

Laaghangend fruit in de industrie

Energiebesparende maatregelen voor vergunningplichtige industriële bedrijven

Rapport

Delft, februari 2014

Opgesteld door:

A. (Ab) de Buck (CE Delft)

M. (Marit) van Lieshout (CE Delft)

H.J. (Harry) Croezen (CE Delft)

M. (Martine) van der Post (Post Fossil B.V.)

C. (Chris) Jordan (Jordan Environmental Services)

In opdracht van:

DCMR Milieudienst Rijnmond



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

A. (Ab) de Buck (CE Delft), M. (Marit) van Lieshout (CE Delft), H.J. (Harry) Croezen (CE Delft),
M. (Martine) van der Post (Post Fossil B.V.), C. (Chris) Jordan (Jordan Environmental Services)

Laaghangend fruit in de industrie

Energiebesparende maatregelen voor vergunningplichtige industriële bedrijven

Delft, CE Delft, februari 2014

Energiebesparing / Industrie / Vergunningen / Maatregelen

Publicatienummer: 14.3B58.05

Opdrachtgever: DCMR Milieudienst Rijnmond.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Ab de Buck.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Voorwoord

Energiebesparing in de industrie is een belangrijk onderwerp in het SER Energieakkoord. De ambitie is er op gericht dat alle maatregelen met een terugverdientijd kleiner dan 5 jaar worden genomen. Dat levert niet alleen een belangrijk milieuvoordeel op, maar energie-efficiency is ook van belang voor de concurrentiepositie van de industrie.

Tegelijk is de ervaring van veel partijen in het veld (bedrijven, toeleveranciers, toezichthouders, adviseurs), dat relatief eenvoudige maatregelen vaak nog niet zijn genomen. Er zijn nog veel bedrijven waar veel energie valt te besparen, met maatregelen die zich snel terug verdienen.

In dit licht is het belangrijk dat DCMR Milieudienst Rijnmond het initiatief heeft genomen om hiervoor een handvat te ontwikkelen, als hulpmiddel in haar rol in de uitvoering van wettelijke taken en convenanten.

De bijgaande factsheets geven kort, bondig en concreet voor 10 belangrijke mogelijke maatregelen de belangrijkste kenmerken die van belang zijn om te kunnen beoordelen of een maatregel haalbaar is binnen de geldende criteria. Dit is gebaseerd op concrete informatie van marktpartijen en openbare informatie. We bedanken de begeleidingscommissie, onder leiding van Rémon Dantuma, voor het in ons gestelde vertrouwen en de soepele samenwerking.

Wij hopen dat de factsheets een goed handvat blijken te zijn in het overleg met de industrie, en dat ze daadwerkelijk zullen bijdragen tot een versnelde realisatie van energiebesparende maatregelen.





Inhoud

1	Inleiding	9
1.1	Factsheets met energiebesparende maatregelen	9
1.2	Achtergrond	9
1.3	Uitvoering	10
1.4	Mogelijk gebruik door bevoegd gezag	11
2	Factsheets	13
1.	Isolatie van appendages.	
2.	Periodieke thermografische inspectie van isolatie.	
3.	Tankdakisolatie.	
4.	Frequentieregelde pompen.	
5.	Frequentieregelde ventilatoren.	
5a.	Voorbeeld: frequentieregelde ventilatoren bij luchtkoelers.	
6.	Periodieke reiniging luchtkoelers (air fin banken).	
7.	Energie-efficiënte stoomketels: rookgascondensatie.	
8.	Periodiek onderhoud condenspotten.	
9.	Perslucht: ultrasone lekdetectie.	
10.	Energiezuinige HF-verlichting in bedrijfshallen.	
	Geraadpleegde bedrijven	39
	Referenties	41





Samenvatting

Dit rapport geeft een set van 10 factsheets met belangrijke energiebesparende maatregelen in de industrie. De factsheets bevatten zo specifiek mogelijk beschikbare informatie over kosten, besparingen en terugverdientijden, en kritieke factoren voor realisatie.

Een speerpunt in het recent afgesloten SER Energieakkoord (SER, 2013) is dat bedrijven maatregelen nemen met een terugverdientijd van minder dan 5 jaar. Voor de EU ETS-bedrijven in de vorm van 1-op-1 afspraken tussen overheden en bedrijven, voor de MJA-3-bedrijven speelt ook de milieuvergunning een belangrijke rol. De afspraken van het SER-akkoord sporen met de Energy Efficiency Directive en het RCI Actieplan Energie. In dit licht is het voor provincies en omgevingsdiensten belangrijk om helder in beeld te hebben welke energiebesparende maatregelen in de industrie zich binnen 5 jaar terug verdienen.

In het project zijn de volgende 10 maatregelen uitgewerkt in factsheets. Een factsheet, 5. (frequentieregelde ventilatoren) is aangevuld met een specifieke toepassing (5a. ventilatoren bij luchtkoelers).

1. Isolatie van appendages.
2. Periodieke thermografische inspectie van isolatie.
3. Tankdakisolatie.
4. Frequentieregelde pompen.
5. Frequentieregelde ventilatoren.
- 5a. Voorbeeld: frequentieregelde ventilatoren bij luchtkoelers.
6. Periodieke reiniging luchtkoelers (air fin banken).
7. Energie-efficiënte stoomketels: rookgascondensatie.
8. Periodiek onderhoud condenspotten.
9. Perslucht: ultrasone lekdetectie.
10. Energiezuinige HF-verlichting in bedrijfshallen.

De selectie van energiebesparende maatregelen is gemaakt door mogelijke maatregelen te scoren op een viertal criteria: Hoeveel energiebesparing lijkt mogelijk? Hoe vaak is de maatregel toepasbaar? In welke orde van grootte ligt de terugverdientijd? En; Hoe handhaafbaar is de maatregel? De 10 maatregelen zijn daarna uitgewerkt op basis van informatie uit openbaar toegankelijke bronnen en informatie van toeleveranciers. Bij het berekenen van terugverdientijden is uitgegaan van bruto prijzen en commodity energieprijzen (elektriciteit: € 0,065/kWh, gas € 0,21/m³, stoom € 25/ton).

Voor elk van de factsheets geldt dat het gaat om toepassingen met een aanzienlijk energiegebruik. Daarbij blijkt dat de maatregel zich vaak terugverdient binnen 5 jaar. Tegelijk geldt volgens de geïnterviewde personen dat ze in veel gevallen nog niet worden toegepast. De inschatting is dan ook dat er op dit vlak nog een aanzienlijk besparingspotentieel ligt.



	Maatregel	Toepassingsgebied	Typerende investering	Typerende besparing	Typerende terugverdientijd
1	Isolatie van appendages	Appendages waardoor verwarmde vloeistoffen of gassen stromen	100-600 € per appendage afh. Van afmetingen	85-95%	< 1 jaar
2	Periodieke thermografische inspectie van isolatie	Verwarmde productstromen	€ 6.000 per inspectie/rapportage	Per inspectie 200.000 m ³ gas/jaar	< 2 jaar
3	Tankdakisolatie	Daken van verwarmde opslag tanks	€ 80-120/m ²	40-70%	1-4 jaar
4	Frequentieregelde Pompen	Pompen die regelmatig op lagere capaciteit draaien (typerend: 2.000 uren op minder dan 80%)	100-600 €/kW, indien nodig: kosten voor bekabeling tot ca. € 10.000	20-50%	< 2 jaar
5	Frequentieregelde ventilatoren	Ventilatoren die regelmatig op lagere capaciteit draaien (typerend: 2.000 uren op minder dan 80%)	100-600 €/kW, indien nodig: kosten voor bekabeling tot ca. € 10.000	20-50%	Ca. 3-4 jaar (ventilator 30 kW zonder bekabeling i.g.v. slipkoppeling < 1 jaar i.g.v. aanzuigdemper)
5a	Idem bij luchtkoelers	Air fin banken			
6	Periodieke reiniging luchtkoelers	Air fin banken	Ca. € 1.000/ reiniging van air fin bank	20-40%	< 2 maanden
7	Hoogrendement stoomketel, met rookgascondensor	Stoomketels, voldoende ruimte naar ketel	€ 20-30/kW geïnstalleerd vermogen	5-10%	1-2 jaar
8	Onderhoud en vervanging condenspotten	Elk stoomsysteem	Vervanging ca.: € 500/condenspot	10%	1-2 jaar
9	Perslucht: ultrasone lekdetectie	Persluchtsysteem > 1 kW	Ultrasoon detector: ca. € 2.000	5-30%	1-12 maanden
10	E-zuinige HF-verlichting	Bedrijfshallen met HF-verlichting	€ 60/armatuur (bijplaatsen HF-voorschakelapparaat)	30-50%	2-3 jaar



1 Inleiding

1.1 Factsheets met energiebesparende maatregelen

Dit rapport geeft een set van 10 factsheets met belangrijke energiebesparende maatregelen in de industrie. De factsheets bevatten zo specifiek mogelijk beschikbare informatie over kosten, besparingen en terugverdiëntijden, en kritieke factoren voor realisatie. Dit is gebaseerd op de kennis aanwezig in openbare informatiebronnen, bij toeleveranciers, externe experts en experts binnen provincies en omgevingsdiensten. De factsheets zijn bedoeld als hulpmiddel voor vergunningverleners en toezichthouders van vergunningplichtige, industriële bedrijven.

1.2 Achtergrond

Het tempo van energiebesparing in de energie-intensieve industrie ligt laag (Agentschap NL, 2013). Een reden is dat voor diverse relatief eenvoudige procesonderdelen als verwarming, isolatie en pompen vaak wel energiebesparende maatregelen beschikbaar zijn, maar dat bedrijven deze vaak nog niet genomen hebben.

Tegelijk geldt dat de kennis bij het bevoegd gezag over mogelijke maatregelen bij energie-intensieve bedrijven vaak niet toereikend is. In het kader van de MJA-3 zijn uitgebreide maatregellijsten opgesteld (Agentschap NL, 2013), maar die omvatten veel maatregelen ('rijp' en 'groen' door elkaar heen) en het is vaak niet duidelijk welke maatregelen normaal gesproken binnen 5 jaar haalbaar zijn.

