al geïnstalleerde flowmeters upgraden door het toevoegen van productfuncties, zoals de Tube Health Check en een concentratie-meetfunctie.

Stand nummer op de WOTS: 8D008

Yokogawa Nederland

Postbus 163
NL 3800 AD AMERSFOORT
Tel.: 088/464.18.88
Fax: 088/464.11.11
info@nl.yokogawa.com
www.rotamass.com

WORLD OF TECHNOLOGY & SCIENCE 2016

VAKBEURS MET VIER WERELDEN

Van 4 tot 7 oktober opent de Koninklijke Nederlandse Jaarbeurs Utrecht haar deuren voor de vakbeurs WoTS 2016 (World of Technology & Science). De vakbeurs bestaat uit vier werelden: World of Automation, World of Laboratory, World of Motion & Drives en World of Electronics. Elke branche heeft een eigen identiteit en expositieprogramma en eigen beursprojecten. Door dit aanbod richt elke branche zich op de eigen bezoekersdoelgroepen.

Leon van den Berg

VERSCHEIDENE WERKVELDEN

Interessant is wel natuurlijk dat er fabrikanten zijn die zich op meer dan één wereld richten, waardoor de bezoeker op één plaats kennis kan nemen van de verschillende werkvelden van hun leveranciers. Een kans om kennis te nemen van de volle breedte van diens werkvelden en misschien dus ook om nieuwe mogelijkheden te ontdekken. Voor de exposanten geldt dit evenzeer. Zij kunnen op één beurs (potentiële) klanten kennis laten nemen van al hun activiteiten. Wendy Debets, Interim Project Manager Beurzen van de Federation of Technology Branches (FHI) verwoordt de noodzaak voor een beursbezoek als volgt: "Het grote voordeel van WoTs is de combinatie van technologieën en de vier werelden. Gebruikers zoeken bij projecten vrijwel altijd een keten aan technische invullingen van oplossingen. Dat wordt 'fysiek' gemaakt op de beursvloer door tours en X-peditions, waarbij exposanten samenwerken om een complete oplossing te tonen, niet slechts een product."

SEMINARS PER WERELD

Bezoekers kunnen niet alleen kennis nemen van deze complete oplossingen, er zijn ook twee bezoekroutes, en er is per 'wereld' een uitgebreid seminarieprogramma. Bij de World of Automation gaat dit over cyberveiligheid, robotica, kwaliteitscontrole, energie-efficiëntie en smart industry. In de World of Laboratory gaat het om meettechniek, testen, kalibreren, laboveiligheid en medische toepassingen. In de World of Motion & Drives staat machineveiligheid hoog genoteerd. Daarnaast is er aandacht voor robotica en Industry 4.0. Ten slotte zijn er seminars op de World of Electronics over embedded of PLC-systemen, high-speed vision, het elektronica productieproces en levensduur en onderhoud op basis van Prognostics & Health Monitoring.

TECHAWARD 2016

Speciaal voor de deelnemers van World of



Op WoTs 2016 wordt het vast ook deze keer opnieuw een drukte van belang

Technology & Science wordt tijdens de beurs de TechAward 2016 uitgereikt. Exposanten leveren hun product of technologie aan de organisatie om deze te nomineren. Alle nominaties worden geplaatst op de beursvloer met productnaam, productomschrijving en naam van de exposant. Vervolgens brengen sitebezoekers hun stem uit op hun favoriete noviteiten. Daarnaast buigt ook een vakjury zich over de inzendingen. De producten/technologieën die de meeste stemmen ontvangen, worden uitgenodigd om hun inzending te tonen in de drie TechAward Galerijen op de beursvloer.

HACKATHON

Ook aan aanstormend talent wordt aandacht besteed. Tijdens de beurs is er de Hackathon. Een unieke techwedstrijd waar vier studenten-teams zich aan de hele Tech Industrie kunnen laten zien. Het thema van de Hackathon is Smart Home en de vier teams van universiteiten en hogescholen worden geselecteerd op basis van hun plan om aan de slag te gaan in een ingerichte woonkamer van een

slimme woning. De ingediende plannen worden beoordeeld op: innovatie, sociale impact, technische uitdaging, integratie, funfactor, beleving, interactie, toepasbaarheid en teamwork. Ieder team krijgt een embedded developmentboard, sensorkit, lokalisatietools en gadgets om het huis te hacken en slim te maken. Kern van deze wedstrijd is welk team zich het meest innovatief toont en de gehele Nederlandse industrie het Internet of Things van dichtbij laat ervaren. ■

