

# STOOMATLAS

De gids voor duurzaam stoomgebruik

editie 4 - deel 2

Machine upgradings van stoominstallaties en -netwerken

Efficiënt stoom opwekken

Industriële experts in duurzame warmte

Stoomproductie tot 400° C op basis van geconcentreerd zonlicht

Energie besparen en alternatieve brandstoffen voor stoomketels

Marktintroductie SPH Thermbooster™ stoomwarmtepomp



STOOMPLATFORM  
ENERGIK

# Callens

## Smart thermal & air solutions

**Low CO<sub>2</sub> - high profit**



Industrielaan 21, 8790 Waregem  
Geel | Luik | Arnhem (NL)

+32 (0)56 72 08 46  
info@callens.eu



Reliable Process Temperature

[www.callens.eu](http://www.callens.eu)





# Voorwoord

Door Prof. Michel De Paepe  
Voorzitter Platform Duurzaam Stoomgebruik

Beste lezer,

Stoom is nog steeds onze belangrijkste warmtedrager voor industrieel gebruik. In sectoren als chemie, voeding, textiel ... worden dagelijks tonnen stoom aangemaakt om producten te verwerken. Het energiegebruik dat hiermee gepaard gaat, is dan ook aanzienlijk. De nood aan warmte in de industrie is veel groter dan de vraag naar elektriciteit. De recente aardgascrisis drukt ons echter met de neus op een zeer harde waarheid: de stijgende prijzen zetten ons heel economisch systeem zwaar onder druk.

Iedere kubieke meter aardgas die we niet verbruiken levert ons nu een enorm economisch (maar ook ecologisch) voordeel op. Stoomverbruik beperken en stoom efficiënt inzetten heeft dus een groot potentieel in onze industrie.

Met deze nieuwe editie van de Stoomatlas wil het Platform voor Duurzaam Stoomgebruik van ENERGIK vzw hieraan bijdragen. Het Platform voor Duurzaam Stoomgebruik heeft tot doel de kennis rond stoomtechniek levend te houden. We werken samen met producenten van stoomtechnologie en met geëngageerde spelers uit het bedrijfsleven die begaan zijn met stoom. We proberen kennis en goede praktijken te verzamelen en te verspreiden.

Voor u ligt het tweede deel van de vierde editie van de Stoomatlas. We willen u verder informeren over duurzame technologieën en energiebesparingen die gerealiseerd kunnen worden, geïllustreerd met enkele voorbeelden uit het bedrijfsleven. Daarnaast vindt u ook een lijst van bedrijven die u verder kunnen helpen met uw specifieke vragen en problemen rond stoom in uw bedrijf. Meer informatie vindt u op [www.energik.be](http://www.energik.be).

Jaarlijks organiseren we een Stoomtechniekdag en een Stoomcursus waarop we uw kennis over stoomtechniek proberen aan te scherpen. We kijken er naar uit u op één van onze activiteiten te ontmoeten. ■



## COLOFON

De Stoomatlas 2022 kwam tot stand dankzij de medewerking van Michel De Paepe, Jasper Nonneman, Jozef de Borger en het FCO Media-team onder leiding van Patrick Vandenkendelaere. Met dank aan de auteurs: Valérie de Groote, Hans Fastenaekels, Steven Lecompte, Koen Mortelmans, Willy Somers, Jérémie Vancraywinkel, Daan Vandeplassche en Davy Van Paemel.

Deze stoomatlas wordt uitgegeven door ENERGIK vzw met de steun van het Vlaams Energieagentschap.

Voor meer informatie over dit magazine of over stoomgebruik kan u terecht bij:  
ENERGIK vzw, Bedrijvencentrum regio Mechelen, Industriegebied Mechelen Zuid II, De Regenboog 11,  
2800 Mechelen. Tel. 0475 78 09 69 – [jozef.deborger@energik.be](mailto:jozef.deborger@energik.be) of op [www.energik.be](http://www.energik.be)

Eindredactie: Michel De Paepe en Jasper Nonneman.

# Machine upgradings van stoominstallaties en -netwerken

Door Prof. Steven Lecompte en Prof. Michel De Paepe, UGent en Jasper Nonneman, doctoraatstudent aan UGent

**Productiebedrijven zien potentieel in Industrie 4.0 om hun productiviteit en rendabiliteit te verhogen. Ze maken (nog) gebruik van industriële machines die weliswaar tientallen jaren oud zijn, maar nog niet aan het einde van hun (mechanische) levensduur. Toch voldoen ze niet aan de huidige noden qua functionaliteit en energie-efficiëntie. Ze zijn vaak beperkt uitgerust met sensoren en bovendien ontbreekt in veel gevallen rekenkracht, communicatie met het netwerk en een goede HMI. De investeringskost om nieuwe systemen te plaatsen, vormt zo een hinderpaal voor het implementeren van Industrie 4.0-technologieën.**

Door oudere industriële systemen op kostenefficiënte wijze te upgraden met sensoren, actuatoren, controllers en rekenkracht, kunnen bedrijven hun machinepark moderniseren. Uit gesprekken komen drie belangrijke bezorgdheden naar boven:

- Het vinden van een geschikte aanpak om van de huidige staat van de machine of installatie naar de gewenste functionele toestand te gaan. Wat zijn de becijferbare kosten en baten?
- De selectie van geschikte hardware en software die voldoen aan alle eisen. Welke technologie is nodig voor een specifieke machine?
- Trajectbegeleiding om het oude met het nieuwe te verbinden. Hoe kunnen bedrijven dit concreet implementeren?

In het proeftuinproject 'Industrie 4.0 Machine Upgrading' slaan de KU

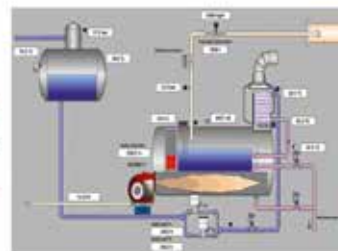
Leuven-Campus Brugge (M-Group), Flanders Make (DecisionS) en UGent (Machinerics & Factories) de handen in elkaar. Ze willen samen onderzoeken hoe bestaande industriële systemen zonder grote meerkost verbeterd kunnen worden. De proeftuin wil dit faciliteren via hulpmiddelen bestaande uit inspiratieve voorbeelden met kosten-batenanalyses. Stoominstallaties waren een voorbeeld in de proeftuin die bijzondere aandacht kregen.

## MACHINE UPGRADING VAN STOOM-INSTALLATIES EN NETWERKEN

Op bestaande stoominstallaties is omwille van het wettelijk kader reeds een scala van beveiligingsapparatuur aanwezig. Tegelijk ontbreekt het aan meetapparatuur die de prestatie van het systeem nauwkeurig opvolgt. Dit betekent dat het niet mogelijk

is de energiebalans van een stoominstallatie op te volgen, laat staan de instellingen ervan aan te passen om vraag/aanbod op elkaar af te stemmen of om anomalieën in het systeem te detecteren. Machine upgrading biedt mogelijkheden om de energie efficiëntie, monitoring, onderhoud en levensduur van bestaande installaties te verbeteren. Het onderzoek naar het aantal te plaatsen meettoestellen en de beoogde resolutie voor sturing en optimalisatie is hierbij een cruciale vraag. Stoomdebietmeters vragen hoge investeringen. Hoeveel meters zijn er minimaal nodig? Welke data-analysetechnieken kunnen gebruikt worden? Wat kan er geleerd worden uit deze data? Is het mogelijk door middel van andere meters met een lagere investeringskost toch de toestand te bepalen? Binnen het proeftuinproject werden er drie demonstratiecases opgezet: een stookplaats, de debietmeters in een stoomnetwerk en de condenspotten op stoomleidingen. Vier concrete doelen werden gedefinieerd om het potentieel van machine upgrading aan te tonen:

- 1) Visualisatie van energiestromen en systeemparemeters (dashboard);
- 2) Onderzoek naar het aantal te plaatsen meettoestellen en de beoogde

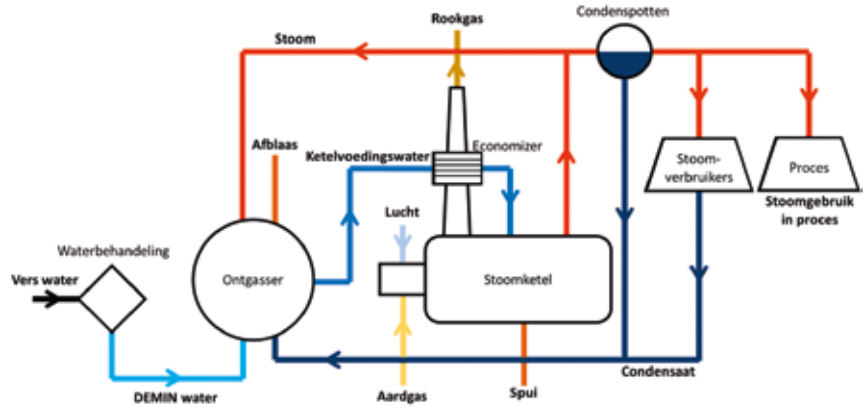


Figuur 1: Stoominstallaties doorheen de tijd.

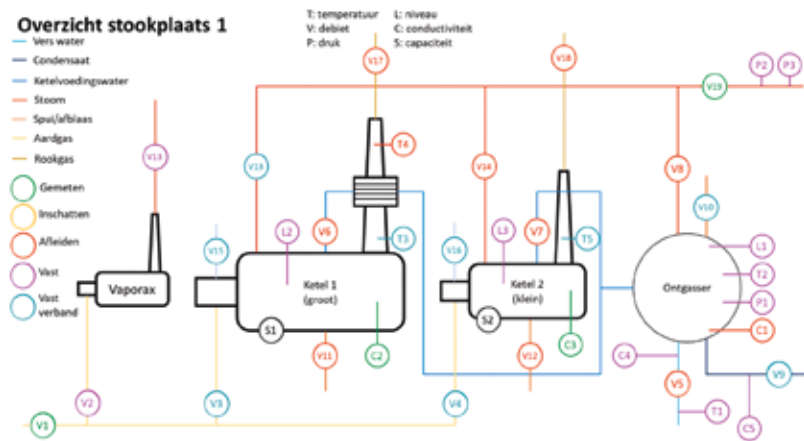
resolutie voor sturing, optimalisatie en sluiten van de energiebalans;  
 3) Automatische en actieve foutdetectie in het systeem door de analyse van trends in de meetdata;  
 4) De effectieve besparing van een energiebesparende maatregel op een bestaande installatie.

### DEMONSTRATOR 1: STOOKPLAATS

Een semi-empirisch stookplaatsmodel werd ontwikkeld aan de UGent om uit een combinatie van de beschikbare meetdata en een aantal theoretische procesvergelijkingen, de massa- en energiestromen tussen de componenten en in het systeem te analyseren. Daaruit kan ook de fout op de energiebalans bepaald worden, die een belangrijke karakteristiek is van de stookplaats voor foutdetectie en het bepalen van energiebesparingen en efficiëntieverbeteringen. Indien er geen temperatuur-, druk- en niveaumetingen aanwezig zijn op de ketels, kan de opgeslagen energie niet bepaald worden en komt het ogenblikkelijke verschil in de fout op de energiebalans. Verder hebben onzekerheden op de procesinstellingen en meetapparatuur een invloed op de energiebalans en de nauwkeurigheid waarmee deze opgemeten kan worden. Die nauwkeurigheid is ook een maat voor de nauwkeurigheid voor de efficiëntie en energiestromen. Tenslotte zitten onbekende energieverliezen ook in deze fout, waardoor ze een maat kan zijn voor mogelijke energiebesparingen. Verder kan ze dienen voor foutdetectie, omdat



Figuur 2: Overzicht van een stookinstallatie.



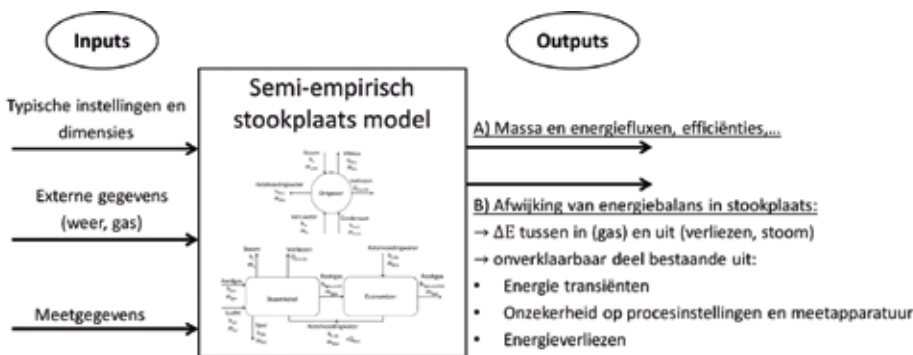
Figuur 4: Overzicht van de eerste stookplaats met weinig metingen beschikbaar.

plotse wijzigingen kunnen wijzen op extra energieverliezen en dus fouten in het systeem. De uitgewerkte strategie werd toegepast op twee bestaande stookplaatsen, waarbij één stookplaats beperkt geïnstrumenteerd is. Bij de tweede stookplaats wordt er wel al veel opgemeten (debieten, temperaturen, drukken, concentraties) waarbij

massa- en warmtebalansen bijna volledig gesloten kunnen worden. Dit artikel beperkt zich echter tot de resultaten van de stookplaats met een beperkt aantal metingen. Van deze stookplaats zijn metingen beschikbaar over een tijdspanne van drie jaar. De belangrijkste vraag is: "Welke sensoren dienen we hier essentieel bij te plaatsen om de nauwkeurigheid op het sluiten van de energiebalansen zoveel mogelijk te vergroten?"