In het recent afgesloten SER Energieakkoord (SER, 2013) zijn acties opgenomen die er op zijn gericht dat bedrijven maatregelen nemen met een terugverdiëntijd van minder dan 5 jaar. Voor de MJA-3-bedrijven in het kader van de MJA-3 en geïntensiveerde toepassing van de milieuvergunning, voor de EU ETS-bedrijven in de vorm van 1-op-1 afspraken tussen overheden en bedrijven over het treffen van rendabele maatregelen. De afspraken van het SER-akkoord sporen met de verhoogde ambitie voor energiebesparing in de Energy Efficiency Directive (EC, 2013) die begin dit jaar van kracht is geworden. Ook in het recent uitgebrachte RCI Actieplan Energie is energie-efficiency binnen de industrie een belangrijk aandachtspunt (RCI, 2013), via de beoogde oprichting van een Expertisecentrum Energiebesparing.

In dit licht hebben provincies en omgevingsdiensten behoefte aan inzicht in energiebesparende maatregelen die normaal gesproken in de industrie binnen 5 jaar terug te verdienen zijn.

De maatregelen uit de lijst kunnen gebruikt worden als toetsingskader bij vergunningprocedures en bij het beoordelen van een EEP kan getoetst worden of de maatregelen zijn meegenomen in het Plan.



1.3 Uitvoering

Dit overzicht is opgesteld door specialisten van CE Delft, samen met twee deskundigen met een lange staat van dienst op het vlak van energie-efficiency in de industrie: Martine van der Post (Post Fossil) en Chris Jordan (Jordan Environmental Services). Het project is begeleid door een begeleidingscommissie, bestaande uit: Rémon Dantuma (voorzitter), Erik van Zoest en Patricia van Rixoord van DCMR Milieudienst Rijnmond, Wim van Soelen van de Omgevingsdienst West-Brabant en Michael Lezer van de Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid. Jan Weerts (provincie Limburg) was agendalid.

Twee stappen

Het project is uitgevoerd in twee stappen.

Als eerste is een selectie gemaakt van 10 belangrijke energiebesparende maatregelen. Dit is gedaan door in een groslijst van 30 mogelijke maatregelen, maatregelen te scoren op een viertal criteria: Hoeveel energiebesparing lijkt mogelijk? Hoe vaak is de maatregel toepasbaar? In welke orde van grootte ligt de terugverdientijd? En; Hoe handhaafbaar is de maatregel?

Na een voorstel van de projectgroep is een selectie van 10 maatregelen vastgesteld door de begeleidingscommissie.

Als tweede stap zijn deze 10 maatregelen uitgewerkt. Dit is gebeurd op basis van informatie uit openbaar toegankelijke bronnen, zoals factsheets van Agentschap NL en Stimular, en leveranciersinformatie op het internet. Daarnaast is contact gelegd met toeleveranciers. In de gesprekken met toeleveranciers is specifiek gevraagd om informatie over kosten en besparingen van de verschillende maatregelen.

De verzamelde gegevens zijn verwerkt in factsheets. Deze zijn getoetst bij de geïnterviewde toeleveranciers en voorgelegd aan de begeleidingscommissie.

Berekening terugverdientijden

Bij het berekenen van terugverdientijden zijn we uitgegaan van een conservatieve benadering: we hebben bruto kostenramingen gehanteerd (zonder kortingen), waarbij alle kostenposten zijn betrokken. Tegelijk zijn we uitgegaan van commodity energieprijzen zoals deze bij grootverbruikers voorkomen. Deze zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Gehanteerde energieprijzen

Energiedrager	Prijs
Elektriciteit	€ 0,065/kWhe
Gas	€ 0,21/m ³ ¹
Stoom	€ 25/ton

¹ Endex, verhandeld van oktober 2006 tot oktober 2007. Prijzen voor hoogcalorisch gas zijn omgerekend naar de volumeprijs van Groninger gas op basis van de calorische waarde van GasTerra (35,17 MJ/m³). Bij een zeer hoog rendement van 90% komt de energieprijs dan uit op 5,94 €/GJ.



Resultaat

De bijgaande factsheets geven een compacte beschrijving van maatregelen die doorgaans binnen 5 jaar terug te verdienen zijn. Het gaat om ‘generieke maatregelen’ in processen die breed in de industrie voorkomen, zoals isolatie, luchtkoeling, pompen en het opwekken van stoom. Elk van de maatregelen is kort uitgewerkt in een factsheet met een foto en een korte beschrijving, analoog aan InfoMil’s Energiebesparing en Winst.

In de beschrijving is opgenomen wat de typerende terugverdientijd is en wat kritieke factoren zijn voor realisatie. De informatie is gebaseerd op feitelijke informatie aanwezig bij overheden, adviseurs en toeleveranciers.

In totaal zijn 10 factsheets opgesteld. Een factsheet, 5. (frequentiegeregelde ventilatoren) is aangevuld met een specifieke toepassing (5a., ventilatoren bij luchtkoelers).

1. Isolatie van appendages.
2. Periodieke thermografische inspectie van isolatie.
3. Tankdakisolatie.
4. Frequentiegeregelde pompen.
5. Frequentiegeregelde ventilatoren.
- 5a. Voorbeeld: frequentiegeregelde ventilatoren bij luchtkoelers.
6. Periodieke reiniging luchtkoelers (air fin banken).
7. Energie-efficiënte stoomketels: rookgascondensatie.
8. Periodiek onderhoud condenspotten.
9. Perslucht: ultrasone lekdetectie.
10. Energiezuinige HF-verlichting in bedrijfshallen.

1.4 Mogelijk gebruik door bevoegd gezag

Provincies en omgevingsdiensten kunnen de factsheets in verschillende kaders gebruiken. Hierbij kan gedacht worden aan:

- *Vergunningverlening:*
Bij de bedrijven die buiten het EU ETS vallen kan het bevoegde gezag in de milieuvergunning gerichte voorschriften opnemen voor het nemen van energiebesparende maatregelen.
- *Beoordelen van energie-efficiencyplannen:*
In het kader van de convenanten MJA-3 en MEE stellen bedrijven energie-efficiencyplannen op. Het bevoegde gezag heeft hierbij een toetsende rol. In de beoordeling van de plannen kan het bevoegde gezag meenemen dat het alleen goedkeuring geeft aan een plan, als hieruit duidelijk blijkt dat de ‘laaghangend fruit’-maatregelen daadwerkelijk worden genomen.
- *1:1 afspraken met industriële bedrijven:*
In het SER Energieakkoord is opgenomen dat bevoegde gezagen 1-op-1 afspraken gaan maken met industriële bedrijven over energiebesparing. Centraal staat daarin het nemen van maatregelen met een terugverdientijd kleiner dan 5 jaren. Het is nog niet duidelijk hoe dit vorm gaat krijgen, maar het ligt voor de hand dat de factsheets hiervoor als handvat kunnen fungeren.





2 Factsheets

1. Isolatie van appendages.
2. Periodieke thermografische inspectie van isolatie.
3. Tankdakisolatie.
4. Frequentiegestuurde pompen.
5. Frequentiegestuurde ventilatoren.
- 5a. Voorbeeld: frequentiegestuurde ventilatoren bij luchtkoelers.
6. Periodieke reiniging luchtkoelers (air fin banks).
7. Energie-efficiënte stoomketels: rookgascondensatie.
8. Periodiek onderhoud condenspotten.
9. Perslucht: ultrasone lekdetectie.
10. Energiezuinige HF-verlichting in bedrijfshallen.





Factsheet 1

Isolatie van appendages

Maatregel betreft

Isolatie van appendages (kleppen, flenzen, kranen, afsluiters, ...) waardoor verwarmde vloeistoffen en/of gassen stromen.

Kern

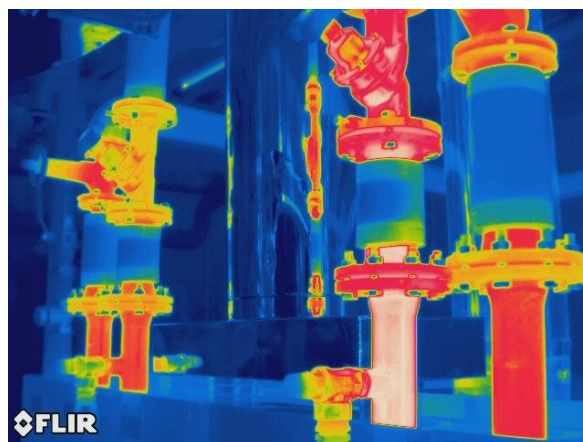
Kleppen, flenzen, kranen en afsluiters zijn vaak niet geïsoleerd. Het isoleren van deze appendages bespaart 85-95% van de energie die anders verloren gaat. De terugverdientijd is gewoonlijk minder dan 1 jaar.

Toepassingscriteria:	Alle soorten appendages kunnen geïsoleerd worden. De geschiktheid van een bepaald soort isolatie materiaal hangt sterk af van het toepassingsgebied. De gecertificeerde isoleerder kan hierover adviseren.
Typend kostenniveau:	100-600 €/appendage afhankelijk van grootte.
Typerende besparing:	85-95%.
Typerende terugverdientijd:	Minder dan 1 jaar.

Beschrijving

In de fabrieken worden warme vloeistoffen en gassen (media) getransporteerd door leidingsystemen. Deze leidingsystemen zijn niet altijd afdoende geïsoleerd hetzij omdat de isolatie ontbreekt of omdat de isolatiesystemen beschadigd zijn geraakt. Hierdoor treedt energieverlies op naar de omgeving. Dit energieverlies kan sterk verminderd worden door het toepassen van isolatie.

Volgens een recente studie naar het energie- en CO₂-besparingspotentieel van isolatie in de industrie van de EU-27² kan op dit moment 3-4% van het energiegebruik in de industrie bespaard worden door het isoleren van ongeïsoleerde oppervlakken en het repareren van beschadigde isolatie.



