

Efficiënt stoom opwekken

Door Davy Van Paemel

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.

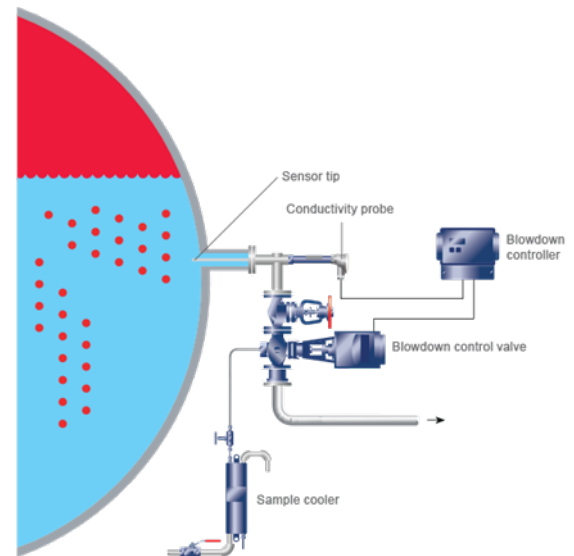
- » Gas – stookolie
- » Gas – elektriciteit
- » Gas – biogas (of andere biobrandstoffen)
- » Gas – waterstofmengsel
- » ...

ENERGIEBESPARENDE 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 water kwaliteit (zoutconcentratie – indicatie) 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:



Energie aanwezig in spuiwater (in MJ) per ton geproduceerde stoom					
Spuifrequentie	Werkdruk van de ketel				
% van keteltoevoer	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

- » Er kan een aanslag op de warmtewisselende oppervlakken komen, waardoor de warmte-overdracht wordt verminderd, wat falen van de ketelbuizen of andere drukkoudende 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:

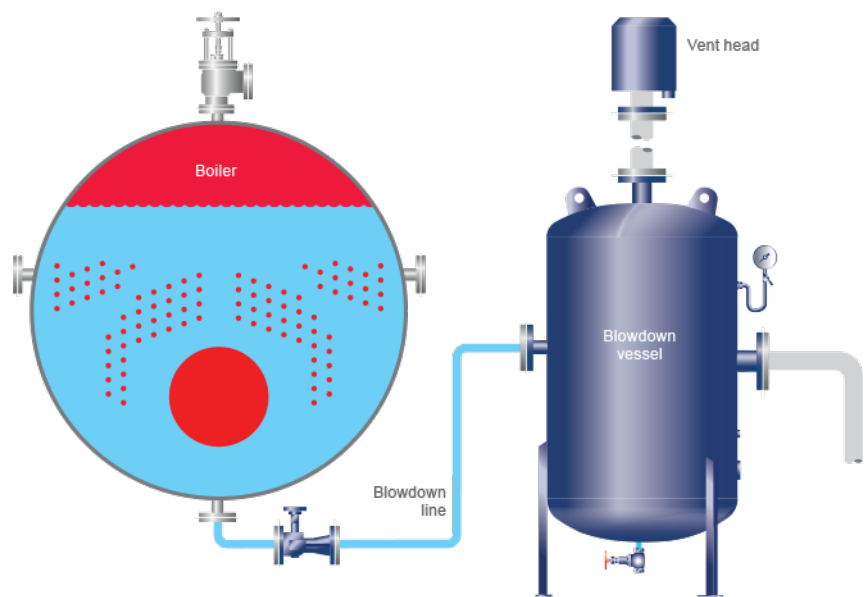
- » Ten eerste is er de recuperatie van terugkerend condensaat uit het proces. Dit condensaat is al gezuiverd en bevat dus geen onzuiverheden die de ketel extra kunnen vervuilen. Als bijvoorbeeld de helft van het condensaat kan gerecupereerd worden t.o.v. een situatie van geen recuperatie, kan ook de 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 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 mogelijks minder rendabel zijn. **Gemiddeld kan 0,5 tot 2% worden bespaard door deze maatregel toe te passen.**



3. ECO-condensor

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 ketefficiëntie. Een typische ketel zal

Gerecupereerde energie uit spuverliezen					
Spuifrequentie	Werkdruk van de ketel				
% van keteltoevoer	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

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 hogedrukszijde 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 rookgascondensor.