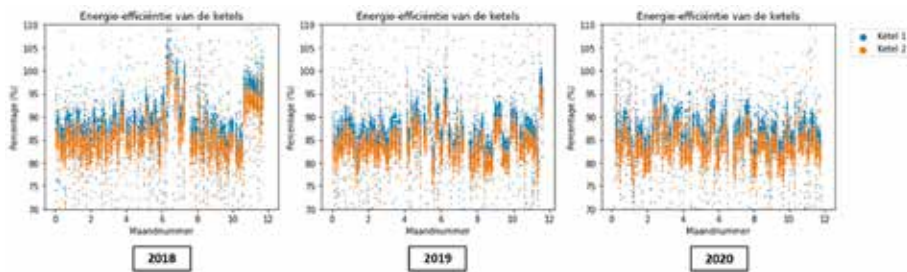
### Visualisatie

Figuur 5 geeft een voorbeeld van de visualisatie van de energie-efficiëntie van de ketels voor ieder meetpunt. Het is duidelijk dat de efficiëntie van ketel 1 hoger ligt dan die van ketel 2, voornamelijk omwille van de aanwezigheid van een economiser op ketel 1. Verder valt het ook op dat de energie-efficiëntie voor sommige meetpunten zich boven



Figuur 3: Semi-empirisch stookplaatsmodel en bepaling van de fout op de energiebalans.





Figuur 5 : Visualisatie van de ketel-efficiëntie van de eerste stookplaats

de 100% bevindt, wat fysisch niet mogelijk is. De reden daarvoor is het ontbreken van energietransiënten in het model, aangezien hierover geen meetdata beschikbaar was. Zo zal de efficiëntie op het einde van de week (geen productie in het weekend) te hoog worden ingeschat wanneer de overgebleven energie-inhoud in de ketels opgebruikt wordt. In het begin van de week zal het omgekeerde zich voordoen na een koude start, waarbij de efficiëntie tijdelijk onderschat wordt. Op eenzelfde manier kan de fout op de energiebalans van de ketels gevisualiseerd worden voor elk meetpunt in de tijd.

### Invloed van het aantal en type sensoren

Om te bepalen welke sensoren belangrijk zijn en eerst geplaatst moeten worden, wordt de sensitiviteit van alle parameters op de fout op de energiebalans bestudeerd. Figuur 6 geeft de veranderingen weer voor een ketel, door de onzekerheid op de input parameters, en dit voor de belangrijkste parameters. Het gasverbruik en de stoomlevering worden gemeten en liggen dus vast, waardoor het verschil in energie tussen beide (de fout op de energiebalans), verklaard moeten worden. Als voorbeeld beschouwen we de luchtvermaat. Als deze in realiteit 10% hoger is dan ingeschat, dan zal de afwijking tussen gasverbruik en stoomlevering eigenlijk kleiner zijn dan ingeschat, omdat er dan meer verliezen zijn via de rookgassen. Initieel werden die verliezen dus lager ingeschat. De fout op de energiebalans kan daardoor beter verklaard worden en zo daalt de fout op de energiebalans met 20%. Als het effect

van een bepaalde parameter op de fout op de energiebalans klein is, is het niet noodzakelijk om deze parameter beter op te meten. Andere parameters waarvan de onzekerheid resulteert in een grote onzekerheid op de fout op de energiebalans, zijn wel belangrijk, zoals de parameters in de tabel. De belangrijkste zijn het stoomdebiet en gasverbruik. De resultaten zijn echter stookplaats-specifiek. De absolute resultaten kunnen dus niet algemeen doorgetrokken worden, maar de methode wel.

### Energiebesparende maatregelen

De resultaten kunnen ook bekeken worden vanuit het perspectief van energiebesparingen. Indien de luchtvermaat wordt gemeten met een zuurstofmeting in de rookgassen, dan kan de luchtvermaat efficiënter en dus lager worden ingesteld. Als de luchtvermaat daalt (bijvoorbeeld met 10%), zal de fout op de energiebalans stijgen (19%). Dit klopt, aangezien er minder energie nodig is om dezelfde stoomlevering te voorzien en een groter verschil tussen gasverbruik en stoomlevering niet meer verklaard kan worden. Die stijging in de fout

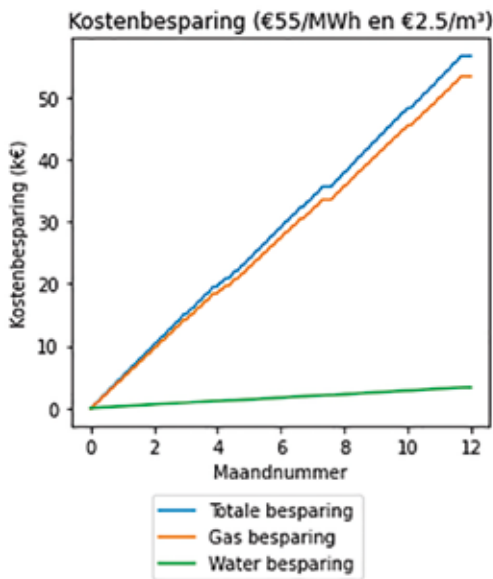
op de energiebalans is dus eigenlijk de energiebesparing die mogelijk is. Zo kunnen op basis van het model potentiële besparingsmogelijkheden geïdentificeerd worden. Deze redenering is natuurlijk niet voor alle parameters geldig, omdat sommige parameters eerder een resultaat zijn dan een instelling. De reële besparing van een energiebesparende maatregel kan ook kwantitatief bepaald worden, ervan uitgaande dat de fout op de energiebalans vast is. Met de verbeterde inputparameter na implementatie van de energiebesparende maatregel en de originele fout op de energiebalans, kan dan het nieuwe gasverbruik bepaald worden. De huidige stookplaats hanteert een standaardonderhoudsprogramma waarbij de condenspotten jaarlijks gecontroleerd worden op foutieve werking en lekkage. Hierbij kan men ervan uitgaan dat gemiddeld 15 - 30% van de condenspotten lekt. Indien men zou overschakelen naar een automatisch opvolgsysteem, kan dit teruggedrongen worden tot gemiddeld 5%.

### Foutdetectie

Op basis van de fout op de energiebalans kan ook aan foutdetectie gedaan worden. Deze afwijking is immers een maat voor de energieverliezen van de installatie. Als deze plots zou toenemen, wil dit zeggen dat het energieverlies hoger ligt dan normaal en er dus ergens een (belangrijke) fout optreedt. Fouten die weinig invloed hebben op de energiebalans zullen moeilijker gedetecteerd kunnen worden met deze aanpak, maar zijn ook minder van belang omdat ze niet

		Huidige situatie					
Parameter		Referentiewaarde	Onzekerheid op input			Afwijking van de fout op de energiebalans ketel 1 (%)	
			Min	Max		Min	Max
Input parameter	Luchtvermaat	0.2	-10 %	10 %		19	-20
	Stoomdruk	11 bar	-20 %	20 %		12	-9
	Condensaat retour	40 %	-10 %	10 %		-10	10
	Condensaat temperatuur	90 °C	-10 °C	10 °C		-16	16
	Water temperatuur	32.33 °C	-10 °C	10 °C		-25	26
Meting	Ketel 1 nominaal vermogen	7 ton/h	-10 %	10 %		-10	10
Meting	Stoomdebiet	$m_{st}$	-10 %	10 %		270	-100
	Gasverbruik	$E_{gas}$	-10 %	10 %		-100	238

Figuur 6 : Sensitiviteitsanalyse van een afwijking op een input parameter of meting op de afwijking op de fout van de energiebalans van ketel 1 (stookplaats specifieke resultaten).



Figuur 7: Vermindering in lopende kosten voor gasverbruik en watergebruik na overschakeling van een standaard onderhoudsprogramma naar een automatisch opvolgsysteem voor condenspotten.

gepaard gaan met een extra energieverlies. De fout op de energiebalans omvat:

- **Transiënten:** kunnen er uitgefilterd worden op basis van de standaardafwijking binnen een bepaald tijdsvenster.
- **Onzekerheid op instellingen en meetapparatuur en extra verliezen:** hiervan verwachten we dat de invloed steeds dezelfde is, ongeacht welk meetpunt. Hiermee is foutdetectie mogelijk, als de relatieve afwijking ten opzichte van de stoomvraag afwijkt van de verwachtingen. Op basis daarvan, kunnen er in 2018 duidelijk twee pe-

riodes aangeduid worden waarbij de stookplaats in foutieve werking was. Er werd nagegaan dat de eerste periode veroorzaakt werd door een brand, en de tweede door een probleem met een debietmeter. In 2019 en 2020 zijn er buiten een aantal uitschieters en periodes van stilstand, geen duidelijke fouten te detecteren. Het stookplaatsmodel kan worden gebruikt om aan real-time foutdetectie te doen en in te grijpen.

### DEMONSTRATOR 2: DEBIETMETERS IN EEN STOOMNETWERK

De tweede demonstrator is een groot en complex stoomnetwerk met 41 stoom- en waterdebietmeters. Het doel is het detecteren van een foutieve operatie op basis van een analyse van de meetdata van deze debietmeters via machine learning algoritmes. Deze foutieve werking kan een verlies van meetdata zijn (defecte meter) of een fout in het netwerk (lekkage, verliezen of faling van componenten). Figuur 8 toont een flowchart van de manier van aanpak. Dit model wordt vervolgens gebruikt om nieuwe data te labelen of te clusteren. Twee verschillende algoritmes werden uitgeprobeerd: supervised- en unsupervised learning. Toegepast op de meetdata van de stoomdebietmeters, konden volgende conclusies getrokken worden:

- **Supervised:** als er geannoteerde data beschikbaar is over een zeer lange periode met alle mogelijke fouten, dan zal het algoritme er hoogstwaarschijnlijk in slagen om elk nieuw meetpunt in de juiste groep te labelen. Deze aanpak vraagt dus enige inspanning van een persoon die op de hoogte is van

de processen en fouten, om voldoende en nauwkeurige data te genereren en annoteren.

- **Unsupervised:** het algoritme zal erin slagen de meest voor de hand liggende of grootste fouten of procesvariëaties te detecteren. Nieuwe gegevens met dezelfde fout worden correct geclassificeerd. Het risico bestaat er echter in dat er zeer veel clusters ontstaan, die elk een bepaalde procesinstelling voorstellen en de fouten die zich kunnen voordoen, hierin verdwijnen.

Een algoritme en aanpak die elk type fout automatisch herkent, werd echter niet gevonden binnen deze demonstrator. In beide gevallen wijst dit erop dat enige bedrijfskennis noodzakelijk is bij het toepassen van deze technieken.

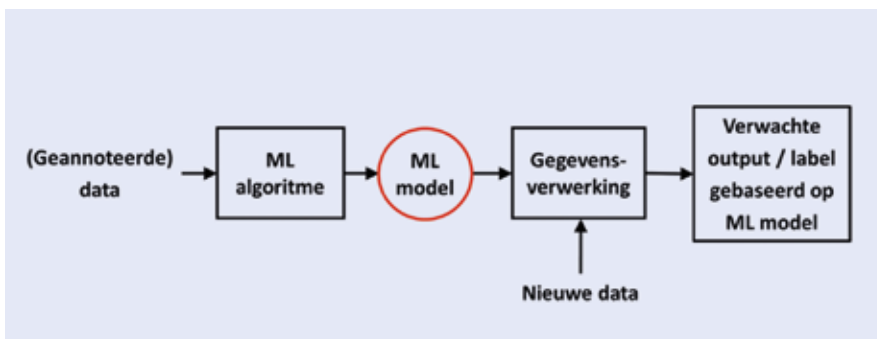
### DEMONSTRATOR 3: AUTOMATISCH GEMONITORDE CONDENSOTTEN

Om het potentieel van de automatische monitoring van condenspotten aan te tonen, werd er binnen deze laatste demonstrator een proefproject opgezet waarbij acht condenspotten van een back-up stookplaats werden uitgerust met een automatische opvolging. Over deze specifieke technologie werd in de vorige editie van de Stoomatlas 2022 – deel 1 al een artikel gepubliceerd: 'Wireless Steam Trap Monitoring'. Deze demonstrator is bij het schrijven van dit artikel nog volop lopende, waardoor er nog geen concreet cijfermateriaal beschikbaar is.

### CONCLUSIE

De resultaten uit deze demonstratoren tonen hoe het potentieel van Industrie 4.0 benut kan worden in stoominstallaties. Deze technieken vormen ook de basis voor geavanceerde controlestrategieën. Door middel van dynamische modellering van stoominstallaties kan verder gewerkt worden aan bijvoorbeeld model predictive control strategieën voor sturing- en onderhoudsstrategieën gebaseerd op een digital twin. ■

Heb je interesse in de gedetailleerde resultaten van deze industrie 4.0-proeftuin? Contacteer prof. Steven Lecompte op [Steven.Lecompte@UGent.be](mailto:Steven.Lecompte@UGent.be).



Figuur 8: Flowchart van het blackbox machine learning model.