Er is zeer veel bekend over kosten en baten van isolatiemaatregelen.

We onderscheiden drie verschillende delen van een leidingsysteem die geïsoleerd zouden moeten zijn:

- rechte pijpleidingen;
- bochten;
- appendages (flenzen, kleppen, kranen, etc.).

Appendages zijn het vaak niet geïsoleerd. Vaak wordt ten onrechte aangenomen dat het gevaarlijk zou kunnen zijn appendages te isoleren of denkt men dat het bedienend personeel appendages regelmatig

²

Beschikbaar via www.eiif.org.

moet uitpakken voor inspectiedoeleinden. Er zijn echter genoeg technische oplossingen aan te dragen om appendages op een praktische manier te isoleren.

Dit mate waarin energie verloren gaat door een gebrek aan isolatie is afhankelijk van een aantal factoren. Er kan energie bespaard worden als:

- het verschil tussen de procestemperatuur en de omgevingstemperatuur kleiner wordt;
- de warmtegeleiding afneemt;
- het oppervlak dat ongeïsoleerd is afneemt.

De warmtegeleiding kan beperkt worden door het aanbrengen van isolatie. De mate waarin een materiaal isoleert wordt bepaald door de warmtegeleidingscoëfficiënt (λ_a)³ gedeeld door de dikte van het isolatiemateriaal (d_i). Om het energieverbruik te verlagen is het dus van belang om een zo laag mogelijke warmtegeleidingscoëfficiënt te kiezen en een zo dik mogelijk isolatie. Echter niet alle isolatiematerialen kunnen bij alle procestemperaturen toegepast worden. De kunst is dus om een materiaal te kiezen met een zo laag mogelijke warmtegeleidingscoëfficiënt te kiezen, dat toch geschikt is voor het toepassingsgebied en een zo dik mogelijke isolatie te gebruiken als technisch en economisch haalbaar is. Naast isolatie van warme leidingen en appendages is ook isolatie van cryogene leidingen van groot belang. Ook hierbij kunnen grote energieverliezen optreden. Het produceren van koude is vaak een factor 4 duurder dan het verwarmen en dus ook de verliezen!

Hoe het energieverlies berekend moet worden voor pijpen, bochten en flensen staat beschreven in de VDI 2055-norm. Volgens deze norm is de warmteafgifte over een flens berekend met en zonder isolatie bij een procestemperatuur van 100 °C, bij een omgevingstemperatuur van 10 °C (gemiddelde omgevings-temperatuur in NL). Resultaten staan in Tabel 1.

We nemen hierbij aan dat de warmteafgifte over alle appendage vergelijkbaar is met de warmteafgifte over een flens. Dit is een conservatieve aannahme omdat flenzen de kleinste stoort appendages zijn en de meeste appendages dus een groter oppervlak hebben waarover warmte uitgewisseld kan worden. Het kosten voor het aanbrengen van de isolatie zijn gebaseerd op informatie van meerdere toeleveranciers en zijn indicatief.

Uit de resultaten in Tabel 2 blijkt dat isolatie van appendages op leidingsystemen waar media van 100 °C door worden vervoerd, gewoonlijk binnen 1 jaar is terugverdiend. Deze berekening is voor een brede range van temperaturen van toepassing. Bij temperaturen tussen 50 °C en 175 °C kan men te maken krijgen met Corrosie onder Isolatie (Engelstalige afkorting: CUI). Een isolatiesysteem dient daarom door een vakkundig isolatiebedrijf te worden geïnstalleerd.

Tabel 2 Berekening energiebesparing en terugverdientijd van isolatie van appendages

Systeem beschrijving	Energieverlies zonder isolatie (W)	Energiebesparing door isolatie flensen/appendages (W)			Kosten aanbrengen isolatie (€/appendage)	Terugverdientijd bij 360 dagen/jaar in gebruik (jaar)	
		d_{isolatie} (mm)	($\lambda_a=0,04$)	($\lambda_a=0,03$)		($\lambda_a=0,04$)	($\lambda_a=0,03$)
Buitendiameter van stalen pijp (mm)	Ongeïsoleerde appendage				Materiaal en arbeid excl. BTW		
33,7	427	50	362	374	115	1,55	1,50
60,3	859	50	746	767	180	1,17	1,14
139,7	2.690	50	2.368	2.426	190	0,39	0,38
273,0	7.450	80	6.830	6.943	275	0,20	0,19
508,0	20.440	80	18.703	19.017	410	0,11	0,10
762,0	40.706	100	37.743	38.283	560	0,07	0,07

De geschiktheid van een bepaald soort isolatie materiaal hangt sterk af van het toepassingsgebied. Een gecertificeerd isoleerbedrijf kan hierover adviseren. Verder kan bij hogere temperaturen alleen geïsoleerd worden tijdens een onderhoudstop als de te isoleren oppervlakken niet meer verwarmd zijn.

³ Het gaat om de waarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt na veroudering (aging), d.w.z. 25 weken bij 70 °C.



Factsheet 2

Periodieke thermografische inspectie van isolatie

Maatregel betreft

Het periodiek inspecteren van bestaande isolatiesystemen die nog wel afdoende lijkt te functioneren.

Kern

Zelfs voor bedrijven met een goede interne kwaliteitscontrole is regelmatige thermografische inspectie van de isolatie kosteneffectief. Als de aanbevolen rendabele verbeteringen van de isolatie uitgevoerd worden is de terugverdientijd van deze isolatieverbeteringen inclusief de kosten van de inspectie gewoonlijk korter dan 2 jaar.

Toepassingscriteria:

Bedrijven met verwarmde productstromen. (* zie opmerking)

Typerend kostenniveau:

Kosten voor onafhankelijke professionele inspectie en uitvoerige rapportage met verbeteraanbevelingen en kwantificatie van besparingsopties bedragen ca. 6.000 euro, gebaseerd op een dag inspectie on site.

Typerende besparing:

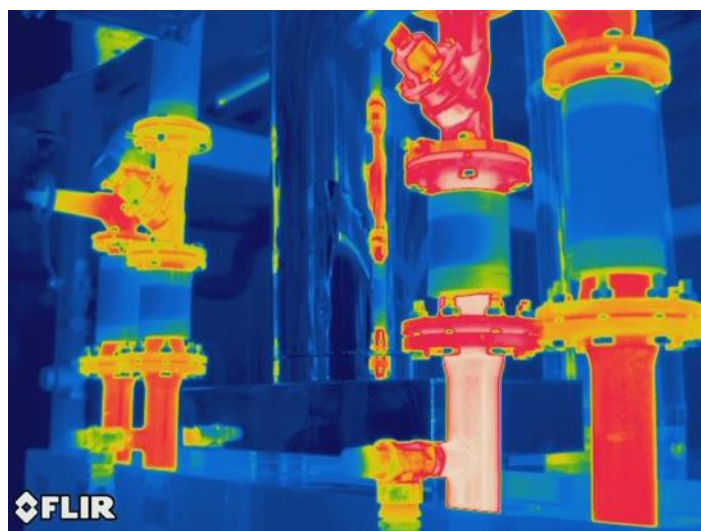
In 2013 leverde dit type inspectie gemiddeld een besparingspotentieel van 200.000 m³ gas (Bron: NCTI).

Typerende terugverdientijd:

< 2 jaar. Als de aanbevolen rendabele verbeteringen van de isolatie uitgevoerd worden is de terugverdientijd van deze isolatieverbeteringen inclusief de kosten van de inspectie gewoonlijk binnen twee jaar terugverdiend.

Beschrijving

Volgens een recente studie naar het energie- en CO₂-besparingspotentieel van isolatie in de industrie van de EU-27 (Ecofys, 2012) kan op dit moment meer dan 65% van het huidige warmteverlies in de industrie voorkomen worden door het isoleren van ongeïsoleerde oppervlakken, het repareren van beschadigde isolatie en het vervangen van bestaande isolatie door isolatie die maximaal kosteneffectief is. Voor de industrie van de EU-27 is dit potentieel in totaal 480 PJ.



Tabel 3 Onderverdeling huidige warmteverlies naar type warmte

Type toepassing	Energieverlies wegens isolatie als aandeel van totale energieverbruik in huidige situatie	Aandeel energieverlies over geïsoleerde oppervlakken	Aandeel energieverlies over ongeïsoleerde oppervlakken of beschadigde isolatie
Lage temperatuur oppervlakken (< 100 ° C)	9,6%	5,4%	4,2%
Midden temperatuur oppervlakken (100-300 ° C)	6,7%	3,8%	2,9%
Hoge temperatuur oppervlakken (> 300 ° C)	5,0%	2,0%	3,1%

Zoals blijkt uit Tabel 3 is bijna de helft van het energieverlies over verwarmde oppervlakken te voorkomen door ongeïsoleerde oppervlakken te isoleren en beschadigde isolaties te repareren. De terugverdientijd van reparaties en isolatie van ongeïsoleerde oppervlakken is gewoonlijk minder dan 1 jaar, zie ook de factsheet isoleren van appendages.

Het is dus vanuit een energiebesparingsoogpunt aantrekkelijk om de kwaliteit en de conditie van isolatie regelmatig te inspecteren. Additioneel voordeel is dat hierdoor in een vroeg stadium eventuele corrosie of zelfs lekkages ontdekt kunnen worden. Verder kan in sommige situaties gevaarlijke arbo-situaties voorkomen worden bijvoorbeeld bij het op tijd detecteren en gecontroleerd verwijderen van verouderde asbestisolatie.

Voor de inspecties genieten thermografische opnames de voorkeur omdat zij onzichtbare beschadigingen zichtbaar maken. Ervaring in het industriegebied Rotterdam leert, dat aanvullend op de eigen kwaliteitsborging en onderhoudsinspecties door het bedrijf, een goede frequentie is om 1 maal in de 5 jaar thermografische inspecties te verrichten.