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.**

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

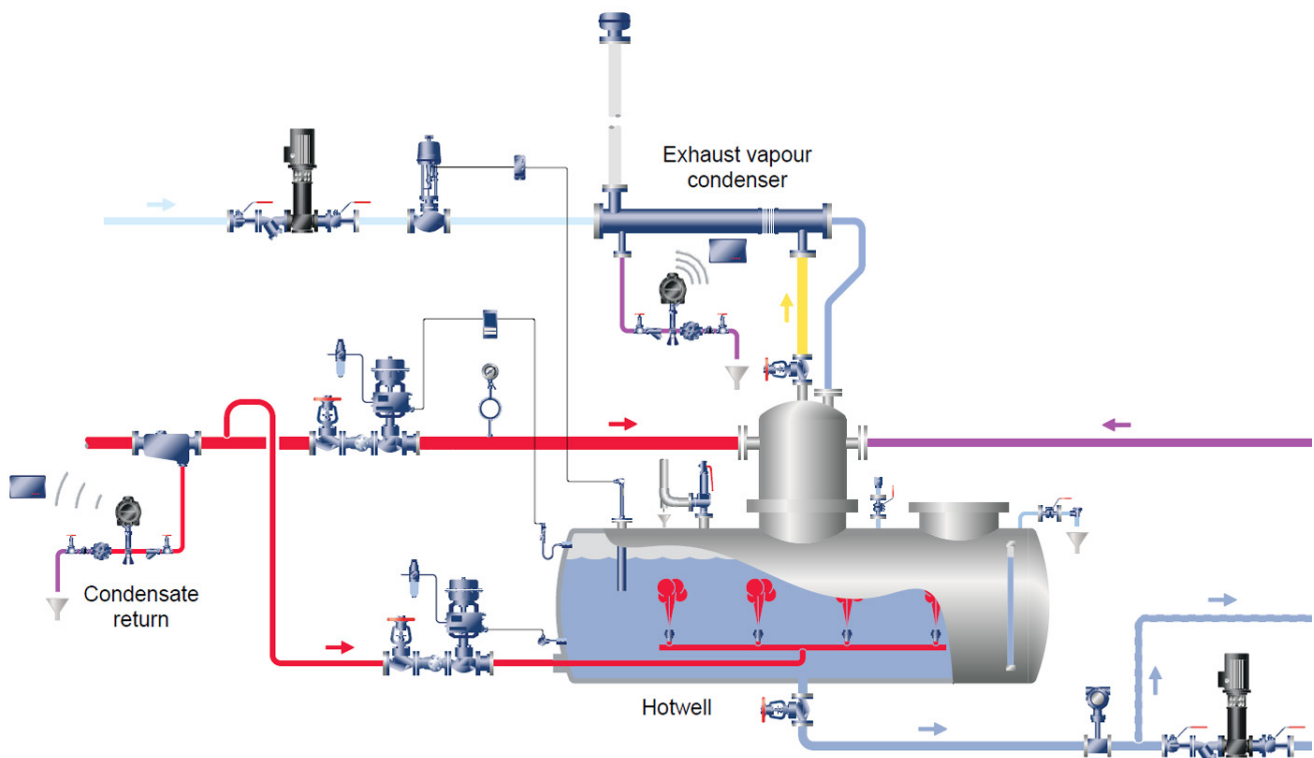
Een volgende mogelijke besparende maatregel in de ketelhuishouding is het voorverwarmen van de benodigde lucht voor de brander van de ketel met een LuVo (LuchtVoorverwarmer). Werken met een verhoogde verbrandingsluchttemperatuur geeft een verbeterd verbrandingsrendement, waarbij men in sommige gevallen toch een paar percentjes 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.



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, proceswatertanks 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.