# Efficiënt stoom opwekken

Door Davy Van Paemel, Energy specialist steam installations bij Spirax-Sarco Benelux

**Efficiënt stoom opwekken, wat betekent dit eigenlijk? Dat je met de laagste kost een bepaalde hoeveelheid stoom kan produceren. Niet alle ketelhuizen zijn uitgerust met de nieuwste energiebesparende technologieën. En zelfs als ze zijn voorzien, dan nog zien we in de praktijk dat ze niet altijd werken zoals het zou moeten en wordt het optimale rendement niet behaald.**

De eerste belangrijke keuze is: welke brandstof gaan we gebruiken? Gas, stookolie, elektriciteit, waterstof, bio-brandstoffen ... ? Alles hangt af van de kostprijs. En deze kan, zoals we vandaag zien, snel veranderen. Wat vandaag goedkoop is, kan morgen weer duur zijn en overmorgen weer betaalbaar. Dus investeren in een ketelhuis dat flexibel is qua brandstof (dual fuel systemen) loont zeker de moeite.

- Gas – stookolie
- Gas – elektriciteit
- Gas – biogas (of andere biobrandstoffen)
- Gas – waterstofmengsel
- ...

## ENERGIEBESPRENDE MAATREGELEN IN HET KETELHUIS

Welk zijn dan de besparende technologieën die we kunnen terugvinden in een ketelhuis en wat kunnen ze u opbrengen?

### 1. Automatisch spuisysteem

Met een automatisch spuisysteem houdt u de waterkwaliteit (zoutconcentratie – indikking) in de stoomketel onder controle. Het onderhouden van een consistent en aanvaardbaar geleidbaarheidsniveau (TDS) in de ketel is van kritiek belang voor een efficiënte waterbehandelingscapaciteit. Spuien op een verkeerde manier kan leiden tot excessieve energie- en waterverliezen en verhoogde chemicaliënconsumptie voor waterbehandeling. Wanneer het geleidbaarheidsniveau boven de aanbevolen waarden uitstijgt, komen de volgende effecten voor:

- Er kan een aanslag op de warmtewisselende oppervlakken komen, waardoor de warmte-overdracht wordt verminderd, wat falen van de ketelbuizen of andere drukhoudende delen kan veroorzaken.
- Er zal schuimvorming optreden in de boiler, waarbij water (en onzuiverheden) meegesleurd worden in het stoomnetwerk. Deze vervuilde stoom zal de warmtewisselende oppervlakken en de kleppen in het stoomnetwerk aantasten.

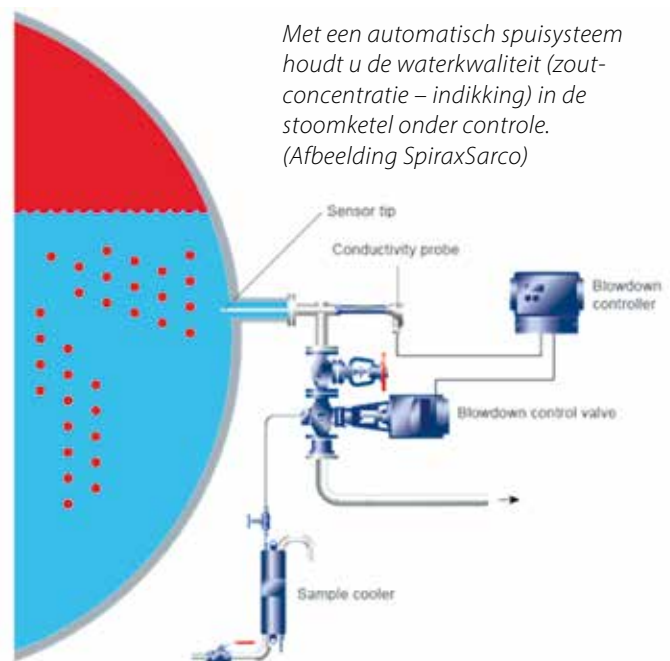
Om de hoeveelheid spui te verminderen zijn er verschillende mogelijkheden:

- Ten eerste is er de recuperatie van terugkerend condensaat uit het proces. Dit condensaat is al gezuiverd en bevat dus geen onzuiverheden die de ketel extra kunnen vervuilen. Als bijvoorbeeld de helft van het condensaat kan gere-

cupereerd worden t.o.v. een situatie van geen recuperatie, kan ook de spui met 50% verminderd worden.

- Ten tweede kan een voorbehandeling van het vers voedingswater ook de spui terugdringen. Stel dat er zonder voorbehandeling 7% tot 8% spui nodig is, kan dit percentage via waterbehandeling teruggedrongen worden tot 3% of minder.

De hoeveelheid energie is afhankelijk van de keteldruk. Als de hoeveelheid spui wordt verminderd, verlaagt ook de noodzakelijke hoeveelheid vers ketelvoedingswater. Als dit



Spui frequentie % van keteltoevoer	Energie aanwezig in spulwater (in MJ) per ton geproduceerde stoom				
	Werkdruk van de ketel				
	2 bar eff.	5 bar eff.	10 bar eff.	20 bar eff.	50 bar eff.
1%	4,8	5,9	7,0	8,4	10,8
2%	9,6	11,7	14,0	16,7	21,5
4%	19,1	23,5	27,9	33,5	43,1
6%	28,7	35,2	41,9	50,2	64,6
8%	38,3	47,0	55,8	66,9	86,1
10%	47,8	58,7	69,8	83,6	107,7



Het is essentieel dat er ook aandacht wordt besteed aan de energierecuperatie uit deze ketelspui. (Afbeelding SpiraxSarco)

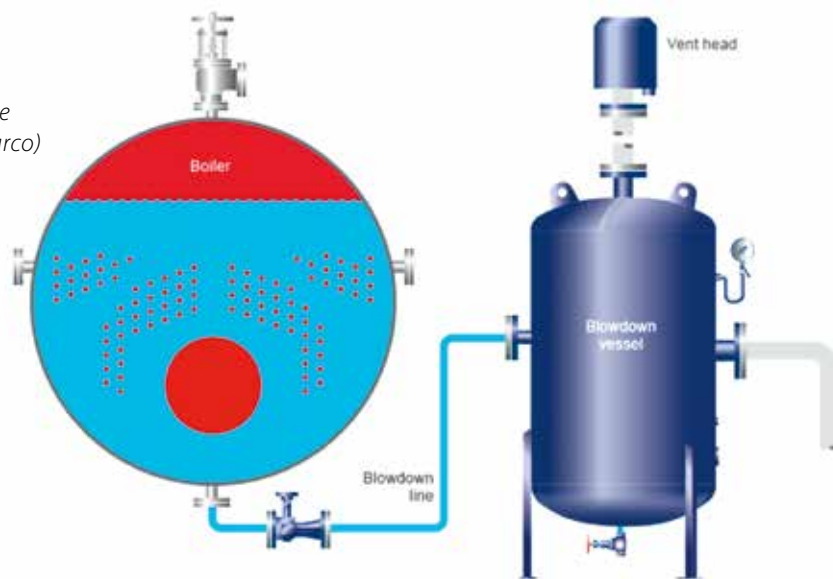
systeem al aanwezig is, kan men in vele gevallen nog besparen door regelmatige controle. Eenmaal per week een waterstaal nemen uit de ketel en dit vergelijken met de continue gemeten waarden is aanbevolen om zo de goede werking te vrijwaren en onnodig energieverlies 'door te veel te spuien' te voorkomen. **Gemiddeld kan men door deze maatregel 0,5 tot 2% besparen.**

## 2. Ketelspui recuperatiesysteem

Het is essentieel dat er ook aandacht wordt besteed aan de energierecuperatie uit deze ketelspui. Energie kan worden gerecupereerd doordat men de warmte gaat hergebruiken om via een warmtewisselaar ketelvoedingswater op te warmen. De ontstane revaporisatiestoom kan rechtstreeks naar de ontgasser geleid worden en kan zo gemengd worden met het verse ketelwater. Deze revaporisatiestoom bevat geen opgeloste zouten, en vertegenwoordigt een groot deel van de energie die in de spui zit. De mogelijke energiewinst uit de recuperatie van warmte uit spui wordt gegeven in de tabel (afhankelijk van een aantal parameters, zoals het vermogen van de ketel en waterkwaliteit). Door verlagen van de spuiwatertemperatuur via de hierboven beschreven wijze, voldoet men ook makkelijker aan milieureglementering: die schrijft een bepaalde temperatuur voor waaronder afvalstoffen geloosd mogen worden. Als het vers voedingswater een lage geleidbaarheid heeft of indien het meeste condensaat terug komt, zal dit systeem mogelijk minder rendabel zijn. **Gemiddeld kan 0,5 tot 2% worden bespaard door deze maatregel toe te passen.**

## 3. ECO-condensator

De meest significante efficiëntieverbetering die verwezenlijkt kan worden bij een ketel is door installatie van een economiser (ECO). Deze gebruikt warmte van de uitlaatgassen van de ketel om voedingswater voor te verwarmen. De economiser is een warmtewisselaar waardoor het voedingswater wordt gepompt. Het voedingswater komt dan aan bij de ketel op een hogere temperatuur. Op die manier



is er minder energie nodig om de stoom op te wekken. Wanneer dezelfde energiehoeveelheid wordt toegevoegd, wordt er meer stoom opgewekt. In beide gevallen is het resultaat een verhoogde ketelefficiëntie. Een typische ketel zal uitlaatgassen genereren met een uitlaattemperatuur van ongeveer 200 – 220 °C. Deze warmte-energie kan de voedingswatertemperatuur verhogen van ongeveer 105 °C naar ± 125 °C. Een goed ECO-ontwerp/selectie is wel essentieel om een vroegtijdig falen te vermijden. Men dient er aan herinnerd te worden dat, gezien de economiser zich aan de hogedrukzijde van de pomp bevindt, voedingswatertemperaturen hoger dan 100 °C mogelijk zijn en dus stoomvorming kan optreden bij stilstaande vloeistofstroom. De niveauregeling van de ketel dient modulerend te gebeuren (niet ON/OFF) om te zorgen voor een continue stroming van voedingswater door de warmtewisselaar. **Gemiddeld kan 2 tot 4% worden bespaard door een economiser te installeren.** Als we vervolgens nog een stap verder kunnen gaan en de rookgassen nog lager koelen (tot onder hun dauwpunt) zullen de besparingen nog groter zijn, zelfs 8 à 12%. De resulterende vloeistof kan dan zuurrijk en corrosief zijn. Hiervoor moeten we dus overgaan naar een speciale warmtewisselaar geschikt voor deze toepassing: een rookgascondensator.

## 4. Zuurstofregeling

Dit systeem regelt de brandstof/lucht-verhouding om zo het verbrandingsrendement te verbeteren. Idealiter is er een stoichiometrische verbranding, waarbij alle brandstof wordt verbrand en al de zuurstof in de lucht gebruikt wordt voor die verbranding. In de realiteit moet er echter iets meer zuurstof toegevoegd worden om ervoor te zorgen dat alle brandstof gebruikt wordt en dus ook een bepaalde overmaat aan lucht. Dit systeem minimaliseert die overmaat aan lucht en **het ketelrendement kan zo worden verhoogd met 1% bij een verlaging met 15% van de overtollige lucht.**

Gerecupereerde energie uit spulverliezen (MJ/h)					
Spulfrequentie % van ketelloevoer	Werkdruk van de ketel				
	2 bar eff.	5 bar eff.	10 bar eff.	20 bar eff.	50 bar eff.
1%	42	52	61	74	95
2%	84	103	123	147	190
4%	168	207	246	294	379
6%	252	310	368	442	569
8%	337	413	491	589	758
10%	421	516	614	736	948

## 5. Modulerende branderregeling

De brandstof en lucht worden modulerend geregeld in functie van de stoomafname. Dit kan worden gekoppeld aan de bovenstaande zuurstofregeling. In deze combinatie is het dan de bedoeling dat de brander de juiste brandstof/lucht-verhouding regelt. Dit kan eventueel in functie van de zuurstof die gemeten wordt in de rookgassen.

## 6. Luchtvoorverwarming

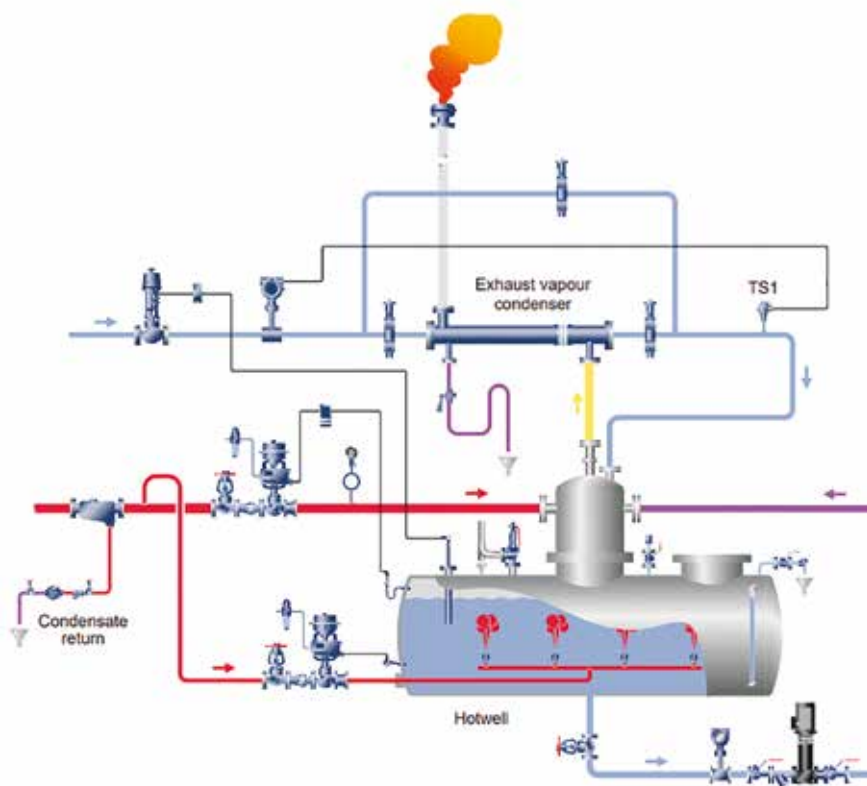
Een volgende mogelijke besparende maatregel in de ketelhuishouding is het voorverwarmen van de benodigde lucht voor de brander van de ketel met een LuVo (LuchtVoorverwarmer). Werken met een verhoogde verbrandingsluchttemperatuur geeft een verbeterd verbrandingsrendement, waarbij men in sommige gevallen toch een paar procentjes kan winnen in functie van toegepaste temperatuur. Een LuVo kan geplaatst worden op de rookgasafvoer maar kan ook gebruik maken van een andere warmtebron (flash steam, persluchtcompressor ...). De meeste branders zijn ontworpen voor normale verbrandingslucht (omgevingstemperaturen). Deze zijn helaas dus meestal beperkt tot 40 °C. Dit vermindert sterk de mogelijkheid tot verbetering van het verbrandingsrendement, waardoor de terugverdientijd relatief lang wordt. Het ketelrendement kan met 1% worden verhoogd door de temperatuur van de verbrandingslucht met 20 °C te verhogen.