Deze brengen dan zoveel rendabele verbeterpunten naar voren, dat de extra kosten van de thermografische inspectie die tot de reparatiewerkzaamheid leiden geen significant effect hebben op de terugverdientijd van de opnieuw aangebrachte of gerepareerde isolatie.

Bij bedrijven zonder stelselmatige eigen kwaliteitsborging en onderhoudsinspecties is thermografische inspectie van de isolatiekwaliteit 1 keer per twee jaar aan te bevelen.

De kosten voor een onafhankelijke professionele inspectie met een uitvoerige rapportage met verbeteraanbevelingen en kwantificatie van besparingsopties liggen op ca. 6.000 euro. Dit is gebaseerd op een dag inspectie on site. In 2013 leverde dit type inspectie gemiddeld een besparingspotentieel van 200.000 m³ gas (Bron: NCTI, Nederlands Centrum voor Technische Isolatie). Als de aanbevolen rendabele verbeteringen van de isolatie uitgevoerd worden is de terugverdientijd van deze isolatieverbeteringen inclusief de kosten van de inspectie gewoonlijk ruim binnen twee jaar terugverdiend.

* *Opmerking: Deze factsheet gaat uit van de toepassing(of gebrek aan) van isolatie bij warme installaties.*

In de industrie wordt echter ook zeer veel gewerkt met cryogene processen. Het koude verlies bij dit soort processen leidt bij de gebreken zoals boven beschreven ook tot zeer grote verliezen.

Het produceren van koude is vaak een factor 4 duurder dan het verwarmen en dus ook de verliezen!



Factsheet 3 Tankdakisolatie

Maatregel betreft

Beperken warmtelekkage.

Kern

Het aanbrengen van isolatie op de daken van grote verwarmde vloeistofopslag tanks, bespaart bij tanks met een opslagtemperatuur boven de 30 °C al gauw de helft aan verwarmingskosten.

Toepassingscriteria:	Dak zonder corrosieproblemen, met goede verflaag.
Typerend kostenniveau:	€ 80 tot € 120/m ² .
Typerende besparing:	40-70% op brandstofgebruik tank.
Typerende terugverdientijd:	1-4 jaar.

Beschrijving

Veel van de producten die in atmosferische vloeistofopslag tanks worden opgeslagen, moeten warm worden gehouden om vloeibaar te blijven. De daken van verwarmde tanks worden niet standaard van isolatie voorzien. Dat terwijl isoleren van het dak ruim 40% energie kan besparen.



De haalbare besparing hangt af van de hoogte diameter verhouding van de tank, de opslag temperatuur, de gemiddelde vullingsgraad en de isolatiesituatie van de bodem en wanden. Deze is met een berekeningsmodel te bepalen. Een voorbeeldtank met een diameter en hoogte van 20 meter, een producttemperatuur van 50 °C, 5 cm vloerisolatie, 10 cm wandisolatie en een vullingsgraad van 50% zal met 10 cm dakisolatie een verwarmingsbesparing halen van ruim 50%. Voor deze tank is zonder dakisolatie door het jaar heen gemiddeld ongeveer 50 kW warmte nodig om hem op temperatuur te houden. Met dakisolatie is dit te reduceren tot ongeveer 25 kW. Wanneer de tank met stoom verwarmd zou worden, bespaart dit primair⁴ al gauw 600 ton stoom per jaar. Stel dat de stoomprijs € 25 per ton is, dan bespaart de dakisolatie op deze tank € 15.000 aan stoomkosten op jaarbasis. De investering voor dit dak zal ongeveer € 30.000 zijn zodat de investering zich in twee jaar terug verdient.

⁴

Rekening houdend met opwek- en distributieverliezen van respectievelijk 10 en 30%.

De nieuwste (en voordeligste) soort isolatie is beloopbaar en in sommige gevallen zelfs tijdens bedrijf aan te brengen. Bovendien kent deze isolatie geen corrosie onder isolatie en zijn de plaatdikte metingen uit te voeren zonder de isolatie te verwijderen. De prijs van isolatie varieert per soort maar ook per tank. Wanneer een tank veel appendages op het dak heeft zal het aanbrengen meer werk kosten en wanneer relatief weinig oppervlak geïsoleerd wordt zullen de huurkosten van steiger of hijskraan zwaarder meewegen. Voor de voorbeeld tank kan gesteld worden dat dakisolatie zichzelf binnen 5 jaar terug verdient vanaf een opslagtemperatuur van 30 °C.



Factsheet 4

Frequentiegeregelde pompen

Maatregel betreft

Het vervangen van een regelklep of een bypass door een frequentieregeling bij pompen.

Kern

In veel pompsystemen wordt een teveel aan pompcapaciteit terug gebracht door een smookklep. Vervanging van een smookklep door een frequentieregeling bespaart veel energie. Als een pomp 20% teveel vermogen heeft, is een besparing van 25-33% mogelijk. Als de pomp minimaal 4.000 uur draait en 20% van het pompvermogen gesmoord wordt, wordt een frequentieregelingen gewoonlijk binnen 5 jaar terugverdiend. Als de frequentieregeling meer uren in bedrijf is of als er meer pompvermogen gesmoord wordt is de terugverdientijd nog korter.

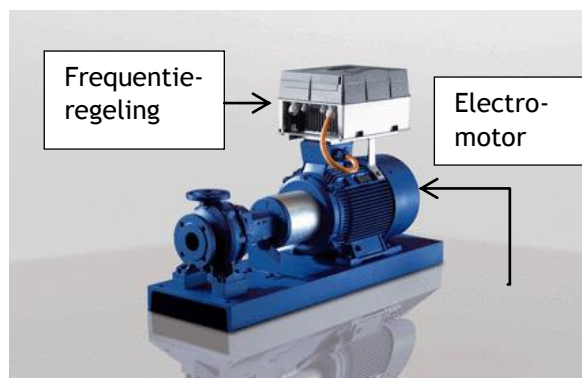
Toepassingscriteria:	Doorgaans zijn frequentieregelingen op pompen rendabel als de pomp minimaal 2.000 uur 20% van het vermogen of meer tegen een afsluiter aan pompt.
Typerend kostenniveau:	2.000-17.000 € per frequentieregeling (voor respectievelijk 5,5 tot 160 kW motoren) met 0-10.000 € additionele kosten voor bekabeling.
Typerende besparing:	20-50%.
Typerende terugverdientijd:	< 2 jaar bij pompvermogens groter dan 15 kW, zonder additionele bekabeling.

Beschrijving

Volgens inschattingen van het Fraunhofer Gesellschaft (Fraunhofer, 2005) is van driekwart van de pompen in de industrie de pompcapaciteit minimaal 20% te groot⁵. Het teveel aan pompcapaciteit wordt gewoonlijk teruggebracht door een smookklep. In andere gevallen gebeurt dit met een bypass.

De energiebesparing is groter naarmate de smookklep verder dichtstaat. Voor de berekening van de terugverdientijd is het van belang dat additionele kosten zoals bekabeling soms veel duurder zijn dan de frequentieregelaar zelf. Dit geldt zowel binnen als buiten ATEX-omgevingen.

Verder zijn sommige oudere motoren zijn niet geschikt voor frequentieregelingen (met name bij oudere ATEX-motoren komt dit voor), maar bij vervanging is er altijd wel een motor beschikbaar die wel geschikt is voor frequentieregeling. De ruimte in regelkasten kan beperkt zijn.



⁵

Volgens inschattingen van het Fraunhofer instituut uit 2005 wordt 64% van de energie in de industrie gebruikt voor het aandrijven van elektromotoren en 30% van die elektromotoren drijven pompen aan (presentatie: Technischer Leitfaden - LÖSUNGEN ZUR VERBESSERUNG IHRER MOTOREN-SYSTEME beschikbaar via www.motorchallenge.de).

In de praktijk komt het vaak voor dat pompen tegen een smookklep pompen, omdat de pomp over gedimensioneerd is of omdat er even geen of minder toe- of afvoer van vloeistoffen nodig is. In die gevallen is er sprake van energieverpilling.

Er zijn twee mogelijkheden om deze energieverpilling sterk te reduceren.

1. In het geval dat een pomp continue in dezelfde mate gesmoord wordt, kunnen de pompbladen (de waaiers) aangepast worden.
2. In het geval dat de benodigde vraag varieert kan er een frequentieregeling op de aandrijfmotor van de pomp gezet worden.

Deze factsheet richt zich op de tweede mogelijkheid. De pompen waarbij dit het grootste effect heeft zijn pompen met een variabel koppel, zoals centrifugaal pompen.

Het benodigde vermogen voor de aandrijving van de pomp (P) wordt bepaald door de massa van de vloeistof die per seconde verpompt moet worden ($\rho g Q$) de druk die daarbij overwonnen moet worden (H) en het rendement van motor (η) waardoor de pomp wordt aangedreven:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta}$$

Uitgaande van deze vergelijkingen is voor een aantal pompen uitgerekend wat de energiebesparing is als je een smookklep vervangt door een frequentieregeling om het debiet 20% terug te brengen.

Kosten verbonden aan pompaanpassingen

De kosten voor het aanbrengen van frequentieregeling op de aandrijfmotor van een pomp bestaan uit de kosten van de frequentieregelaar zelf en de installatie van de frequentieregelaar, inclusief additionele kosten voor bekabeling en het maken van ruimte in een meterkast. Het maakt daarbij een verschil of het gaat om een bestaande motor die wordt aangepast of om een nieuwe motor die meteen met frequentieregelaar wordt uitgevoerd.

Vaak kan de frequentieregeling gekoppeld worden aan de energietoevoer van de aandrijfmotor van de pomp en wordt de frequentieregeling op een vaste stand gezet. In die gevallen is er geen sprake van extra kosten. Als er wel extra bekabeling en aansluiting op computers van regelsystemen nodig zijn, kunnen deze kosten als volgt ingeschat worden. De kosten van bekabeling bedragen circa 100 €/m en een aansluiting op de computer van een regelsysteem circa € 1.000. In de 'worst case scenario' dat er wel een extra aansluiting op de computer nodig is en wegens omstandigheden er 90 meter kabel nodig is, lopen de extra kosten per frequentieregeling op tot € 10.000. De terugverdientijden zijn berekend voor de situatie zonder extra kosten en voor een 'worst case scenario' met € 10.000 aan extra kosten voor bekabeling, etc. Overige aannames die gemaakt zijn voor deze berekening zijn dat de pompen 360 dagen per jaar 24 uur per dag in gebruik zijn (8.640 uur).