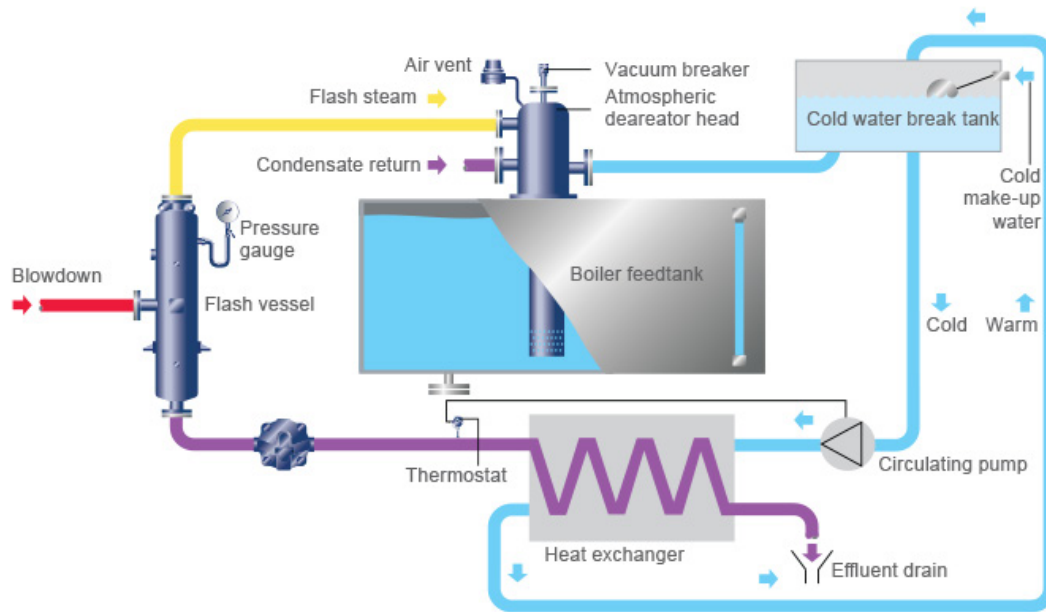
Aanslag van ketel

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

Laagdikte (mm)	Verschil in warmteoverdracht (%)
0,1	0,5%
0,5	2,5%
1	5,0%

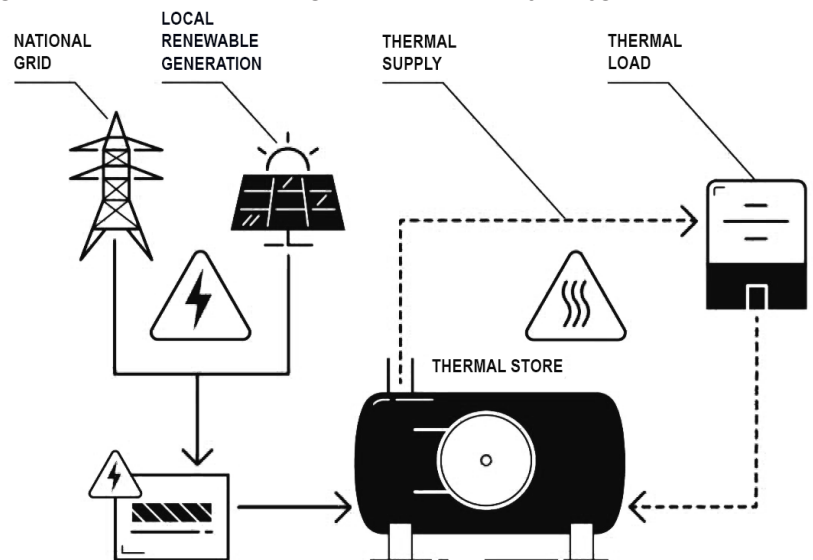
De aanslag heeft typisch een warmteweerstand die verschillende grootte-orde verschilt van die van het staal. Kleine aanslaglagen kunnen zo al een sterke weerstand tegen de warmteoverdracht geven. De aanslag verhoogt ook de temperatuur van het metaal: dit kan bij stoomketels tot breuk leiden door oververhitting 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 opstelling van een typisch energierecuperatiesysteem



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.



Spirax Sarco N.V.
Industriepark 5
9052 Zwijnaarde
+ 32 9 244 67 10

info@be.spiraxsarco.com

Spirax Sarco Netherlands B.V.
Oslo 9

2993 LD Barendrecht
+31 180 79 92 20

info@nl.spiraxsarco.com