## 7. Isolatie

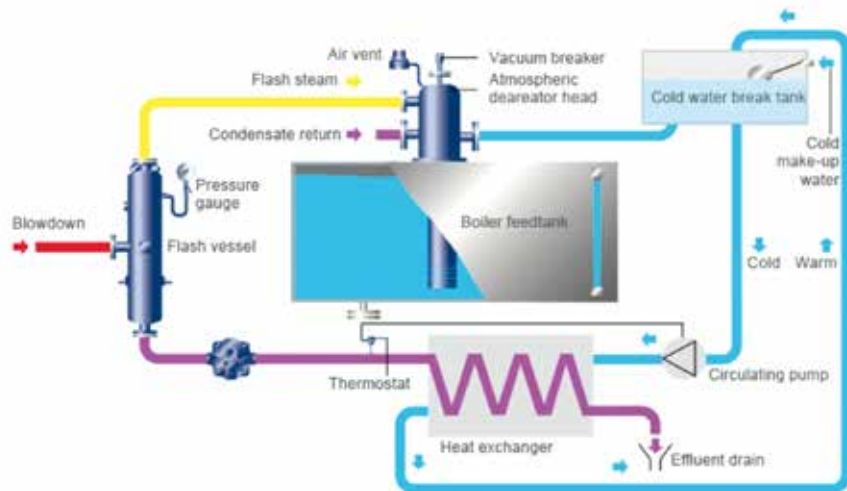
Een goed geïsoleerde ketel is essentieel om zo onnodig energieverlies tegen te gaan. Het advies is om minimum 10 à 12 cm isolatie te voorzien. Men volgt dit best ook goed op, want isolatiewaarden verminderen mettertijd. Je kan bijvoorbeeld eenvoudigweg jaarlijks de wandtemperatuur van de ketel gaan meten (deze zou niet hoger dan 30 à 35 °C mogen zijn). Vergeet ook niet om alle randappendages op de ketel te isoleren met isolatiemantels. Dat wordt in de praktijk nog al eens vergeten.

## 8. Vent condensor

Om de zuurstof te allen tijde uit de ontgasser te verdrijven, is het noodzakelijk om een stoom/zuurstof mengsel uit deze ontgasser te verwijderen. Een zeker stoomverlies is dus noodzakelijk. Men kan echter die energie wel aanwenden om het vers voedingswater verder op te warmen (vooraleer het in de ontgasser terecht komt) door de installatie van een vent condensor.



*Men kan die energie wel aanwenden om het vers voedingswater verder op te warmen door de installatie van een vent condensor. (Afbeelding SpiraxSarco)*



*De opstelling van een typisch energierecuperatiesysteem. (Afbeelding SpiraxSarco)*

## WELKE ANDERE ENERGETISCHE VALKUILEN KUNNEN ER NOG ZITTEN IN HET ONTWERP?

### Selectie van een te grote stoomketel

Als de ketel veel te groot is ten opzichte van zijn werkelijke benodigde verbruik zal dit leiden tot grotere warmteverliezen dan noodzakelijk. Door processen (beter) op elkaar af te stemmen, kan men toch een kleinere ketel voorzien. Enkele mogelijkheden: on/off-regelingen (batch processen) ombouwen naar modulerende regelingen, proceswattanks voorzien als energiebuffer of thermische stoombatterijen of accumulatoren voorzien.

## Te grote brander

Te grote ketel betekent meestal te grote brander. Verliezen bij intermitterend gebruik treden op elke keer als een ketel uitgeschakeld wordt voor een korte periode. De cyclus kent dan een brandtijd, een naspoelperiode, een stilstandperiode en een voorspoelperiode, en daarna weer een brandtijd. Dergelijke verliezen worden in de hand gewerkt als het geïnstalleerde vermogen van de ketel een heel stuk groter is dan wat in feite nodig is. Intermitterend gebruik kan in de eerste plaats vermeden worden door een juiste afstemming van het geïnstalleerd vermogen op de energievraag en zal de ketel minder vaak doen aan- en afslaan. Dit kan bijvoorbeeld ook worden opgelost door installatie van verschillende ketels met een kleiner vermogen.

## Stilstandverliezen

Het op temperatuur houden van een slecht geïsoleerde stand-byketel, kan gedurende het gehele jaar continu een hoeveelheid energie kosten die overeenkomt met ongeveer 8% van het totale vermogen. Indien in een ketelhuis meerdere ketels in één netwerk staan, kunnen enkele ketels in stand-by op temperatuur worden gehouden door hen te verbinden met de actieve ketels. Ketelwater uit de actieve ketels (op de gewenste temperatuur) wordt dan gecirculeerd door de ketels die in stand-by staan. Op deze manier zijn de stand-by ketels volledig afgesloten en blijven ze toch op temperatuur. Zo worden extra verliezen vermeden, maar kunnen de ketels indien gewenst heel snel opstarten.

## Aanslag van ketel

Een regelmatige verwijdering van de aanslaglaag op de waterzijdige kant van de stoomketel kan zelfs bij kleine stoomketels een grote energiebesparing teweeg brengen. Deze aanslag wordt gevormd door neerslag van opgeloste stoffen in het ketelwater bij verdamping. De aanslag heeft typisch een warmteweerstand die verschillende grootte-

Laagdikte (mm)	Verschil in warmteoverdracht [%]
0.1	0.5%
0.5	2.5%
1	5.0%

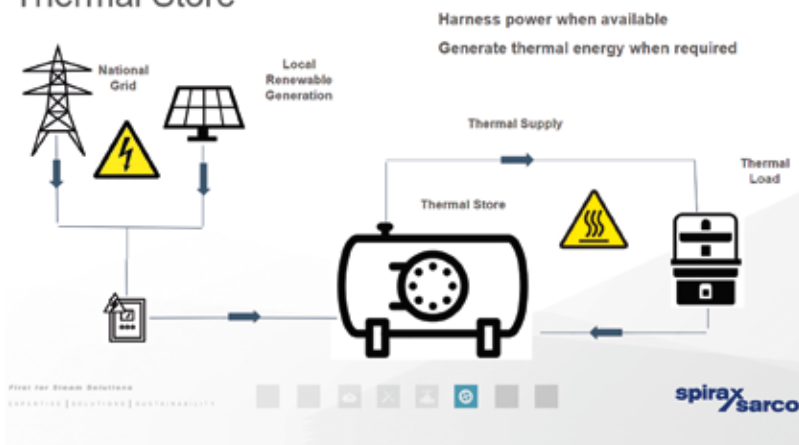
ordes verschilt van die van het staal. Kleine aanslaglagen kunnen zo al een sterke weerstand tegen de warmteoverdracht geven. De aanslag verhoogt ook de temperatuur van het metaal: dit kan bij stoomketels tot breuk leiden door oververhitting van de stalen buizen. Bij een correcte behandeling van het ketelwater wordt de opbouw van een aanslaglaag effectief vermeden. Een volledige voorbehandeling van het water waarbij alle opgeloste zouten worden verwijderd, kan heel veel problemen vermijden. Daarnaast wordt bij een grondige waterzuivering ook de hoeveelheid ketelspui verminderd, wat serieuze energiewinsten kan opleveren. De aanslag kan verwijderd worden bij het onderhoud van de ketel, zowel mechanisch als door een behandeling met zuren. Als de aanslag zich te snel vormt, moet de behandeling van het ketelwater opnieuw bekeken worden. De noodzaak voor verwijdering kan eenvoudig vastgesteld worden door visuele controle tijdens het onderhoud. Het opvolgen van de rookgastemperatuur kan een indicator zijn: als de rookgastemperatuur langdurig hoger is dan normaal, is het mogelijk dat er zich aanslag gevormd heeft. De tabel geeft het verlies in warmteoverdracht bij de vorming van een aanslaglaag op het warmtewisselend oppervlak.

## DE TOEKOMST

De toekomst is moeilijk te voorspellen, maar dat stoom zal blijven bestaan, heeft een grote waarschijnlijkheid door het brede toepassingsgebied. Het kan zowel voor verwarmen als koelen worden gebruikt en heeft een hoge energiedichtheid. Daardoor is slechts een kleine verwarmingsinfrastructuur nodig ten opzichte van andere verwarmingssystemen, waardoor de benodigde procesruimte minimaliseert. Stoom vloeit vanzelf en heeft geen pompen nodig, en op het einde van de cyclus blijft alleen water achter ter recuperatie en hergebruik. Maar de vraag naar elektrische opslag en productie blijft stijgen. Vandaar dat we meer en meer gebruik maken van thermische stoombatterijen. Hierbij gaat men elektrische energie opslaan in een stoombatterij op momenten dat er een overschot is aan elektriciteit en vrijlaten als stoom op andere momenten. Is dit de manier om meer met energie om te gaan in de toekomst? Of moet het ei van Columbus nog worden ontdekt? Het is koffiedik kijken. Maar één ding is zeker: stoom zal er altijd zijn, het blijft een natuurlijke technologie. ■

*Met thermische stoombatterijen gaat men elektrische energie opslaan in een stoombatterij op momenten dat er een overschot is en vrijlaten als stoom op andere momenten. (Foto SpiraxSarco)*

## Thermal Store





# Industriële experts in duurzame warmte

In zowat alle sectoren worden er vandaag inspanningen gedaan om de emissies van schadelijke broeikasgassen te reduceren. Ook voor de productie van proceswarmte wordt er volop gezocht naar alternatieven voor fossiele brandstoffen als energiebron. Deze evolutie was reeds enkele decennia geleden ingezet en versnelt jaarlijks door een grotere bewustwording. Het is echter sinds de oorlog in Oekraïne losbarstte, dat het pijnlijk duidelijk werd hoe afhankelijk wij en onze industrie nog steeds zijn van fossiele brandstoffen. Het laatste jaar maakte duidelijk dat een switch naar alternatieven niet evident is en botst op vele obstakels. En toch heeft BBC NV zich samen met Bosch Industriekessel in deze periode uitdrukkelijk geprofileerd als de partner bij uitstek om op zoek te gaan naar de best passende oplossing voor uw bedrijf om die afhankelijkheid van fossiele brandstoffen zo ver mogelijk terug te schroeven.

**‘Sustainable heat, industrial experts’** is daarbij het motto van zowel Bosch als BBC. BBC wil oplossingen aanbieden voor een groene stoom- en warmwaterproductie, om zo zijn klanten te helpen in hun succesverhaal. De oplossingen die wij hiervoor kunnen aanbieden zijn niet alleen energie besparend maar zijn tevens in staat om met alternatieve en ecologische energiebronnen warmte te produceren. Onze expertise en die van onze partners in zowat alle domeinen gaande van projectplanning,

uitvoering en oplevering tot nazorg, zorgen ervoor dat Bosch wereldwijd als partner verkozen wordt. BBC zet daarom in op 3 pijlers:

- Modernisatie
- Alternatieve brandstoffen
- Elektrificatie

## VERBETERINGSPOTENTIEEL VINDEN

Ketels, zowel voor de productie van stoom als warm water, zullen een belangrijke rol blijven spelen in het nieuwe energielandschap. Door bestaande installaties te moderniseren,

kunnen we al belangrijke stappen zetten in energiebesparing. BBC heeft niet alleen een jarenlange ervaring in de installatie van stoomketels maar tegelijk in het onderhoud en de opvolging van deze installaties. Ze weet dus als geen ander waar het verbeteringspotentieel zit voor bestaande installaties! Door het toepassen van de best beschikbare technologieën, kunnen bestaande installaties een update krijgen waardoor ze weer jaren meedraaien met de beste van de klas.

## TERUGKEER NAAR STOOKOLIE

Een opvallende evolutie van het afgelopen jaar, met als hoofdoorzaak de situatie tussen Oekraïne en Rusland en de daaruit voortkomende exponentieel gestegen gasprijzen, is het terug omschakelen van veel bedrijven naar stookolie als brandstof. Het mag duidelijk zijn, dat die keuze voornamelijk gedreven is door economische motieven. BBC laat deze klanten, die op korte termijn geen alternatief hebben, niet in de kou. De stookoliebranders of combibranders die BBC voorziet voor dergelijke ombouwprojecten voldoen aan de strengste emissienormen om de impact op het milieu zo laag mogelijk te houden. Daarnaast beschikt Bosch al jaren over de technologie om zijn stoomketels uit te rusten met bijkomende energiebesparende maatregelen zoals economisers die ook geschikt zijn om te werken bij deze stookoliebranders.