PRAKTISCHE INFO

- **Wanneer?**
Di 4 t/m do 6 okt.: 10.00 – 17.30 u.,
vrij 7 okt.: 10.00 – 16.00 u.
- **Waar?**
Jaarbeurs, Hal 7 t/m 11, Utrecht
- **Toegang?**
Gratis aanmelden en info: www.wots.nl

De vakbeurs vindt gelijktijdig plaats met Industrial Processing. Met één badge kunt u beide beurzen bezoeken.

PROCESINDUSTRIE HEEFT ONGEKENDE POTENTIES

PROFESSIONALS VERKENNEN DE TOEKOMST OP INDUSTRIAL PROCESSING IN JAARBEURS UTRECHT

Unlocking future factories: de titel van Industrial Processing 2016 is veelzeggend. Internet of things, grondstoffenschaarste, (voedsel)veiligheid en de circulaire economie: het zijn thema's die de voedingsmiddelen-, chemische en farmaceutische industrie gaan veranderen, maar ook voor heel nieuwe kansen zorgen. Van 4 tot en met 7 oktober ontdekken professionals uit de procesindustrie in Jaarbeurs Utrecht hoe ze deze kansen kunnen benutten.

Martijn de Weerd

SMART INDUSTRY

Het juiste antwoord vinden op maatschappelijke trends is een van de grootste uitdagingen voor de voedingsmiddelen-, chemische en farmaceutische industrie. De grondstoffen worden schaars, net als technisch geschoolde vakmensen. Levenscycli van producten nemen alsmat meer af; de productvariatie neemt steeds meer toe. Tegelijkertijd verwacht de consument absolute productveiligheid en dwingt de wet- en regelgeving tot tracking and tracing.

Met innovatieve technologie kan de procesindustrie op deze maatschappelijke trends reageren, en de uitdagingen omzetten in kansen. Industry 4.0 – Smart Industry – schept ongekende mogelijkheden om processen te monitoren en te sturen. Conditionbased onderhoud zorgt voor lagere operationele kosten, omdat de machinestilstand tot een minimum beperkt blijft. Virtual en augmented reality helpen technici efficiënter te werken, zelfs als die technisch minder geschoold zijn. En big data analyses en Internet of Things vergroten de efficiency van de processen.

ENERGIE EN WATER

De inzet van hernieuwbare energie en het efficiënt hergebruik van grondstoffen, zoals het kostbare water, leiden tot een duurzamere

procesindustrie dan menigeen voor mogelijk houdt.

Zien we in de toekomst de 'all electric factory', waarin grondstoffen worden hergebruikt en energie enkel uit hernieuwbare energiebronnen komt? Industrial Processing toont de technologische innovaties die ervoor zorgen dat de procesindustrie in de Benelux ook in de toekomst een gezonde en belangrijke bedrijfstak blijft. In de Fabriek van de Toekomst, op het Water Paviljoen en op het Energie Plein, wordt zichtbaar hoe de sector het toekomstig potentieel kan ontsluiten.

MACHEVO HOTSPOTS EN PUMP PLAZA

De beurs biedt ook concrete oplossingen voor de praktijk van alledag. Op de Machevo Hotspots vinden bezoekers oplossingen voor technische vraagstukken van nu. Er is zowel een bulk als liquid Machevo Hotspot.



De beurs ademt technologie en innovatie, waarmee de natte en droge procesindustrie haar toekomstige concurrentiepositie kan versterken, ook internationaal

Twaalf pompenleveranciers presenteren zich op PUMP PLAZA. Zij sluiten op dinsdag, woensdag en donderdag de beursdag af met een happy hour. In het ProcessingProfs theater tot slot, delen verschillende sprekers elke dag hun kennis. Thema's die hier aan bod komen, zijn onder meer Smart Industry, de rol van de mens in de fabriek van de toekomst en procesoptimalisatie. □

WIE WINT PROCES INNOVATIE PRIJS (PIP) 2016?