Als de pomp minder uren in bedrijf is kan de juiste terugverdientijd berekent worden door de terugverdientijd te vermenigvuldigen met 8.640 gedeeld door het juiste aantal bedrijfsuren. De elektriciteitsprijs voor grootverbruikers is gesteld op 0,065 €/kWh (CBS, 2013).

Tabel 4 Energiebesparing en terugverdientijd door toepassen van frequentieregelingen

Q	H	P	Stand smookklep	Energiebesparing		Prijs frequentieregeling incl. installatie en bekabeling (€)		Terugverdientijd (jaar)	
				%	kWh	kabels = 0 €	kabels = 10.000 €	kabels = 0 €	kabels = 10.000 €
m ³ /h	m	kW	% gesloten	%	kWh	kabels = 0 €	kabels = 10.000 €	kabels = 0 €	kabels = 10.000 €
300	4	5,5	20	25,4	7.511	2.000	12.000	4,1	24,6
500	8	15,5	20	29,6	29.186	3.200	13.200	1,7	7,0
500	8	15,5	50	68,6	52.130	3.200	13.200	0,9	3,9
500	16	30	20	31,6	62.128	5.000	15.000	1,2	3,7
500	22	45	20	32,1	86.734	6.700	16.700	1,2	3,0
1.200	22	110	20	32,1	208.162	12.000	22.000	0,9	1,6
1.200	30	160	20	32,7	290.332	17.000	27.000	0,9	1,4



Deze waarden zijn berekend gebruikmakend van het programma PumpSafe52 van ABB (ABB, 2013), en de brutoprijzen voor de frequentieregelingen inclusief installatie.



Factsheet 5

Frequentiegeregelde ventilatoren

Maatregel betreft

Het toepassen van frequentieregeling bij E-motoren die ventilatoren aandrijven in verband met wisselende belasting.

Kern

In de praktijk komt het vaak voor dat de aandrijfmotoren van deze ventilatoren ontworpen zijn voor een veel groter vermogen dan dat de meeste tijd nodig is. Het aanbrengen van een frequentieregeling op de aandrijfmotor van de ventilator(en) kan dan veel energie besparen.

Toepassingscriteria:	Doorgaans zijn frequentieregelingen rendabel als het motorvermogen circa 40% van het vermogen terug geregeld wordt. Additionele maatregelen die genomen moeten worden voor de installatie van de frequentieregelaar kunnen veel duurder zijn dan de frequentieregelaar zelf. Dit is zowel in ATEX als buiten ATEX-omgevingen mogelijk.
Typerend kostenniveau:	2.000-17.000 € per frequentieregeling (voor respectievelijk 5,5 tot 160 kW motoren) met 0-10.000 € additionele kosten voor bekabeling.
Typerende besparing:	20-50% afhankelijk van de regeling in de uitgangssituatie.
Typerende terugverdientijd:	Voor een ventilator van 30 kW zonder bekabeling: ca. 3-4 jaar in geval van een slipkoppeling en minder dan 1 jaar in geval van een aanzuigdemper.

Beschrijving

Op dit moment nemen aandrijfmotoren van ventilatoren bijna 10% van het industriële elektriciteitsverbruik binnen de EU voor hun rekening (Fraunhofer, 2005). In deze situaties kan het aanbrengen van een frequentieregeling op de aandrijfmotor van de ventilator(en) veel energie besparen.

De omvang van de energiebesparing is afhankelijk van hoeveel te groot het motorvermogen is.

In ons voorbeeld gaan we ervan uit van een ventilator met een motor van 30 kW die gemiddeld 38% te veel vermogen geeft. Deze gebruikt een slipkoppeling om het motorvermogen terug te regelen.

Door vervanging van de slipkoppeling door een frequentieregeling is in deze situatie een energiebesparing van 27% mogelijk. Als er geen slipkoppeling gebruikt werd maar een aanzuigdemper, dan is zelfs een energiebesparing van 52% mogelijk. De besparingen van andere type regelingen zitten hier tussen in.

In het voorbeeld ligt de terugverdientijd op 3,4 jaar. Bij grotere motorvermogens ligt de terugverdientijd lager, bij kleinere hoger.

Grosso modo geldt dat de terugverdientijd korter is dan 5 jaar voor motoren met een vermogen van 15,5 kW of meer. Als extra bekabeling of aansluiting op een computer van het regelsysteem nodig zijn kan dit veel duurder zijn dan de frequentieregelaar zelf. Dit geldt zowel binnen als buiten ATEX-omgevingen.

De mate waarin er energie bespaard kan worden hangt sterk af van de mate waarin het vermogen van de motor van de ventilator terug geregeld wordt. In onze berekeningen zijn we uitgegaan van de verdeling van het debiet over het jaar zoals weergegeven in Tabel 4.



Totaal wordt er 62% van het debiet gebruikt dat debiet vergeleken met de situatie dat de ventilator 100% op vol vermogen draait (38% is overbodig). De motor wordt geregeld door een slipkoppeling.

Uitgaande van vervanging van de slipkoppeling door een frequentieregeling is voor een aantal ventilatoren van verschillende grootte berekend wat de energiebesparing en de bijbehorende terugverdientijd is.

Bij de berekening van de terugverdientijd is uitgegaan van een situatie zonder extra kosten en een situatie met hoge extra kosten. Vaak kan de frequentieregeling gekoppeld worden aan de energietoevoer van de ventilator en wordt de frequentieregeling op de bestaande regeling op de motor gezet. In die gevallen is er geen sprake van extra kosten. Als er wel extra bekabeling nodig is en additionele aansluiting op computers van regelsystemen, kunnen de bijbehorende kosten als volgt ingeschat worden. De kosten van bekabeling bedragen circa 100 €/m en een aansluiting op de computer van een regelsysteem kost circa € 1.000. Een voorbeeld met hoge extra kosten is de situatie dat er een extra aansluiting op de computer nodig is en 90 meter kabel nodig is. In die situatie lopen de extra kosten per frequentieregeling op tot € 10.000.

De resultaten staan in Tabel 2. Deze waarden zijn berekend met het programma FanSave52 van ABB (ABB, 2013b). Aannames bij de berekening zijn dat de frequentieregeling 360 dagen per jaar nodig is (8.640 uur) en dat het motorvermogen gemiddeld 38% wordt teruggebracht. Verder is aangenomen dat de frequentieregeling een slipkoppeling vervangt. Onder deze aannames bedraagt de terugverdientijd minder dan 5 jaar voor een frequentieregeling op aandrijfmotoren van 15,5 kW of meer.

Tabel 5 Energiebesparing, investering en terugverdientijd bij aanbrengen frequentieregeling ter vervanging van een slipkoppeling

Debiet m ³ /s	Drukval Pa	Vermogen kW	Energiebesparing		Prijs frequentieregeling incl. kabels (€)		Terugverdientijd (jaar)	
			€/jaar	kWh/jaar	kabels = 0 €	kabels = 10.000 €	kabels = 0 €	kabels = 10.000 €
10	300	5,5	256,9	3.952	2.000	12.000	7,8	47
10	850	15,5	726,9	11.183	3.200	13.200	4,4	18
10	1.700	30	1.450,5	22.315	5.000	15.000	3,4	10
10	3000	45	2.550,9	39.245	6.700	16.700	2,6	6,5
5	15.000	110	6.174,8	94.997	12.000	22.000	1,9	3,6
5	23.000	160	9.261,1	142.478	17.000	27.000	1,8	2,9

De aanname over de soort regeling in de uitgangssituatie bepaalt in hoge mate de energiebesparing die gerealiseerd kan worden. Daarom geven we hieronder per type regeling de mogelijke besparing. Hieruit blijkt dat de terugverdientijd kan halveren als de frequentieregeling een aanzuigdemper vervangt.

Tabel 6 Energiebesparing door vervanging van het type regeling in de tabel door een frequentieregeling uitgaande van de behoefte zoals weergegeven in Tabel 1

Type regeling	Energiebesparing (%)
Uitblaasdemper	44
Slipkoppeling	27
Spanningscontrole (TRIAC)	34
2 snelheden motor	32
Aanzuigdemper	52



Factsheet 5A

Frequentiegeregelde ventilatoren bij luchtkoelers

Maatregel betreft

Het toepassen van frequentieregeling op de aandrijfmotoren van Luchtkoelers.

Kern

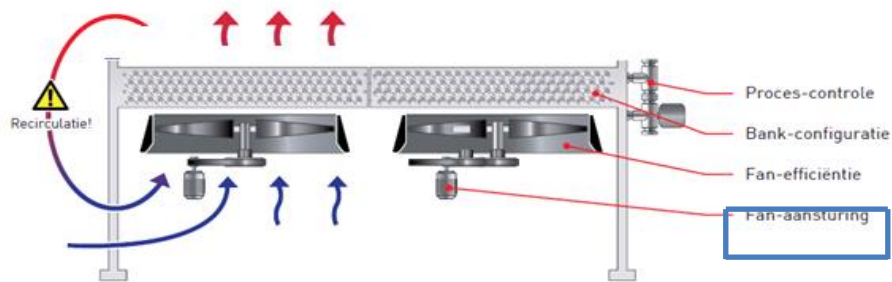
Het aanbrengen van frequentieregeling op luchtkoelers leidt tot een aanzienlijk lager energiegebruik in de wintermaanden. Als er geen bekabeling nodig is ligt de terugverdientijd in de orde van twee jaar, als wel bekabeling nodig is ligt dit hoger. Een belangrijk nevenvoordeel is vermindering van de geluidsbelasting.