## OOK HUURANBOD

In deze onzekere tijden is het voor een bedrijf niet altijd gemakkelijk om grote investeringen te doen voor nieuwe installaties. Met onze huurketels die zowel op aardgas als stookolie kunnen draaien helpen we onze klanten deze periode te overbruggen, waarbij ook onze huurketels voldoen aan de strengste milieueisen op dit moment.

Bosch ELSB: 100% elektrische stoomketel



## GROENE ALTERNATIEVEN

We kunnen echter nog veel verder gaan en trachten om fossiele brandstoffen volledig uit te schakelen. Bosch ketels zijn zodanig ontworpen dat ze inzetbaar zijn bij verschillende types brandstof, ook groene alternatieven zoals biogas en zelfs waterstof. Hoewel het gebruik van biogas een aantal implicaties met zich meebrengt, kunnen Bosch ketels hier mee om, mits de juiste brandtechnologie toe te passen. BBC heeft de laatste jaren zo een paar mooie projecten kunnen realiseren waarbij biogas in combinatie met aardgas als brandstof gebruikt werd.

## PROCESGASSEN ALS BRANDSTOF

Een ander potentieel dat vaak nog onderbenut blijft is het gebruik van procesgassen als brandstof. Een mooi voorbeeld hiervan is waterstof, dat bij een aantal chemische processen als bijproduct vrijkomt. Door dit te capteren en als energiebron te gebruiken bij de stoom- en warmteproductie die deze chemische processen vaak nodig hebben, kan er een onmiddellijke winst geboekt worden. BBC is samen met Bosch volop aan het investeren om deze klanten in de toekomst nog meer te ondersteunen in hun zoektocht naar de best passende technologie. Hoewel waterstof vandaag nog lang niet voor iedereen beschikbaar is, zien we toch allerhande ontwikkelingen om dit in de toekomst mogelijk te maken. Daarom zijn nu reeds alle nieuwe ketels van Bosch 'Hydrogen Ready' en klaar om in



Bosch UL-S 20000: combineert klassieke brandstoffen aardgas en stookolie met waterstof

de toekomst waterstof als brandstof te gebruiken en zo 100% klimaatneutrale stoom te produceren.

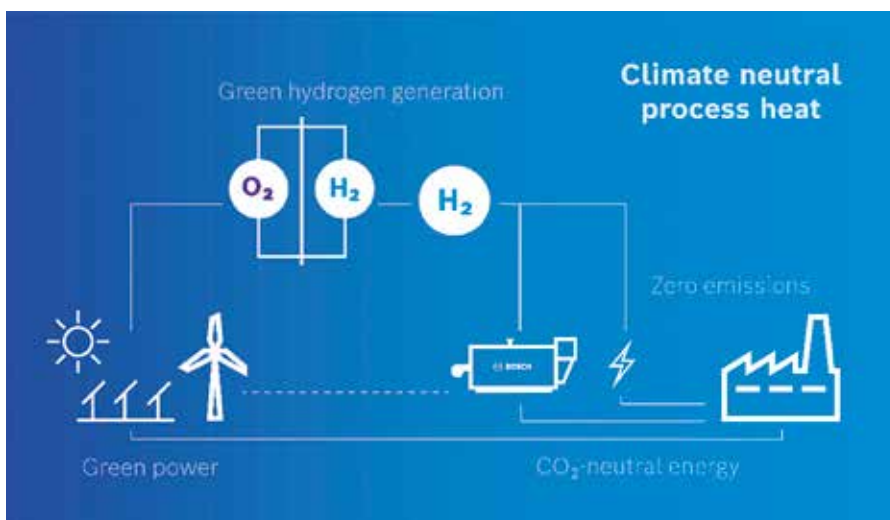
## GROENE ELEKTRICITEIT

Waar bedrijven vandaag wel makkelijker toegang toe hebben is elektriciteit. Hoewel elektriciteitsproductie nog sterk gelinkt is aan fossiele brandstoffen (gas, olie, kolen), zien we een sterke opmars van groene elektriciteit opgewerkt door wind en zon. Elektrificatie zet zich in zowat alle sectoren door en warmteproductie is daarin geen uitzondering. Sinds een drietal jaar beschikt Bosch over een compleet gamma aan elektrische stoomketels met een capaciteit gaande van 350 kg/u tot 7 ton/u op basis van weerstands-

elementen op laagspanning (400 - 690 V). Deze weerstandselementen kunnen ook ingebouwd worden in klassieke ketels om zogenaamde hybride ketels te vormen die vlot schakelen tussen elektrische verwarming en klassieke brandstoffen voor een verhoogde flexibiliteit. De elektrische ketels van Bosch hebben een aantal kenmerken die het overwegen waard zijn. Zo hebben de ketels een groot modulatiebereik en kunnen ze zeer snel opgestart worden, wat hen ideaal maakt voor back-up en stand-by toepassingen. Door de afwezigheid van brandstof en rookgassen zijn ze emissievrij en vragen ze een pak minder onderhoud. Voor hogere capaciteiten is laagspanningsvoeding echter niet zo geschikt, maar ook daar kan BBC met haar partners een oplossing bieden. Met behulp van compacte hoogspanning elektrode boilers kunnen stoomproducties tot 60 ton/u gehaald worden! Op sites waar vandaag zelf elektriciteit opgewerkt wordt, zijn ze de ideale partner om pieken in stroomproductie op te vangen gezien de grote buffercapaciteit van stoomketels en kunnen zo aldus het elektriciteitsnet in evenwicht houden.

Het is dankzij deze veelzijdige benadering dat BBC terecht kan stellen dat ze klaar is voor de toekomst! ■

[www.bbc-loos.be](http://www.bbc-loos.be)





# Stoomproductie tot 400° C op basis van geconcentreerd zonlicht in België

Door Azteq in samenwerking met DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)

**Er zijn slechts zeer weinig installaties met concentrerende collectoren opgesteld in een gematigd klimaat en er is weinig bekend over de werking ervan. Daarom zijn ervaringen met de werking van zonne-proceswarmte-installaties van bijzonder belang. Het bedrijf Solarlite heeft gegevens aangeleverd die in dit artikel worden besproken.**

Solarlite onderzoekt online de werking van een 1.107,8 m<sup>2</sup> (bruto) veld van collectoren met de typische geometrie van een parabolische trog, zoals al jarenlang toegepast in zonnekrachtcentrales, inclusief glas/zilver spiegels en vacuüm ontvan-gerbuizen. De onderzochte installatie is eigendom van het bedrijf Azteq dat warmte verkoopt aan de klant ADPO in zijn vestiging in Antwerpen. Na een fase van inbedrijfstelling en optimalisatie heeft Solarlite gegevens verzameld voor een volledig gebruiksjaar voor de periode 01.08.2020 tot 31.07.2021. Voor de warmtegeleidende vloeistof in de collectoren wordt een siliconenolie gebruikt tussen 200 en 300 °C zoals voorzien in het ontwerp. Deze thermische olie is vrij milieuvriendelijk en heeft een operationeel temperatuurbereik van -40 tot 420 °C. De olie stroomt door de collectoren in een gesloten circuit (primaire lus) en verwarmt een ketel waar stoom van 160 tot 170 °C wordt geproduceerd. De BoP (Balance of Plant) met pompen, stoomketel, expansievaten en andere apparaten, is gemonteerd in een container, die zich dicht bij het zonneveld bevindt met daartussen 10 tot 15 m leidinglengte. De SCE's (Solar Collector Element) hebben een openingsbreedte (aperture) van 5,77 m en een lengte van 12 m. De verbindingsleiding tussen de twee collectorrijen is 12 m lang. Vanuit de BoP is een stoomleiding aangelegd voor aansluiting op de verbruikersinstallatie.

## THERMISCHE OPBRENGST

De gegevens die van Solarlite worden ontvangen, hebben betrekking op de primaire lus die het zonneveld en de leidingen tussen de BoP en het zonneveld omvat. De meetapparaatuur voor de gedetailleerde gegevens (temperatuur, druk, debiet) zijn gecertificeerd voor economisch gebruik om de geleverde energie te meten, en de stralingsmeting om het invallende zonlicht te meten is een RSP (Rotating Shadowband Sensor). Voor de genoemde periode werd een thermische opbrengst van 452 MWh gemeten. Gedurende drie operationele dagen werden corrupte data ontvangen, samen goed voor ongeveer 16 MWh. Dit aantal werd indirect geschat op basis van de stoomdebietsmeter in de secundaire lus. Zo kan worden uitgegaan van een totale opbrengst van 468 MWh voor één operationeel jaar. Met een bruto apertuuroppervlak van 1.107,8 m<sup>2</sup> komt dit neer op 422 kWh/(m<sup>2</sup>a). Bovendien was de warmte-afnemende fabriek ongeveer acht dagen in onderhoudsmodus (van lente tot herfst) en werd de installatie tijdelijk stilgelegd omwille van de weersomstandigheden (hoge windsnelheden) gedurende zes zonnige dagen (van lente tot herfst). Als de centrale gedurende deze dagen in bedrijf zou zijn geweest, had volgens Solarlite bijna 450 kWh/(m<sup>2</sup>a) bereikt kunnen worden. De in deze periode gemeten DNI (Direct Normal Irradiance) en ANI (Aperture Normal Irradiation) totalen zijn respectievelijk 834 en 684 kWh/(m<sup>2</sup>a). Niet alle straling is



Parabolische trogcollectoren voor stoomopwekking in de ADPO-fabriek in België.

opgevangen, vanwege schaduw op de RSP-sensor, ontbrekende/corrupte gegevens en niet-ideale reiniging. Solarlite schatte dat een correctie van 10% nodig zou zijn om tot een realistisch resultaat te komen. De DNI zou dan 917 kWh/(m<sup>2</sup>a) bedragen, in lijn met de meerjarige waarnemingen door meteorologische instanties. De reiniging van de collectoren is sinds het begin van de werking alleen door regen uitgevoerd. Er is geen bijzondere bevuiling waargenomen. Dit is eerder uitzonderlijk en vermoedelijk het gevolg van de hoge en dus vrij stofvrije opstelling.

## VERGELIJKING MET GREENIUS

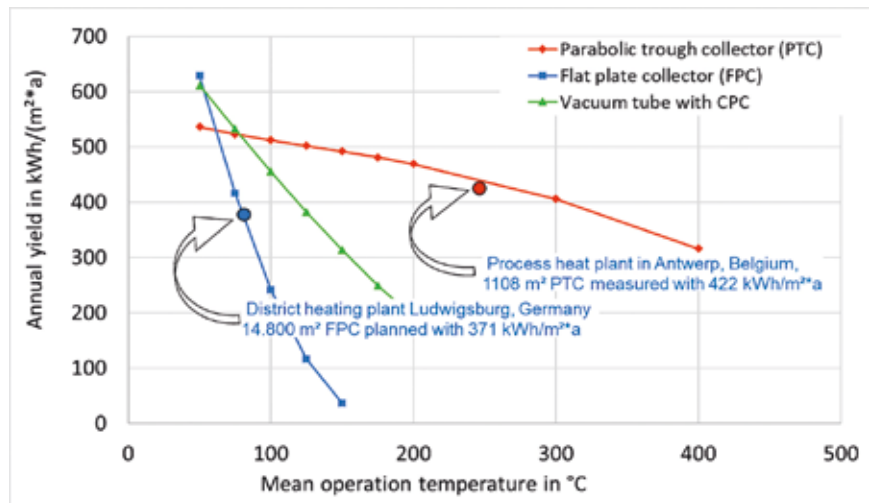
In Figuur 2 wordt deze opbrengst vergeleken met berekeningen voor een parabolisch trogcollectorveld uitgevoerd met Greenius (The Green Energy System Analysis Tool) uit een theoretische studie door DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) voor installaties in Duitsland. De resultaten zijn niet volledig vergelijkbaar, omdat ze gebaseerd zijn op verschillende klimatologische



omstandigheden en details in de aannames. Een aspect is dat de rijafstand bij ADPO slechts ongeveer twee keer de apertuurbreedte is, vergeleken met drie keer de opening in de Greenius berekeningen. De DNI van het stralingsbestand Potsdam bedraagt 1.017 kWh/(m<sup>2</sup>a), wat ongeveer 11% meer is dan de gemeten gegevens op het ADPO-terrein. Desalniettemin ligt de opbrengst van het ADPO-veld dicht bij de berekende opbrengst voor het klimaat van Potsdam en bevestigt daarmee het algemene idee dat concentratiesystemen een significante opbrengst genereren in de meeste Centraal-Europese klimaten. De vergelijking toont aan dat de opbrengst van een parabolisch trogcollectorveld bij hoge temperaturen in hetzelfde bereik kan komen als die van een vlakke plaatcollector (FPC) veld bij lage temperaturen. Zo ligt de opbrengst van het ADPO veld ook dicht bij die van een geplande stadsverwarmingsinstallatie in Ludwigsburg, Duitsland. Dit onderstreept dat geconcentreerde collectoren een optie zijn voor de warmtevoorziening in gematigde klimaten.