Op 4 oktober (16.30 u., hal 12) wordt de winnaar van de Proces Innovatie Prijs 2016 bekendgemaakt. De Proces Innovatie Prijs is een prestigieuze onderscheiding voor innovatie in de procesindustrie die innovatieve producten en oplossingen binnen de procesindustrie in de schijnwerpers gezet. De jury heeft uit veertien inzendingen drie kandidaten geselecteerd:

- **Lampe Technical Textiles** maakt kans met de Phoenix filterzak, die ook in gevoelige processen kan worden ingezet.
- **Tetra Pak Processing Systems** is genomineerd met de Tetra Pak Flexline, een flexibele kaasproductielijn voor het snel omschakelen naar een ander product met minimaal tijdverlies.
- **Log5** sleepte de derde nominatie in de wacht met de AwCP Pasteurizer, een pasteurisatielijn voor droge producten.

Naast de Vakprijs wordt ook een Publieksprijs toegekend. Bezoekers aan Industrial Processing kunnen hiervoor vanaf 1 tot 30 september stemmen via de website www.industrialprocessing.nl.

PRAKTISCHE INFO

- **Wanneer?**
di 4 t.e.m. do 6 okt.: van 10 tot 17.30 u.
vrij 7 okt.: van 10 tot 16.00 u.
- **Waar?**
Jaarbeurs, Hal 12, Utrecht
- **Toegang?**
Gratis aanmelden en info:
www.industrialprocessing.nl

De vakbeurs vindt gelijktijdig plaats met World of Technology & Science. Met één badge kunt u beide beurzen bezoeken.



UNLOCKING FUTURE FACTORIES



4-7
OKTOBER
2016

Meld u gratis
aan op:

INDUSTRIALPROCESSING.NL

**JAARBEURS
UTRECHT**
HAL 12

PARTNER **MACHEVO & BULK**
 **VERENIGING**


Jaarbeurs



Wil jij werken een veiligere procesindustrie?

Volg dan de opleiding Procesveiligheid!

Werk jij in de chemische procesindustrie en wil jij meer weten over de specifieke risico's? Volg dan nu de opleiding Procesveiligheid. Tijdens de opleiding behandelen we natuurlijk de procesveiligheid, maar ook de organisatie en uitvoering van grote projecten in de chemische procesindustrie.

Tijdens de opleiding komen de volgende onderwerpen aan bod:

- Procesveiligheid
- Procestechnologie en installaties
- Processchema's, P&ID's
- Mechanische veiligheid, PED
- Maintenance
- Consequentie kwantificering (QRA, Safeti)
- Instrumentele beveiliging
- Uitvoering grote projecten/turn arounds
- Externe veiligheid/BRZO/PGS6
- Kwalificeren en kwantificeren van risico's
- Explosies
- Gevaarlijke stoffen
- Incidentenonderzoek
- ATEX

Data: 16, 23, 30 maart, 6, 13, 20 april, 11 mei en tentamen op 1 juni 2017.

Meer informatie: www.phov.nl

Voor persoonlijk studieadvies: 030 231 82 12, info@phov.nl

Schrijf je alvast in, deze opleiding zit altijd snel vol.



Weerdsingel WZ 32 | 3513 BC Utrecht | T 030 231 82 12 | www.phov.nl | info@phov.nl



Procestechnologie
start februari 2017

Vapro-D
start 5 september 2016

KENNIS MOET JE OOK ONDERHOUDEN.

Materialen

- Introductie Metaalkunde
- Metaalkunde
- Introductie Corrosiebeheersing
- Corrosie en Corrosiebeheersing
- Hogere Gieterijtechniek

Engineering

- International Welding Technologist (IWT)
- International Welding Engineer (IWE)
- Procestechnologie voor Engineers
- Vapro-D
- Projectmanagement voor Engineers

Onderhoud & Inspectie

- Inspectie- en Keuringstechnieken 2 en 3
- Onderhoudstechniek
- Onderhoudstechnologie
- Onderhoud en Management
- Opslagtanks voor Engineers

Informeer nu en start nog dit najaar met een cursus/opleiding.

Voor alle cursussen en opleidingen geldt: naast individuele deelname behoort maatwerk voor meerdere medewerkers ook tot de mogelijkheden. Meer weten, ook over ons overig aanbod? Bel 088 481 88 88, of kijk op www.cvnt.nl

ER VALT NOG GENOEG TE LEREN

CENTRUM VOOR
NATUUR & TECHNIEK
HOGESCHOOL
UTRECHT