Toepassingscriteria:	Air fin banken, maar ook andere typen luchtkoelers.
Typerend kostenniveau:	2.000-17.000 € per frequentieregeling (voor respectievelijk 5,5 tot 160 kW motoren) met 0-10.000 € additionele kosten voor bekabeling.
Typerende besparing:	20-50% afhankelijk van de regeling in de uitgangssituatie.
Typerende terugverdientijd:	Voor een ventilator van 30 kW zonder bekabeling: ca. 3-4 jaar in geval van een slipkoppeling en minder dan 1 jaar in geval van een aanzuigdemper.

Beschrijving

In de industrie worden productstromen vaak gekoeld met luchtkoelers, vaak in de vorm van air fin banken. Deze zijn beschreven in de factsheet 6 'periodieke reiniging air fin banken. De koelvraag voor air fin banken speelt vooral in de zomer. 's Winters is de koelvraag aanzienlijk lager; in de orde van 20-35% minder koelvraag. De ventilatoren van air fin banken draaien doorgaans echter met een vast, niet regelbaar vermogen. 's Winters draaien ze dus ook op volle capaciteit zonder dat dat nodig is. Dit leidt tot een onnodig gebruik aan energie.

Op de motoren van de ventilatoren kan frequentieregeling worden aangebracht. Dit maakt het mogelijk om het vermogen te variëren over het jaar, met de koelvraag. Hiermee kan doorgaans meer dan 25% op het energiegebruik worden bespaard. Ook de aanpassing van de ventilatorbladen kan het rendement van de ventilator verhogen.



Uitgaande van een luchtkoeler met een vermogen van 30 kW, liggen de kosten voor een frequentie-regeling op ca. € 5.000. Daarnaast zijn er vaak kosten voor het aanleggen van bekabeling. Deze zijn sterk afhankelijk van de locatie, maar kan oplopen tot meer ca. € 10.000. Een jaarlijkse besparing van 30% op het energiegebruik leidt bij een air fin met een vermogen van 30 kW tot een jaarlijkse besparing van ca. € 5.100 op de elektriciteitskosten (bij een elektriciteitsprijs van 0,065 €/kWh). De terugverdiëntijd is dan ongeveer een jaar, als investeringen nodig zijn voor de bekabeling is dit hoger, tot ca. 3 jaren.

* *Opmerking: Frequentiegeregelde aansturing van fans zorgt er tevens voor dat er minder slijtage optreedt aan ventilatoren. Een ander belangrijk aspect is vermindering van de geluidsbelasting, relevant omdat luchtkoelers relatief veel geluid produceren.*

Factsheet 6

Periodieke reiniging luchtkoelers

Kern

Luchtkoelers vervuilen snel, en verliezen dan snel meer dan 20% van hun rendement. Jaarlijkse adequate reiniging zorgt er voordat ze efficiënt blijven functioneren. Terugverdientijden zijn zeer laag: in de orde van enkele maanden.

Toepassingscriteria:	De maatregel is breed toepasbaar bij air fin banken, maar ook bij andere typen luchtkoelers.
Typerend kostenniveau:	Ca. € 1.000/reiniging van een air fin bank.
Typerende besparing:	20-40%.
Typerende terugverdientijd:	< 2 maanden.

Beschrijving

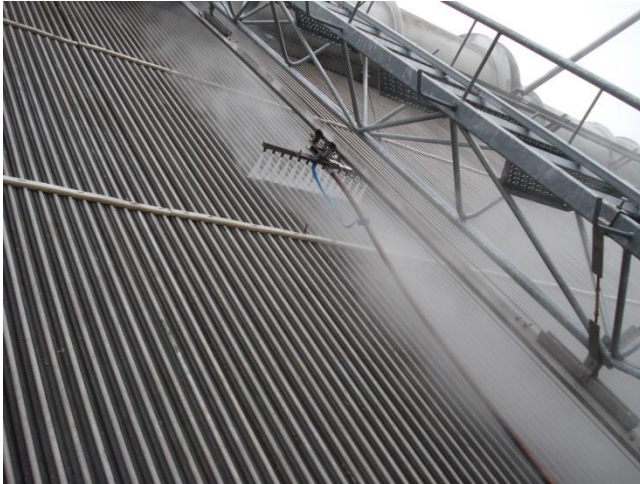
In de industrie worden productstromen vaak gekoeld met luchtkoelers. De warmte van de productstroom wordt dan afgegeven aan de buitenlucht. Luchtkoelers bestaan meestal uit bundels leidingen, waarlangs lucht wordt geblazen met een ventilator, zogenaamde air fin banken. Hierin liggen meerdere rijen leidingen onder elkaar. De productleidingen in air fin bank zijn uitgerust met 'vinnen' voor overdracht van de warmte. Naast air fin banken zijn er ook andere typen luchtkoelers. Luchtkoelers liggen vaak hoog in de fabrieken en blijven daarmee vaak letterlijk buiten beeld. De ventilatoren voor de air fin banken gebruiken veel stroom. Typerend is een vermogen van ca. 30 kW. Op een grote raffinaderij staan al snel enkele honderden van deze air fin banken; tezamen zorgen deze voor een substantieel elektriciteitsgebruik. Bij 300 air fins van 30 kW ligt dit op 80 TWh. De rol van de air fin banken is vooral kritisch in de zomer.

Bij het gebruik vervuilen luchtkoelers snel door stofdeeltjes in de lucht die op de vinnen blijven kleven. Er is dan meer koelvermogen nodig. Typerend is dat het energetisch rendement al enkele maanden na ingebruikname met zo'n 20% kan dalen, en dit zet daarna verder door. Reiniging is daarom van groot belang. Reiniging vindt meestal plaats door een extern bedrijf. Meestal wordt water onder hoge druk gebruikt. Het kan periodiek plaatsvinden of een bedrijf kan wachten tot koelcapaciteit te ver is gedaald. Effectieve reiniging is specialistisch werk. De apparatuur moet onder de juiste hoek staan afgesteld, en de breedte en kracht moeten zijn afgestemd op de leidingenbundel, voor de effectiviteit van de reiniging en om beschadiging van de vinnen te voorkomen.

Om het rendement van air fin banken voldoende hoog te houden is het nodig dat ze bij voorkeur eenmaal per half jaar maar tenminste eenmaal per jaar adequaat worden gereinigd. Reiniging kost ca. € 1.000 per air fin bank. Bij een air fin bank die minder vaak wordt gereinigd moet rekening gehouden worden met een daling van het rendement tot meer dan 50%. Bij een bank van 30 kW waarvan het rendement 40% wordt verhoogd, ligt de potentiële besparing op energiegebruik op ca. € 10.000/jaar.

De investering in periodieke reiniging verdient zich dan dus binnen een maand terug. Uitgangspunt is hierbij dat de motor van de ventilator is voorzien van frequentieregeling.

Een belangrijk neveneffect is dat een goed functionerende luchtkoeler voorkomt dat de beschikbare koelcapaciteit belemmeringen oplevert voor de productie. Meer productie kunnen draaien, resulteert direct in een hogere opbrengst. Dit speelt met name in de zomermaanden. Tevens leidt periodieke reiniging tot minder slijtage aan ventilatoren en vermindert de geluidsbelasting. De maatregel hangt nauw samen met het aanbrengen van frequentieregeling op de motoren van de ventilatoren. Deze is uitgewerkt in factsheet 5a.



Factsheet 7

Hoogrendement stoomketel met rookgascondensator

Maatregel betreft

Toevoegen van een rookgascondensator bij stoomketels.

Kern

Door toevoegen van een rookgascondensator bij een stoomketel voor lage druk stoom of warm water ketel, kan het ketelrendement worden verhoogd tot circa 105%. Dit leidt tot een besparing van 5-10%, met een terugverdientijd van ca. 1-2 jaar.

Toepassingscriteria: Stoomketelinstallaties waarbij een constante flow van koud water beschikbaar is, met voldoende ruimte naast de ketel en rookgassen zonder corrosieve componenten.

Typerend kostenniveau: € 20-€ 30 per kW geïnstalleerd vermogen.

Typerende besparing: 5-10% in % t.o.v. normaal gebruik.

Typerende terugverdientijd: 1-2 jaar.

Beschrijving

In een stoomketel wordt water verhit door het verbranden van brandstoffen. Het water verdampt tot stoom. Deze kan worden gebruikt voor verwarming van processen en/of voor aandrijving van bijvoorbeeld een pomp of elektrische generator (elektriciteitsproductie). Na afgifte van warmte en/of aandrijven is de stoom vaak zover afgekoeld dat deze deels of volledig condenseert tot water (technische term: condensaat), waarna het water wordt behandeld en vervolgens weer opnieuw door de ketel kan worden geleid.

Stoomketels worden gebruikt in vrijwel iedere industriële sector. Het vermogen varieert van enkele honderden kilowatts bij MKB-bedrijven tot enkele honderden megawatts voor grote raffinaderijen en energiecentrales. Stoomtemperatuur en -druk kunnen variëren van lage en midden druk stoom (van 1-12 bar en 105-185 °C voor kleinere ketels), tot ultrasuperkritische stoom van 300 bar en 620 °C voor een ketel in de nieuwste kolencentrales. De meeste moderne stoomketels hebben een zogenaamde economiser waarin het ketelvoedingswater wordt voorverwarmd met al vergaand afgekoelde rookgassen. Na de economiser hebben de rookgassen echter nog steeds een temperatuur van circa 140 °C. Met een rookgascondensator kunnen de rookgassen nog verder worden afgekoeld en kan water opgewarmd worden tot 70 °C. De rookgassen kunnen in de rookgascondensator worden afgekoeld tot temperaturen waarbij de waterdamp in de rookgassen condenseert.