### KOSTPRIJS VAN ZONNEWARMTE

De databank voor zonnepwarmteprojecten van IRENA (International Renewable Energy Agency) maakt het mogelijk om kostentrends doorheen de tijd te analyseren. De eerste resul-



Figuur 2: Vergelijking met DLR simulaties met Greenius (CPC - Compound Parabolische Concentrators).

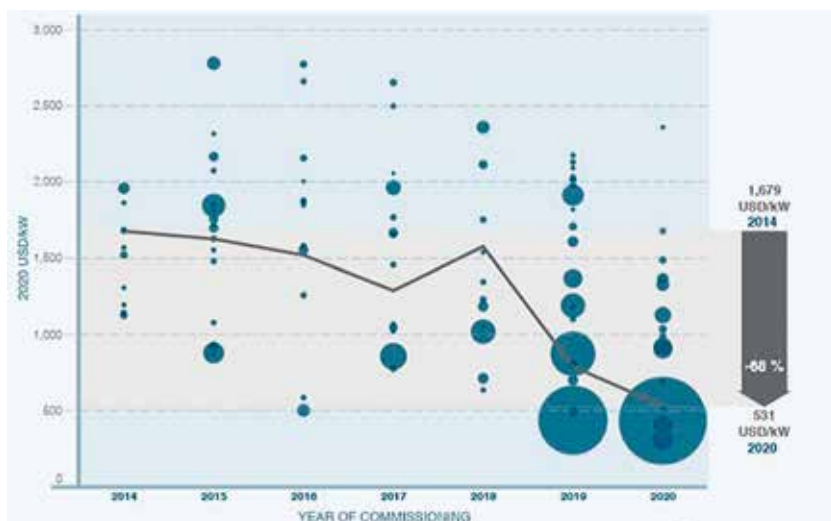
taten voor Europese SHIP-fabrieken (Solar Heat for Industrial Processes) tussen 2014 en 2020 laten indrukwekkende kostenbesparingen zien. (zie figuur 3) De diameter van elke cirkel geeft de projectcapaciteit in kW aan, en het middelpunt de totale geïnstalleerde kosten in USD 2020 op de y-as. De dikgedrukte lijn geeft de gewogen gemiddelde installatiekosten per jaar weer. De pijl markeert de reductie tussen de gewogen gemiddelde kosten van alle projecten in het eerste en het laatste jaar van de onderzochte periode. Gemiddeld genomen zullen grotere projecten een lagere kost per MWh geven, met een

waargenomen trend van -14.3% voor een verdubbeling van het vermogen. Volgens de onderzoeken van Solar Payback en IRENA worden schaalvoordelen voor grotere installaties bereikt door:

- Lagere stuklijst door standaardisatie en volume-effecten,
- Verbeterde efficiëntie in de productie,
- Lagere vaste kosten per kW voor vergunningen, ontwerp en logistiek,
- Snellere en efficiëntere installatie.

De algemene trend van dalende kostprijs wordt door het bedrijf Aztec bevestigd. Ook in België wordt daarvoor het gebruik van zonnepwarmte een competitief alternatief voor fossiel gestookte warmte voor toepassingen op hoge temperatuur. Dergelijke zonnepwarmte installaties hebben typisch een operationele bruikbaarheid van 25 tot 30 jaar. Economische afwegingen moeten daarom genomen worden op basis van meerjarige trends en verwachtingen voor zowel fossiele brandstoffen, als voor ETS-certificaten. Zonnepwarmte is in ieder geval bezig een plaatsje op te eisen in het aanbod spectrum van hernieuwbare groene warmte. ■

Figuur 3: Gewogen gemiddelde totale installatiekosten van 101 SHIP-fabrieken in Europa. (Foto Solar Payback/IRENA)



# Energie besparen en alternatieve brandstoffen voor stoomketels

Jonas Deconinck, Operationeel Manager, Deconinck-Wanson

**Nog nooit zijn zoveel bedrijven opzoek gegaan naar een alternatief voor aardgas, zijn steeds meer bedrijven de stap terug aan het zetten richting lichte stookolie en probeert iedereen de snel stijgende gasprijzen te drukken op alle mogelijke manieren. De mix-brander die de mogelijkheid biedt om zowel op aardgas als mazout te branden, biedt hiervoor de ideale oplossing op korte termijn. Maar op langere termijn is het vooral noodzakelijk op zoek te gaan naar energie-efficiënte oplossingen.**

Overweeg als bedrijf eerst om de nood aan energie zo veel mogelijk te reduceren. De meest klimaat neutrale kiloJoule is de niet gebruikte kiloJoule! Dit gebeurt het meest effectief door het totale productieproces in kaart te brengen en na te gaan of alles wel op elkaar afgestemd is. Het gebruik van restwarmte kadert hier perfect in. Hoeveel op het eerste zicht laagwaardige restwarmte wordt er vandaag niet gedumpt? Terwijl deze warmte toch nog inzetbaar kan zijn. Denk aan gebouwverwarming, opwarmen van sanitair warm water, water om te reinigen ...

Veel toepassingen vragen geen hoge temperaturen. Warmterecuperatie zal in de toekomst alleen maar belangrijker worden. Een aantal initiatieven zijn reeds in Vlaanderen actief. Denk aan het ECLUSE stoomnet in de Antwerpse haven waarbij Indaver zijn overvloedige stoomproductie verdeelt over andere bedrijven. Maar ook verschillende warmtenetten ontspruiten her en der.



Deze warmterecuperatie kan echter ook op kleinere schaal reeds worden ingezet. Afgassen van installaties die anders gewoon geloosd worden via de schouw kunnen eenvoudig met behulp van een afgasketel gevaloriseerd worden en omgezet naar stoom. Installaties van ettelijke megawatts zijn daarbij geen uitzondering.

## RENDEMENT STOOMKETEL OPKRIKKEN

Ook de uitlaatgassen van een klassieke stoomketel bevatten nog veel energie. Ter illustratie gaan we uit van een stoomketel die 5 ton/u stoom produceert aan 10 barg. De uitlaatgassen verlaten de schouw van de ketel gemiddeld aan een temperatuur van 230 °C. Deze energie kan gebruikt worden om het voedingswater naar de stoomketel voor te verwarmen. Typisch spreken we dan van een economiser. Bij een economiser zal het voedingswater van de ketel dat normaal aan 105 °C uit de ontgasser komt, worden voorverwarmd tot 135 °C. Een besparing die het brandstofverbruik al snel met 4% doet dalen. Volgens hetzelfde principe kunnen we ook een wisselaar in de schouw plaatsen die extra warmte recupereert en deze warmte gebruikt om de ontgasser voor te verwarmen. Een ontgasser bestaat uit een mengeling van vers water en retour condensaat. Wanneer de hoeveelheid retour condensaat slechts een kleiner percentage omvat, zal de ontgasser nog

*Afgasketel 7 T/u. (Foto Deconinck-Wanson)*



*Klassieke gasgestookte stoomketel 10 T/u. (Foto Deconinck-Wanson)*

op een relatief lage temperatuur staan. Traditioneel zal hier dan een stoominjectiekiet op gebouwd worden om het water op 105 °C te houden. Wanneer we het water van de ontgasser circuleren door de wisselaar in de schouw, kunnen we de hoeveelheid stoominjectie tot een minimum reduceren en zal de ontgasser op temperatuur blijven met de recuperatie uit de rookgassen. Maar we kunnen nog verder gaan. De resterende warmte in de schouw kan aangewend worden om koud water van 15 °C op te warmen voor toepassingen tot 60 à 65 °C. Wat toelaat om de rookgassen af te koelen tot zelfs onder het dauwpunt. Met al deze maatregelen kan het verbrandingsrendement van een stoomketel, dat zonder bijkomende maatregelen rond de 90% schommelt, opgekrikt worden tot ruim 98%. Voor het voorbeeld van de 5ton/u stoomketel zou dit een vermogenswinst betekenen van om en bij de 280 kW. Wat ook niet te onderschatten is, zijn de spui verliezen. De waterkwaliteit is één van de belangrijkste factoren voor een goede werking en lange levensduur. Bijgevolg is een goede waterbehandeling ook voordelig voor het totaal rendement van de stoomketel.

## GEBRUIK DUURZAME ENERGIEBRONNEN

Als er dan toch energie nodig is voor een productieproces, gebruik dan in eerste instantie duurzame energiebronnen. Veel experts zijn het er dan ook over eens dat er niet één oplossing voor handen is, maar dat de energietransitie een combinatie zal worden van verschillende alternatieven. Voor de productie van duurzame stoom zijn de meest courant toegepaste alternatieven in België vandaag (in volgorde van meest courant toegepast naar minder courant):

- **Biogas:** wordt vaak lokaal opgewekt door de vergisting van afvalstromen. Het grote voordeel is dat biogas quasi één op één uitwisselbaar is met klassiek aardgas en toepasbaar voor zowel kleine als grotere installaties. Grotere biogascentrales worden ook ingezet om biogas in het aardgasnet te injecteren;
- **Biomassa:** wordt vandaag reeds ingezet voor grote vermogens, vaak in combinatie met stoomproductie op hogere druk en een nageschakelde stoomturbine voor elektriciteitsproductie. In België botsen we wel op de limieten van de beschikbare biomassa;
- **Biobrandstoffen:** zoals biodiesel, worden vandaag nog niet zo vaak aangewend voor de productie van stoom, maar wel al bijgemengd bij stookolie;
- **Elektrisch:** stoom produceren met elektriciteit wordt in België enkel toegepast op kleine schaal voor beperkte vermogens. Het is ook enkel duurzaam als de elektriciteit afkomstig is uit hernieuwbare bronnen. Voor de productie van een paar ton stoom per uur spreek je al snel over enkele megawatts. Niet zo eenvoudig en vaak duur. Maar de technologie is er wel. In Denemarken bijvoorbeeld wordt vandaag reeds elektrisch stoom geproduceerd wanneer er een teveel aan productie is van elektriciteit door windmolenparken. Een andere elektrische stoomketel is de stoomwarmtepomp. Hier wordt elektrisch vermogen gebruikt om uit restwarmte stoom te produceren. Er zijn reeds warmtepompen op de markt van klein vermogen die stoom tot 150 °C maken. Er loopt in Europa op dit moment veel onderzoek naar hoge temperatuur stoomwarmtepompen, tot 250 °C;

- **Concentrated solar power:** ook de zon kan rechtstreeks aangewend worden voor stoomproductie door zonlicht met spiegels te bundelen. Zo kunnen in het brandpunt hoge temperaturen bekomen worden. In Spanje en Noord Afrika lopen zo al jaren verschillende projecten zowel groot- als kleinschalig. Recent zijn ook in Vlaanderen, meer bepaald Genk, Antwerpen en Oostende drie pilootprojecten opgestart (bron Azteq);

- **Waterstof:** de grote ontbrekende in dit lijstje is waterstof. Vreemd, want waterstof zou wel eens een zeer duurzaam alternatief kunnen zijn voor veel verbrandingstoepassingen.

## WATERSTOF: DE BASISPRINCIPES

Bij omgevingsomstandigheden is waterstof (H<sub>2</sub>) een di-atomaire gas met een lage dichtheid van 0,083 kg/Nm<sup>3</sup> (ongeveer 11% van dat voor aardgas) vergeleken met 1,25 kg/Nm<sup>3</sup> voor lucht. Het is het lichtste element en in de lucht zal het snel stijgen en verspreiden. De hoge diffusiviteit van waterstof in vergelijking met aardgas heeft twee belangrijke effecten:

- Een groter vermogen om door materialen en verbindingen te dringen, hoewel de feitelijke diffusiesnelheid door pijpen erg klein is. Berekeningen hebben aangetoond dat het jaarlijkse verlies aan

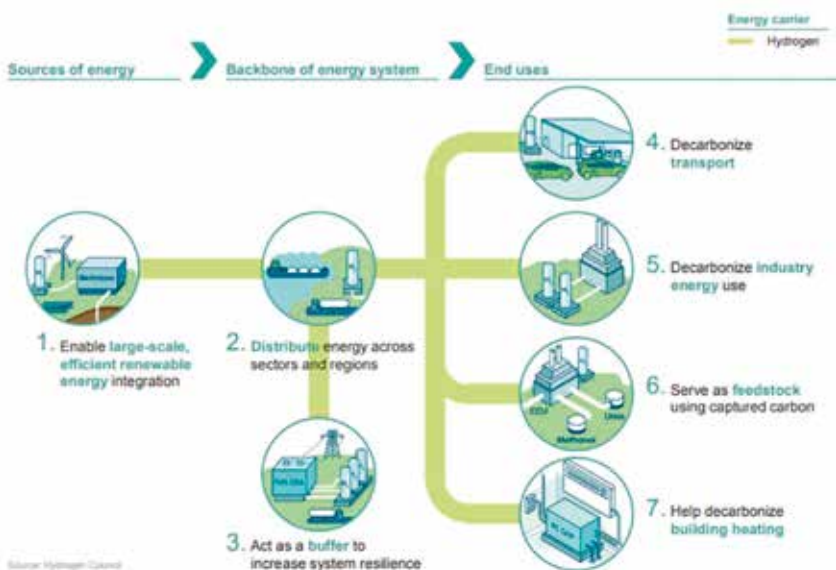
waterstof door lekkage ongeveer 0,0005 - 0,001% van het totaal getransporteerde volume bedraagt;

- Eventuele lekken zullen snel diffunderen in de atmosfeer;

Het lage moleculair gewicht van waterstof heeft als resultaat dat het de hoogste energie-inhoud per massa-eenheid van elke brandstof heeft, maar de lage dichtheid betekent dat de volumetrische energie-inhoud relatief laag is. Bij verbranding geeft waterstof slechts een derde van de hoeveelheid energie per volume-eenheid gas af als aardgas bij dezelfde druk. Het grote voordeel echter bij de verbranding van waterstof is dat er geen rook geproduceerd wordt, omdat er geen koolstof in de brandstof zit. Er wordt dus geen CO of CO<sub>2</sub> geproduceerd. De verbrandingsproducten zijn enkel waterdamp en (thermische) stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>). De hoeveelheid geproduceerde NO<sub>x</sub> hangt voornamelijk af van de vlamtemperaturen die wel hoger liggen dan bij de verbranding van aardgas.