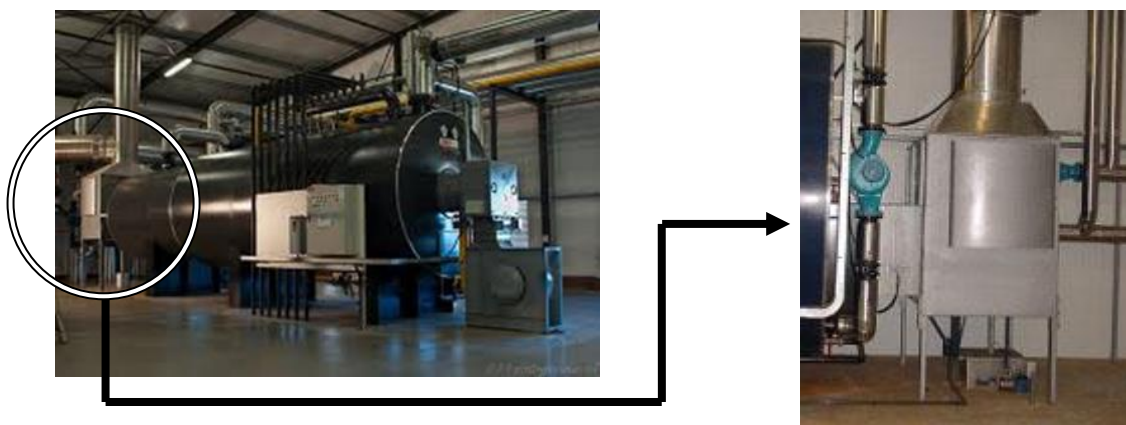
Een condensator bestaat uit roestvast stalen buizen, voorzien van aluminium vinnen. Om te voorkomen dat het condensaat (dat in de rookgascondensator wordt gevormd) terugstroomt naar de stoomketel, wordt de condensator in een horizontaal kanaal geplaatst. De condensator wordt voorzien van een condensaatafvoer. Mogelijke gebruikers voor een rookgascondensator zijn verwarmen ontgasser voedingswater en/of proceswater. Bij het opwarmen van voedingswater voor de ontgasser, moet de gemiddelde temperatuur van het voedingswater niet hoger zijn dan 80 °C.

Een rookgascondensator is alleen toepasbaar als de rookgassen weinig zwavel bevatten, zoals aardgas.

Door het plaatsen van een rookgascondensator kan een energiebesparing worden gerealiseerd van typisch 5-10%. Vaak is de maatregel rendabel. Een praktijkvoorbeeld is het plaatsen van een 650 kW rookgascondensator bij een ketel met een vermogen van 6,5 MW voor het voorverwarmen van ketelvoedingswater in de aardappelverwerkende industrie. De investering, inclusief plaatsingskosten, bedraagt circa € 180.000⁶. Dit levert een besparing van 467.000 Nm³ per jaar, of ca. € 117.000/jaar. De eenvoudige terugverdientijd ligt op ca. 1,5 jaar.

De maatregel is doorgaans haalbaar als er voldoende plaats is naast de ketel, er voldoende koud water (max. ca. 25° C zodat de rookgassen ook daadwerkelijk gaan condenseren) beschikbaar is om op te warmen in de rookgascondensator en als de rookgassen geen of weinig corrosieve componenten als H₂S of SO₂ bevatten. Eventueel kan de condensator ook direct onder of geïntegreerd met de (nieuwe) schoorsteen worden geplaatst.

Er wordt zuur condensaat (pH 2,8-p 4,9) geproduceerd, dat na neutralisatie op het riool kan worden geloosd. Dit geeft beperkte additionele kosten van ongeveer € 2.000/jaar bij een condensatorvermogen van ongeveer 650 kW.



6

http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/bijlagen/2MJAP1135-Rookgascondensator_0.pdf

Factsheet 8

Onderhoud en vervanging condenspotten

Maatregel betreft

Stoomsystemen.

Kern

Periodiek onderhoud en/of vervanging van condenspotten zorgt voor substantiële besparing in het stoomsysteem.

Toepassingscriteria:	In elk stoomsysteem met defecte condenspotten.
Typerend kostenniveau:	Vervanging van een condenspot vergt een investering van € 500/pot.
Typerende besparing:	Ongeveer 10% van brandstofgebruik voor stoomproductie.
Typerende terugverdientijd:	1-2 jaar.

Beschrijving:

In een stoomsysteem kan na warmteoverdracht of expansie de stoom zover afkoelen dat een deel van de stoom condenseert.

De functie van een condenspot is dan het verzamelen en afvoeren van dat condensaat zonder dampverlies. Door het niet of slecht afvoeren van condensaat zal schade ontstaan aan leidingen (scheuren), machines en afsluiters.

Een condenspot kan defect raken door schade aan bewegende delen of door verstopt raken met vuil of afzettingen. De gevolgen kunnen zijn dat de condenspot:

- Niets doorlaat, waardoor condensaat blijft staan in stoomleidingen en apparatuur. Behalve risico op waterslag, corrosie en erosie in apparatuur en leidingen leidt dit ook tot slechte warmteoverdracht. Of;
- Geheel of gedeeltelijke stoomdoorslag, waarbij stoom verdwijnt in het condensaatstelsel, naar het riool of naar de buitenlucht zonder afdracht van warmte aan het proces. Dit fenomeen is te detecteren door de inspecteur aan de hand van een stoompluim bij de condenspot (Nunen, 2010).

Dit leidt tot toename van het stoom c.q. energieverbruik, suppletiewater en chemicaliën gebruik.

Periodieke controle, reparatie en/of vervanging van condenspotten is belangrijk om energieverliezen en schade te voorkomen.

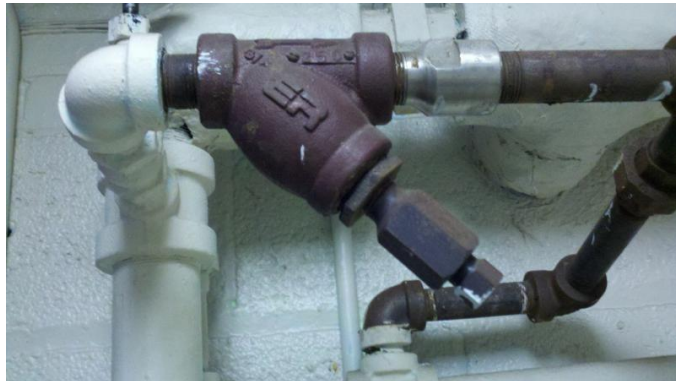
Voor installaties ouder dan 10 jaar geldt dat 25% van de potten aantoonbaar lek is. Ook geldt als graadmeter dat 10% van de condenspotten open blijft staan en verse stoom door laat.

De kosten van een nieuwe condenspot zijn gering. Een venturi condenspot⁷ voor een stoomnet met 11 barg stoomdruk bijvoorbeeld kost circa € 500 (SAM, 2010). De terugverdientijd hangt onder andere af van het jaarlijkse aantal bedrijfsuren van het stoomsysteem, het soort condenspot, de druk in het stoomsysteem en de aansluitmaat van de condenspot. Deze factoren bepalen de omvang van stoomverlies bij falen van de condenspot. Een nieuwe venturi condenspot is binnen een jaar terug te verdienen wanneer de bedrijfstijd > 8.000 uur/jaar is en de condenspot volledig openstaat.

Lekke condenspot



Voorbeelden van venturi condenspotten



7

De werking van de venturi condenspot is gebaseerd op het verschil in dichtheid tussen water en stoom. Bij lage drukken is de dichtheid van condensaat een factor ca. 1.000 groter dan die van stoom. In geval van een kleine doorlaatopening, zal condensaat met een veel lagere snelheid door de opening stromen dan stoom en zal het condensaat de stoom tegenhouden c.q. verdringen. Het gevolg hiervan is dat er geen verse stoom door de condenspot zal lekken.

Factsheet 9

Perslucht met ultrasone lekdetectie

Maatregel betreft

Minimaliseren van perslucht lekkages.

Kern

Door persluchtsystemen met een compressor vermogen vanaf 1 kW, periodiek te inspecteren met behulp van een ultrasoon detector, kan tot 30% bespaard worden op het elektriciteitsverbruik van de compressor.

Toepassingscriteria:	Ultrasoon detector perslucht-systeem > 1 kW.
Typerend kostenniveau:	Ultrasoon detector € 2.000.
Typerende besparing:	5-30% op elektriciteitsgebruik compressor.
Typerende terugverdientijd:	1-12 maanden.

Beschrijving

Perslucht is bij veel bedrijven niet weg te denken. Naast het aandrijven van gereedschappen in werkplaatsen wordt het in procesomgevingen vaak ingezet als schoon en veilig medium om kleppen aan te sturen. Soms worden ook apparaten als pompen met perslucht aangedreven. Helaas wordt de keuze voor nieuwe klepaandrijvingen vaak gebaseerd op de aanwezigheid van perslucht, dat terwijl perslucht veel meer dan 5 keer zo veel kost als elektriciteit!



cs-instruments

Het periodiek inspecteren van het persluchtsysteem is een economische noodzaak. De cijfers liegen er niet om, de gemiddelde lekkage van persluchtsystemen is 25% (compressed air challenge, 2013), maar 40% is tegenwoordig zeker voor grote industriële perslucht systemen geen uitzondering. Een *hoorbare* kleine lekkage kan ongemerkt honderden euro's per jaar kosten. Ruim 80% van alle lekkages is echter zo klein dat het geluid voor het menselijk oor zelfs in een rustige omgeving niet waarneembaar is. Het menselijk oor kan geluiden waarnemen tot 15 á 20 kHz en het geluid dat een perslucht lek maakt kan tot 100 kHz oplopen.

De meeste lekken blijven zo dus onopgemerkt zonder hulpmiddelen. Een ultrasone lekdetector zet ultrasoon geluid om in hoorbaar geluid zodat de inspecteur deze kan waarnemen wanneer hij de persluchtleiding inspecteert.

Voorbeeld: een 'normale' industriële schaal compressor heeft een capaciteit van 2.000 Nm³/u bij 7 barg. Hiervoor is gemiddeld 200 kW (vol en deellast) nodig. Stel dat dit systeem een bescheiden lekkage van 20% heeft. Bij een elektriciteitsprijs van € 0,065 per kWh kost dit ruim € 20.000 op jaarbasis. Een ultrasoon geluid meter kost ongeveer € 2.000. Op deze schaal zorgt zelfs een reductie van de lekkage met een kwart al voor een terugverdientijd van maximaal een half jaar. Gebruikelijk is dat de lekkage tot 10% gereduceerd kan worden.

De lekkage is te bepalen wanneer alle persluchtverbruikers zijn afgeschakeld. De tijd dat de compressor op vollast draait (vb: 20 s) geeft weer hoeveel lucht er bijgepompt is (vb.: 11,1 Nm³), de tijd tussen af en weer aan schakelen (vb: 10 s) samen met de drukval (vb: 1 bar) hoeveel lucht er weggelekt is (vb: 1,3 Nm³ in 10 s). De lekkage in dit geval is 25%.

Verdere informatie is o.a. te vinden in brochures van Stimular (Stimular 2013) en het Energiecentrum (Energiecentrum , 2013).



Factsheet 10

Energiezuinige HF-verlichting in bedrijfshallen

Maatregel betreft

Verlichting.

Kern

HF-verlichting is breed toepasbaar als alternatief voor conventionele verlichting. Besparingen liggen in de orde van 40%, en apparatuur gaat langer mee.

Toepassingscriteria:	Bedrijfshallen met TL-verlichting.
Typerend kostenniveau:	€ 60 voor bijplaatsen HF voorschakelapparaat in bestaand armatuur.
Typerende besparing:	30-50%.
Typerende terugverdientijd:	2-3 jaar.

Beschrijving

60-70% van de bedrijfshallen wordt verlicht met conventionele TL-verlichting. Ongeveer de helft van de energie wordt dan gebruikt door het voorschakelapparaat, een spoel. Moderne TL-verlichting heeft een veel zuiniger elektronisch voorschakelapparaat. Omdat dit VSA werkt met hoge frequenties, heet het hoogfrequent. Conventionele TL-verlichting is te herkennen aan de startersknop. Het knippert bij opstarten. Als je er naar kijkt met de camera van een mobiele telefoon zie je streepjes. In veel bedrijfshallen is de verlichting aangebracht in een 'trog-verlichtingsbak', zonder spiegelreflectie. Door reflectie aan te brengen wordt het licht efficiënter gebruikt. Conventioneel zijn TL-balken van het type T8. Moderne T5-balken, zijn dunner en iets korter, en hebben een langere levensduur.

Er zijn twee mogelijkheden voor vervanging:

- Wanneer armaturen aan vervanging toe zijn, is kunnen de bestaande armaturen vervangen worden door armaturen met HF-verlichting, gecombineerd met T5-buizen en spiegelreflectie.
- Wanneer de armaturen nog niet vervangen hoeven te worden, kan in het bestaande armatuur een HF-voorschakelapparaat worden aangebracht. Dit kan worden gecombineerd met het plaatsen van een T5-buis met spiegelreflectie. Vervanging van het voorschakelapparaat levert een besparing op van ca. 30%. Als tegelijk een T5-buis met spiegelreflectie wordt aangebracht loopt dit op tot meer dan 50%.

De kosten voor vervanging van een compleet armatuur bedragen ongeveer € 150, inclusief plaatsingskosten. Deze kosten zijn vergelijkbaar voor een bestaand als voor een energie-efficiënt systeem. De investering verdient zich dus vrijwel gelijk terug. De kosten voor ombouw van een bestaande armatuur liggen op ca. € 60, eveneens inclusief plaatsingskosten. Bij het plaatsen van een HF-voorschakelapparaat moet de bedrading worden aangepast, en moet daarom door een gespecialiseerd bedrijf plaatsvinden. HF-verlichting met T5-lampen heeft als nevenvoordeel dat de lampen een langere levensduur hebben, deze ligt op ca. 20.000 uur tegenover 8.000 uren voor een T8-lamp. HF-verlichting is prettiger voor de ogen.

Een extra voordeel is dat HF-verlichting dimbaar is. Daarmee (eventueel automatisch) de verlichting worden afgestemd op het daglicht. Besparingen tot 80% zijn daarmee haalbaar. In bedrijfshallen staat de verlichting vaak aan, doorgaans meer dan 60 uur per week. De investering in HF-verlichting verdient zich dan snel terug, typerend binnen 2-3 jaar. Een voorbeeld: voor een productiehal in een chemische fabriek met 200 TL-lampen van 58 Watt, ligt de investering op ca. € 5.900 en de jaarlijkse besparing op energiekosten (40% besparing bij een prijs van 0,065 €/kWh) op ca. € 1.550. Additioneel is er een besparing van € 610 door de langere levensduur. De eenvoudige terugverdientijd ligt dan op 2,7 jaar. Meer achtergrondinformatie is te vinden in een brochure van Agentschap NL: Slim licht werkt beter in bedrijfshallen (Agentschap NL, 2013).





Geraadpleegde bedrijven

Isolatie:

- NCTI, Nederlands Centrum voor Technische Isolatie, Spijkenisse
<http://www.ncti.nl/>
- Coolag Hamer, Waalwijk
<http://www.coolaghamar.nl/>
- Kingspan Tarec, Turnhout, België
<http://www.kingspantarec.com/>
- Mourik Milieutechniek
<http://www.mourik.com/activiteiten/industrie-enutiliteitsbouw>
- Isolatiebedrijf Hanenberg B.V., Waalwijk
www.hanenberg.nl

Frequentieregelde pompen en ventilatoren:

- ABB
<http://www.abb.com/product/seitp322/5fcd62536739a42bc12574b70043c53a.aspx>
- KSB, Zwanenburg
<http://www.ksb.com/ksb-nl>

Luchtkoelers:

- MCO Team, Nieuwdorp
<http://www.mcoteam.nl/index.php?id=6&L=2>

Energie-efficiënte stoomketels:

- GPE Technical Services, 's-Hertogenbosch
<http://www.gpe-ts.nl/>

HF-verlichting:

- Lumeco, Hendrik Ido Ambacht
<http://lumeco.nl/>





Referenties

ABB, 2013a

Pump save : Energy saving calculator

Website tool te raadplegen via:

<http://www.abb.com/product/seitp322/5fcd62536739a42bc12574b70043c53a.aspx>

ABB, 2013b

Fansave, Energy saving calculator

Website tool te raadplegen via:

<http://www.abb.com/product/seitp322/5b6810a0e20d157fc1256f2d00338395.aspx>

Adviesbureau SAM, 2010

Tanja Wolf

Presentatie : “Energieverlies door lekke condenspotten”

Vessem : Adviesbureau SAM, 2010

<http://stoomplatform.nl/userfiles/file/Energieverlies%20door%20lekke%20condenspotten.pdf>

Agentschap NL, 2013a

Energie-efficiency in de Rotterdamse industrie, Resultaten over 2011

8 april 2013 (niet openbaar)

Agentschap NL, 2013b

Slim licht werkt beter in bedrijfshallen

Den Haag : RVO (voorheen Agentschap NL), 2013

Beschikbaar via:

<http://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Slim%20licht%20werkt%20beter%20in%20bedrijfshallen.pdf>

Compressed air challenge, 2013

Website: The Compressed Air Challenge organization

Beschikbaar via: <http://www.compressedairchallenge.org/library/>

Ecofys, 2012

Klimaatbeschermingsmaatregelen: Energie- en CO₂-besparingspotentieel in EU-27

Gland : European Industrial Insulation Foundation (Eiif), 2012

EC, 2013

Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC

In: Official Journal of the European Union, 14.11.2012, L315, p1-56

Brussels : European Commission (EC), 2013

Verkrijgbaar via:

http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed_en.htm

Energiecentrum, 2013

Webpagina: Detecteer en verhelp perslucht lekkages

Te raadplegen via:

www.energiecentrum.nl/energie-besparen/perslucht/detecteer-en-verhelp-perslucht lekkages/



Fraunhofer Gesellschaft, 2013

Motor Challenge Program : Technischer Leitfaden : Lösungen zur verbesserung ihrer Motoren-systeme

Te raadplegen via:

<http://www.motor-challenge.de/module/brochures/technischer-de.pdf>

KPMG, 2013

Resultaten en vooruitzichten Energie-efficiëntie MEE bedrijven in Nederland :

Evaluatie Meerjaren afspraken energie efficiëntie MEE

S.l. : KPMG Sustainability, 2013

Beschikbaar via:

https://www.google.nl/search?q=kpmg+resultaten+energie+efficiency+industrie+mee&sourceid=ie7&rls=com.microsoft:nl:IE-Address&ie=&oe=&gws_rd=cr&ei=LdvYUsT9GeeQ7AaoyoHICw

Nunen, 2010

Berry van Nunen

Condenspotten grote boosdoeners : energieverpilling door stroomverlies

In: Maintenance in Processing, Nr. 3 (2010); p.36-38

Verkrijgbaar via:

<http://www.maintenancebenelux.nl/magazine/2010/MP2010-3p36.pdf>

RVO, 2012

Maatregellijsten energiebesparing generiek

Den Haag : RVO (voorheen Agentschap NL), 2012

Te raadplegen via:

<http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/maatregellijsten-mja3>

SER Energieakkoord, 2013

SER Energieakkoord voor duurzame groei, 2013

Den Haag : Sociaal Economische Raad (SER), 2013

Verkrijgbaar via: <http://www.energieakkoordser.nl/>

Stimular, 2000

Praktische tips voor het energiezuinig gebruik

van compressoren en persluchtssystemen

Rotterdam : Stimular, 2000

Verkrijgbaar via: www.stimular.nl/uploads/files/Perslucht.pdf

Geraadpleegd 2013

RCI, 2013

RCI Actieplan Energie

Rotterdam : Rotterdam Climate Initiative, 2013

Verkrijgbaar via:

<http://www.rotterdam.nl/Clusters/Stadsontwikkeling/Document%202013/010%20Duurzaam/20131212%20RCI%20Actieplan%20Energie-Akkoord%20-%20DEF.pdf>