## TRANSITIE NAAR EEN CO<sub>2</sub> ARME ECONOMIE

Tot op heden wordt waterstof bijna volledig (99%) gebruikt als grondstof voor industriële toepassingen (> 50% bij de productie van ammoniak / kunstmest,



De zeven rollen die waterstof kan spelen bij het CO<sub>2</sub> arm maken van belangrijke industrie sectoren (Foto Hydrogen Council)





**KLINGER Belgium is uw aangewezen partner op het gebied van stoom en condensaat. Met het pakket en knowhow van KLINGER, in combinatie met andere gereputeerde merken, bieden wij niet alleen uitstekende producten maar ook ondersteuning en service.**

Een overzicht van onze mogelijkheden:

- Stoom ontspanningsstations
- Industriële gasontspanningsstations
- Complete regelkringen
- Warmtewisselaars
- Skids inclusief schakelkast
- Regelventielen
- Microprocessor gestuurde regelaars
- Bevochtigers
- Tankbeveiliging
- Menginjectoren
- Reduceerventielen
- Verschilddrukregelaars
- Turbine bypass ventielen
- Veiligheidsventielen
- Stoomkoelers
- Breekplaten
- Condenspotten

KLINGER Belgium NV/SA  
Leuvensesteenweg 250 A  
1800 Vilvoorde

Tel. +32 2 247 16 11  
info@klinger.be  
www.klinger.be



Industriële ketels

STOOM

THERMISCHE OLIE

WARME LUCHT



**SERKOBAS<sup>NV</sup><sub>SA</sub>**  
*Industrial heating*



Serkobras Industrial Heating

Oostvaardijk 48  
1850 GRIMBERGEN

02 253 23 68

www.serkobras.be  
info@serkobras.be

de rest bij de raffinage van (bio) brandstoffen, de productie van methanol en verwerking). Het gebruik van waterstof als energiedrager begint echter te versnellen. Echter, kunnen we pas over een duurzame oplossing spreken als deze waterstof ook duurzaam geproduceerd wordt. Vandaag onderscheidt men hierin drie vormen van waterstof:

- Grijs waterstof, gemaakt uit methaan (CH<sub>4</sub>) afkomstig van aardgas. Bij deze productie komt er opnieuw veel CO<sub>2</sub> vrij;
- Blauw waterstof, tevens gewonnen uit aardgas, maar in combinatie met opvang en stockage van de geproduceerde CO<sub>2</sub>;
- Groen waterstof, geproduceerd uit elektrolyse van water, waarbij de elektrische energie nodig voor dit proces, gemaakt wordt uit hernieuwbare bronnen zoals wind en zon.

De productie van groene of duurzame waterstof uit water via elektrolyse staat of valt met de beschikbaarheid van duurzame elektriciteit. The Hydrogen Council, een wereldwijd initiatief van 81 leidende energie-, transport- en industriebedrijven heeft daarom een roadmap opgesteld om tot een transitie te komen (zie figuur op pagina 39), hierna kort toegelicht. Deze figuur beschrijft de zeven rollen die waterstof kan spelen bij het CO<sub>2</sub>-arm maken van de belangrijkste industriële sectoren. Het mag duidelijk zijn dat de toepassingen van waterstof legio zijn. De uitbouw van zo'n waterstof economie kost tijd, maar er kunnen nu alvast zinvolle stappen ondernomen worden. Om waterstof in te zetten bij de productie van stoom of warmte in het algemeen dienen bestaande stoominstallaties omgebouwd of misschien wel volledig vernieuwd te worden. Overwegingen en investeringen die misschien vandaag al in acht moeten genomen worden.

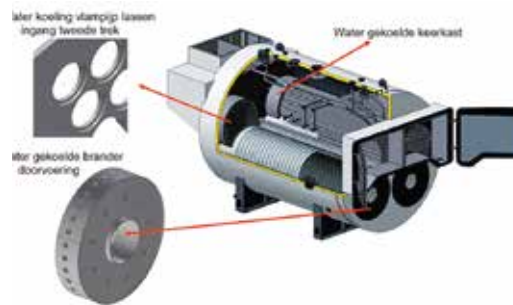
#### AANPASSINGEN AAN DE KETEL

Het gebruik van waterstof als brandstof bij stoomketels heeft wel een aantal technologische implicaties. Voor de ketel dient het thermisch ontwerp opnieuw onder de loep genomen te worden en is een één op één ombouw van een aardgasketel naar een water-

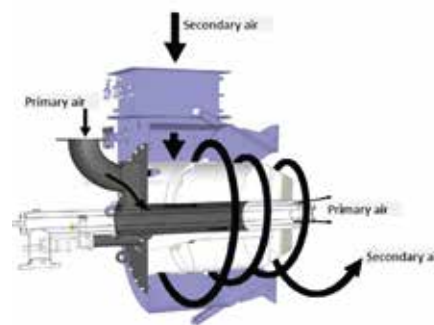
stof ketel met dezelfde capaciteit niet zomaar mogelijk. Veel moderne ketels die aardgas of andere waterstofhoudende brandstoffen verbranden, hebben al de mogelijkheid om warmte uit de gevormde waterdamp terug te winnen. Dit zal van nog groter belang zijn voor ketels die alleen waterstof verbranden. Waterstofgestookte ketels zijn het efficiëntst als ze in 'condenserende modus' kunnen werken (door toepassen van een nageschakelde condensor) om ervoor te zorgen dat deze latente warmte wordt teruggewonnen. Daarnaast heeft de vlam van waterstof een lagere emissiviteit dan die van aardgas. Dit leidt ertoe dat warmteoverdracht in de vuurhaard moeizamer verloopt en er dus meer warmtewisselend oppervlak nodig is. Ook het rookgasvolume zal voor een zelfde vermogen een stuk hoger liggen voor waterstof, gezien de lage dichtheid. Rookgasdebieten door de ketel zullen dus een stuk hoger zijn. Om de tegendruk in de ketel aanvaardbaar te houden is een herontwerp van de vuurhaard en vlampijpsecties aangewezen. Tot slot ligt de temperatuur van de vlam bij waterstofverbranding een stuk hoger dan bij aardgas en zijn bijkomende ontwerpmaatregelen nodig om tot een duurzame ketel te komen. HKB Boiler Solutions in Venlo heeft zo bijvoorbeeld een ketelontwerp ontwikkeld met een paar specifieke eigenschappen. Zo stellen ze een watergekoelde branderdoorvoer voor om om te gaan met de hoge temperaturen aan de brandermond en voorzien ze bijkomende koelgroeven aan de ingang van de tweede trek (start van de vlampijpbundel).

#### AANPASSINGEN AAN DE BRANDER

In tegenstelling tot klassieke verbranding met aardgas, heeft waterstof een veel snellere verbrandingsreactie en een kortere vlam. Met als gevolg hogere thermische belasting van de systeemcomponenten, vooral op de voorste delen van de verbrandingskamer. In het branderontwerp dient daarom extra aandacht te gaan naar thermische weerstand enerzijds en vlamstabiliteit anderzijds. Door de hogere vlamtemperatuur op een kortere ruimte stijgt ook de



Dubbele vuurhaard vlampijpketel.  
(Foto HKB Boiler Solutions, Venlo, Nederland)



Basisontwerp Saacke SSB-brander geschikt voor H<sub>2</sub>. (Foto Saacke Benelux)

vorming van thermische NO<sub>x</sub> met een factor 2,5 tot 3. Dit effect kan gemakkelijk gecompenseerd worden door het toepassen van externe rookgasrecirculatie. Hierbij wordt er een fractie van de rookgassen aan de uitlaat van de ketel terug aangezogen en bijgemengd in de verbrandingslucht. Als gevolg hiervan daalt de gemiddelde vlamtemperatuur, wat gunstig is voor de thermische belasting van de brander en tevens de thermische NO<sub>x</sub>-vorming doet dalen. Branderconstructeurs zoals Saacke kunnen referenties voorleggen van installaties die gemeten NO<sub>x</sub>-waarden < 50 mg/Nm<sup>3</sup> (bij 3% O<sub>2</sub>) hebben.

#### CONCLUSIE

Waterstof als brandstof heeft lange tijd op de achtergrond ge opereerd en werd tot op heden vooral gebruikt in toepassingen waar waterstof als nevenproduct ontstaat van een chemisch proces. Vaak wordt ze dan verbrand in combibranders die verschillende brandstoffen tegelijk kunnen verwerken. Intussen wordt het duidelijk dat waterstof in de toekomst een belangrijke rol gaat spelen in de transitie naar een duurzame en CO<sub>2</sub> arme economie. De technologie is er vandaag en kan al snel ingezet worden. ■





## Energie-advies voor industriële bedrijven

Complexe en steeds wijzigende regelgeving, doorgedreven energiemangement en energietransitie: energie is een steeds belangrijker strategische factor voor je bedrijf. Daarom ondersteunt Indea industriële energiemanagers in deze domeinen:

### Externe energiedeskundige

Een goedgekeurd energieplan, -studie of -audit en realistische, rendabele maatregelen om energie te besparen.

### CO<sub>2</sub>-emissiehandel

Een second opinion om de ETS-wetgeving te interpreteren of een expert die het werk (deels) voor jou doet.

### Technisch advies

Metingen en haalbaarheidsstudies, vertaald naar advies over één of meer energiegerelateerde aspecten van je bedrijf.

### Transitie 2050

Bepalen van je CO<sub>2</sub>-footprint, inzicht in de impact van de energietransitie voor je bedrijf en advies om nu al stappen vooruit te zetten richting de toekomst.

**indea.**  
Ondersteunt industriële energiemanagers

Ing. Valérie de Grootte

valerie.degrootte@indea.be  
+32 479 239 009  
www.indea.be



- Kogelkranen
- Vliederveleppen
- Klep & balgafsluiters
- Schuifafsluiters
- Plaatafsluiters
- Terugslagkleppen
- Filters
- Veiligheids- & reduceertoestellen
- Automatisering
- Regelkleppen
- Instrumentatie
- Stoom & condensaat appendages
- ANSI appendages

Tubi Valves is een adviserende technische groothandel in appendages en instrumentatie.

Bezoek onze website voor een totaaloverzicht van onze producten met databladen: [www.tubi-valves.nl](http://www.tubi-valves.nl)



**TUBI VALVES Nederland B.V.**

De Corantijn 23C  
1689 AN Zwaag (Hoon)  
Tel: +31 229 220 005  
E-mail: info@tubi-valves.com

WWW.TUBI-VALVES.NL

# DECONINCK WANSON

Deconinck-Wanson is de enige fabrikant in België die een volledig gamma industriële verwarmingstoestellen bouwt en aanbiedt, waaronder stoomketels, stoomgeneratoren en thermische olietels

Wij produceren:

- **Steambloc**® of DECO stoomketels
- **Vaporax**® stoomgeneratoren
- **Vaporax**® HP hoge druk stoomgeneratoren
- **Thermopac**® thermische olietel

**WE EXCEL UNDER PRESSURE.**

Deconinck NV  
Legen Heirweg 43  
B-9890 GAVERE

T +32 9 384 63 27  
F +32 9 384 69 82

info@deconinck.com  
www.deconinck.com





# Marktintroductie SPH Thermboostertm stoomwarmtepomp

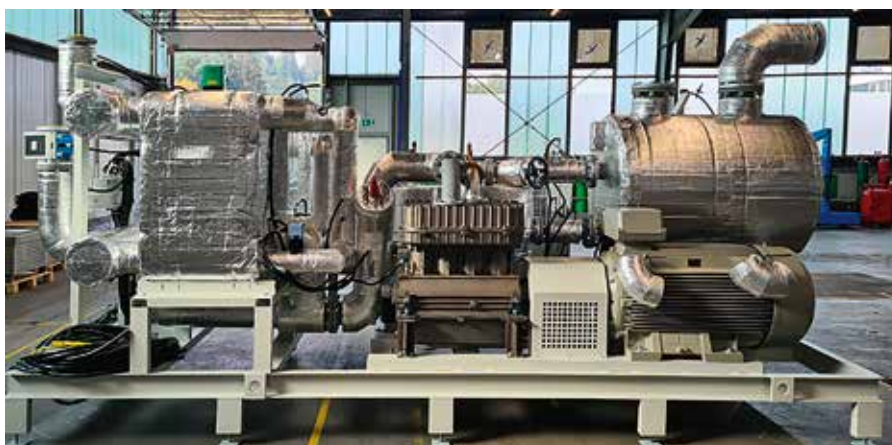
Door Jakob Haverkamp, vertegenwoordiger van SPHeat.de (Benelux)

**Sinds 1 oktober is de eerste SPH Thermboostertm stoomwarmtepomp in Duitsland in gebruik genomen. Een interessante nieuwe ontwikkeling in de wijze waarop stoom kan worden geproduceerd. Tot op heden wordt stoom vooral geproduceerd met fossiele energiebronnen zoals aardgas of olie. De SPH Thermbooster is een industriële warmtepomp die primair is ontwikkeld om beschikbare restwarmte te gebruiken voor de productie van stoom.**

De SPH warmtepomp is specifiek ontwikkeld voor hergebruik van restwarmte binnen industriële omgevingen uit waterstromen of gecondenseerd stoom. Specifiek voor deze omgeving heeft het bedrijf SPHeat uit het Duitse Overath een industriële warmtepomp ontwikkeld die in staat is om met inzet van industriële restwarmte, nieuwe stoom te produceren van 6 bar(a) en een maximale temperatuur van 160 °C.

## HISTORIE

Het bedrijf SPHeat is een voortzetting van een eerdere Noorse onderneming die enkele jaren geleden een stoomwarmtepomp had ontwikkeld en geproduceerd. Omwille van het relatief kleine vermogen van dit product en de beperkte interesse vanuit de industrie was er op dat moment te weinig animo. In 2020 hebben drie oud-medewerkers binnen het bedrijf SPHeat in Duitsland, met hun al opgebouwde kennis en kunde, de stoomwarmtepomp opnieuw ontworpen en verder ontwikkeld. De SPH industriële warmtepomp is nu beschikbaar met een maximaal afgiftevermogen van 1.000 kWth (thermisch) per installatie.



## DE EERSTE GEBRUIKSCASE

De interesse vanuit de industrie om meer dan in het verleden de overstap te maken naar de productie van fossielvrije stoom, betekent een unieke mogelijkheid voor de inzet van de stoomwarmtepomp. De eerste pilot locatie is per 1 oktober in gebruik genomen. Hier wordt met industriële restwarmte in de vorm van koelwater op 85 °C, afkomstig van een proces voor de productie van gelatine, stoom geproduceerd van 2 bar(a) en 120 °C. De COP is in dit geval 4,4 zodat er netto 118 kW (elektrisch) nodig is voor de productie van 812 kg/u verzadigde stoom.

## TECHNISCHE MOGELIJKHEDEN

- Maximaal haalbare afgifte temperatuur: 165 °C (planning 200 °C),
- Afgifte medium: thermische olie, water of stoom,
- Minimale brontemperatuur: 7 °C (met uitkoeling naar 2 °C),
- Maximale lift bedraagt 80 °C per 1-stage toepassing,
- COP afhankelijk van temperatuurlift en dus per case te berekenen,



- Tot 30% traploze modulatie van het nominaal vermogen,
- Vermogen per installatie 400 – 1.000 kWth (thermisch).

## AANVULLING

Bij het ontbreken van een restwarmtebron is het ook mogelijk om het gebruik van aardgas met maximaal 50% te verminderen, waarbij met inzet van (duurzame) elektriciteit nog steeds een significante besparing in de uitstoot van CO<sub>2</sub> kan worden gerealiseerd. ■

[www.duurzameproceswarmte.nl](http://www.duurzameproceswarmte.nl)



## ARMSTRONG INTERNATIONAL



T 32 (0)4 240 90 90  
belgium@armstronginternational.eu  
l armstronginternational.eu

Armstrong International, in 1900 opgericht, is al vijf generaties lang een familiebedrijf. Op basis van onze unieke achtergrond, met knowhow, ervaring en inzicht die meer dan een eeuw teruggaan, bieden wij unieke oplossingen om het rendement van uw thermische systemen te verbeteren.

## AZTEQ



Thor Incubator  
ThorPark 8300 - 3600 Genk  
Business development :  
Peter Vandeurzen  
T +32 (0)89 39 59 00  
E peter.vandeurzen@azteq.be  
www.azteq.be

Azteq ontwikkelt en installeert zonnethermische installaties voor toepassingen op industriële schaal. Daarbij maken we gebruik van paraboolspiegels, die met de zon mee bewegen en het invallend zonlicht op de collectorbuizen concentreren. Doordat het zonlicht geconcentreerd wordt, komt er warmte vrij met temperaturen die beduidend hoger zijn dan bijvoorbeeld bij een zonneboiler. Onze zonnenergiesystemen produceren namelijk warmte van 120 tot 400 graden Celsius. Bovendien kan die warmte worden opgeslagen in geïsoleerde vaten, zodat ze ook 's nachts bruikbaar is.

## B.B.C. BELGIAN BOILER COMPANY NV

Industrial Boilers Partner  
Belgian Boiler Company



Veldmeersstraat 23,  
9270 Laarne  
T +32 (0)9 252 62 85  
E verkoop@bbc-loos.be  
l www.bbc-loos.be

Belgian Boiler Company (BBC) is reeds 25 jaar bekend in België en Luxemburg als exclusief verdeler voor het gamma stoomketels van Europa's grootste stoomketelconstructeur BOSCH. Sinds enkele jaren heeft BBC naast industriële stoomketels ook de exclusiviteit voor industriële Bosch verwarmingsketels (> 2.500 kW). Engineering, verkoop, installatie, opstart en de volledige after sales vormen het totale servicepakket van BBC. Stoomketels van 300 kg/u tot dubbele vuurhaardketels tot 50 ton stoom/u, stoomdrukken tot 24 bar. De verhuur van tijdelijke, mobiele stoomketels en industriële verwarmingsketels is een groeiende markt waarin BBC een belangrijke partner kan zijn voor uw bedrijf.

## CALLENS



- Industrielaan 21, 8790 Waregem
  - Janssen Pharmaceuticalaan 4, 2440 Geel
  - Rue de la Chaudronnerie 11 b, 4340 Awans (Luik)
  - Delta 54, 6825 MS Arnhem, NL
- E info@callens.eu  
l www.callens.eu

Callens levert slimme energie voor industriële processen. Het West-Vlaamse familiebedrijf met vestigingen in heel België en Nederland heeft al meer dan 7.500 tevreden klanten geholpen sinds de oprichting in 1966. Dankzij het sterke denkwerk van de 200 Calliërs biedt Callens al meer dan 55 jaar state-of-the-art installaties aan, gericht op een duurzame toekomst:

- stoom-, thermische-olie- en cv-ketels
- energierecuperatie-systemen
- industriële luchttechnieken
- industriële piping

## CLAYTON OF BELGIUM NV



Peter De Clerck  
Sales Manager  
Rijksweg 30,  
2880 Bornem  
T +32 (0)3 890 57 00  
M +32 (0)476 59 02 74  
E sales@clayton.be  
peter.declerck@clayton.be  
l www.clayton.be

Clayton of Belgium biedt een brede waaier van stoomoplossingen aan in de hele EMEA-regio. Het productgamma omvat stoomgeneratoren van 100kW tot 13MW, wat het mogelijk maakt om aan diverse stoomvragen te voldoen. Denk daarbij aan toepassingen voor verzadigde of oververhitte stoom, gevoed met aard- of biogas, (bio-)diesel of elektrisch, afvoergassenketels, stoominstallaties gebracht als kant-en-klare container oplossingen, enz. Clayton is uw partner voor de meest compacte, meest efficiënte en meest veilige manier om stoom van de hoogste kwaliteit te produceren.

## DECONINCK WANSON



Legen Heirweg 43,  
9890 Gavere  
T +32 (0)9 384 63 27  
E info@deconinck.com  
l www.deconinck.com

Deconinck-Wanson is de enige fabrikant in België die een volledig gamma industriële verwarmingstoestellen bouwt en aanbiedt, waaronder stoomketels, stoomgeneratoren en thermische oliketels.

Wij produceren:

- Steambloc® of DECO stoomketels
- Vaporax® stoomgeneratoren
- Vaporax® HP hoge druk stoomgeneratoren
- Thermopac® thermische olieketel

## INDEA



Officenter  
Ninovesteeuweg 198,  
9300 Aalst  
Valérie de Grootte  
Consultant / Partner  
T +32 (0)479 239 009  
E valerie.degrootte@indea.be  
l www.indea.be

Indea ondersteunt industriële energiemanagers. Schakel ons in voor het conceptueel design of de optimalisatie van jouw stoominstallatie of condensaatstelsel: met 70 jaar ervaring in stoom zorgen we voor maximaal rendement en een goede werking. Ook voor advies rond restwarmterecuperatie, WKK en warmtepompen kan je bij ons terecht. Tegelijkertijd houden we het hele plaatje in het oog: energietransitie, CO<sub>2</sub>-emissiehandel, ... we denken mee over de beste oplossing voor je bedrijf, geven een second opinion en werken nauw samen met jouw team.



## KLINGER BELGIUM



Leuvensesteenweg 250 A,  
1800 Vilvoorde  
T +32 (0)2 247 16 11  
E [info@klinger.be](mailto:info@klinger.be)  
I [www.klinger.be](http://www.klinger.be)

Op het gebied van stoom en condensaat is KLINGER Belgium uw aangewezen partner.

Met het pakket en knowhow van KLINGER, in combinatie met andere gereputeerde merken, bieden wij niet alleen uitstekende producten maar ook ondersteuning en service. Een greep uit onze mogelijkheden:

- Stoom ontspanningsstations
- Industriële gasontspanningsstations
- Complete regelkringen
- Warmtewisselaars
- Skids inclusief schakelkast
- Microprocessor gestuurde regelaars
- Reduceer-, Regel- en Veiligheidsventielen
- Stoomkoelers
- Condenspotten ....

## SPIRAX-SARCO N.V.



Industriepark 5,  
9052 Zwijnaarde  
T +32 (0)9 244 67 10  
E [info@be.spiraxsarco.com](mailto:info@be.spiraxsarco.com)  
I [www.spiraxsarco.com/global/be](http://www.spiraxsarco.com/global/be)

Met meer dan 100 jaar ervaring heeft Spirax-Sarco de expertise om u te begeleiden bij de realisatie van een veilige, betrouwbare en energie-efficiënte stoominstallatie. Wij helpen u zowel uw operationele kosten als CO<sub>2</sub> uitstoot te verlagen.

Naast onze kwalitatief hoogwaardige producten doen we dit door een uitgebreid en

flexibel pakket aan diensten:.

## SERKOBAS INDUSTRIAL HEATING



Oostvaardijk 48,  
1850 Grimbergen  
T 32 (0)2 253 23 68  
E [info@serkobras.be](mailto:info@serkobras.be)  
I [www.serkobras.be](http://www.serkobras.be)

Serkobas Industrial Heating is een Belgische constructeur en produceert een uitgebreid gamma aan stoom-, warme lucht- en thermische olieketels. Al de ketels worden vervaardigd in ons werkhuis te Grimbergen.

Klanten kunnen ook bij ons terecht voor onderhoud, herstellingen en huurketels, op korte en lange termijn. Kortom Serkobas Industrial Heating is de specialist in thermische energie.

## S.R.M. MASETH



Biezeweg 17 - 9230 Wetteren  
T +32 (0)9 236 62 51  
E [info@srm-mahy.be](mailto:info@srm-mahy.be)  
I [www.srm-maseth.be](http://www.srm-maseth.be)

S.R.M. (Stoomketels Rudolf Moortgat) vervaardigt sinds 1988 stoomketels en thermische installaties. De huidige directie, zesde generatie ketelbouwers, heeft de knowhow in huis van meer dan zestig jaar moderne stoomketelconstructie, installatietechnieken en service. Eenergie recuperatie: steeds meer gaan bedrijven op zoek naar verloren energie om te recupereren. Ook dan is SRM hier uw partner.

## VISSMANN BELGIUM



Hermesstraat 14,  
1930 Zaventem  
T +32 (0)2 712 06 66  
E [info@viessmann.be](mailto:info@viessmann.be)  
I [www.viessmann.be](http://www.viessmann.be)

Efficiënte energiesystemen en -installaties voor industriële toepassingen dragen in ruime mate bij aan de verlaging van de werkingskosten en de emissiewaarden, en creëren daardoor concurrentievoordelen. Viessmann biedt daarvoor complete systeemoplossingen die tot 30 ton stoom per uur, tot 21 MW warmte en tot 530 kW elektrici-

teit produceren. Daarvoor kunnen alle energiedragers worden gebruikt – fossiele brandstoffen, waterstof, elektriciteit, maar ook warmte uit de bodem of de buitenlucht of restwarmte van industriële processen.

Viessmann ontwikkelt en realiseert energieconcepten op basis van een totaalbeeld van het systeem vanuit het oogpunt van energieproductie, gewenste voorzieningsstructuur en verbruik. De analyse van alle processen vormt de basis waarop de mogelijke verbeteringen worden gesteund en alle systeemcomponenten worden bepaald. Uitgebreide diensten, van ontwerp over inbedrijfstelling tot service, vervolledigen het aanbod.



energie-  
recuperatie  
tot 10%

- » Verkoop en eigen constructie van "Mahy" stoomketels
- » Engineering, consulting en ontwerp door eigen engineeringbureau
- » Verhuring, onderhoud en herstellingen van alle stoomketels
- » Verkoop van (gereviseerde) tweedehands stoomketels
- » Isolatie - buisleidingen - wisselstukken
- » Herstellingen en onderhoud aan branders
- » Thermische olie- en spiraalketels
- » 24/24 uren service
- » Stoomrecuperatie na uitlaatgassen van motoren, procesgassen en biogassen



Bestaat meer dan 25 jaar, met meer dan 100 jaar ervaring!

Biezeweg 17 te 9230 WETTEREN

T 09/236.62.51

[info@srm-mahy.be](mailto:info@srm-mahy.be)  
[www.srm-maseth.be](http://www.srm-maseth.be)