

**Brochure Perslucht  
En  
Energiebesparing**

**Resultaten met betrekking tot  
energiebesparing uit de  
gebruikersgroepen Perslucht  
Van de  
Nederlandse  
Rubber- en Kunststofindustrie  
En  
Overige Industrie**

  
**SenterNovem**

# INHOUDSOPGAVE

<b>Samenvatting</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>4</b>
Rubber- en Kunststofindustrie	4
Overige industrie	4
Factsheets	5
<b>2 Factsheets</b>	<b>6</b>
2.1 Bepalen huidig verbruikspatroon	7
2.2 Persluchtbalans	8
2.3 Reductie verbruik	9
2.4 Optimalisatie distributie	11
2.5 Optimalisatie opwekking	12
<b>3 Achtergrondinformatie</b>	<b>14</b>
3.1 Literatuurverwijzingen	14
3.2 Websites	14
<b>Bijlage 1 Kentallen perslucht</b>	<b>15</b>

## Samenvatting

De resultaten van 2 Gebruikersgroepen Perslucht zijn samengevat in factsheets over besparingen met betrekking tot perslucht. Per factsheet wordt aangegeven wat de optie inhoudt, welke randvoorwaarden gelden en welk besparingspotentieel de optie heeft.

De volgende opties komen aan bod:

- Meten huidige verbruik
- Meten lekverliezen
- Opstellen balans
- Alternatief voor perslucht
- Detecteren en verhelpen lekken
- Drukverlaging
- Zuinige blaasmondjes
- Koppelen persluchtnetten
- Optimalisatie persluchtnet
- Elektronische voorkeuzeregeling
- Toerengeregelde compressor
- Aanzuigen koude lucht
- Warmteterugwinning koellucht
- Warmteterugwinning watergekoelde compressoren

## 1 Inleiding

Perslucht is een veel gebruikte energiedrager in de industrie. In de Europese Unie wordt voor de productie van perslucht ca.10% van het totale elektriciteitsverbruik binnen de industrie gebruikt (Lit.1). Uit diverse onderzoeken en publicaties blijkt tegelijkertijd dat het besparingspotentieel op het gebied van perslucht groot is (Lit.1,2,3). Vaak leveren relatief eenvoudige maatregelen, zoals het detecteren en verhelpen van lekken, al een forse besparing op.

Om bovengenoemde redenen heeft SenterNovem voor MJA deelnemers zogenaamde Gebruikersgroepen perslucht georganiseerd. Doel van deze groepen is het realiseren van energiebesparing met betrekking tot perslucht, door uitwisseling van kennis en door het uitvoeren van verbeteracties.

Twee Gebruikersgroepen bestonden uit bedrijven van respectievelijk de branches NRK (Rubber- en Kunststoffindustrie) en 'Overige Industrie' (Lit. 7, 8).

### **Rubber- en Kunststoffindustrie**

De deelnemers maken gebruik van o.a. de volgende productieprocessen:

- spuitgieten
- extrusie
- dieptrekken
- blaasfolie
- verwerking polyester
- productie rubber compound en artikelen

Perslucht wordt ingezet voor o.a.:

- pneumatisch handgereedschap
- luchtcilinders
- blaaspistolen
- koeling

- pneumatische besturing (kleppen e.d.)
- af- en uitblazen van producten
- afblazen water van product
- transport grondstof (korrels/poeder) door leiding

De bedrijven hebben tijdens de looptijd van het project (2003) 5 tot 10% bespaard op het energieverbruik voor perslucht.

### **Overige industrie**

De deelnemers van deze MJA branche zijn zeer divers:

- productie van kantoormeubelen; o.a. poederlakken
- Be- en verwerking van mineralen; o.a. malen, en verhitten
- productie van trucks; o.a. assemblage
- productie van tapijt; o.a. tuften, weven
- productie van kopieermachines; o.a. assemblage, productie toner

Perslucht wordt ingezet voor o.a.:

- pneumatisch handgereedschap
- luchtcilinders
- blaaspistolen
- poederlakinstallatie
- schoonhouden meetinstallaties
- pneumatische mixers
- maalziften
- luchtlagering draaibanken
- blazen garen door leidingen
- conveyer carriers ('hovercraft')
- pneumatische besturing (kleppen e.d.)
- transport grondstof (korrels/poeder) door leiding

### **Factsheets Perslucht:**

Gebaseerd op de gebruikersgroepen Overige Industrie en Nederlandse Rubber- en Kunststoffindustrie.

Uitgave: mei 2005.

De bedrijven hebben tijdens de looptijd van het project (2003-2004) ca. 8% bespaard op het energieverbruik voor perslucht.

## **Factsheets**

De interessantste besparingsopties die door de bedrijven gerealiseerd zijn, kunnen bij andere bedrijven ook toepasbaar zijn. Daarom worden deze opties door middel van factsheets kernachtig beschreven. Overigens zijn de beschreven opties interessant voor alle branches en bedrijven die gebruik maken van perslucht.

## 2 Factsheets

Vaak kunnen verschillende aspecten van een persluchtsysteem verbeterd worden, zoals de regeling van de compressoren en het leidingnet (lekverliezen). Het is aan te bevelen om daarbij op een gestructureerde en efficiënte manier te werk te gaan:

1. Bepalen huidig verbruikspatroon
2. Persluchtbalans
3. Reductie verbruik
4. Optimalisatie distributie
5. Optimalisatie opwekking

Uitgangspunt is om daarbij 'stroom-opwaarts' te werk te gaan: eerst wordt naar de afnemers van perslucht gekeken, de opwekking van perslucht wordt als laatste stap onder de loep genomen.

In de navolgende factsheets zijn met name verbeteropties opgenomen die door deelnemers van de Gebruikersgroepen Perslucht zijn uitgevoerd. Voor overige besparingsopties zie de verwijzingen naar literatuur en links in hoofdstuk 3.

## 2.1 Bepalen huidig verbruikspatroon

### Metten huidige verbruik

Afhankelijk van de aanwezige meetapparatuur kan het persluchtverbruik en bijbehorend elektriciteitsverbruik als volgt bepaald worden:

#### 1. *Indicatie op basis van uren teller compressor*

Uit het aantal vollasturen en de specificatie van een compressor (m<sup>3</sup>/min.) volgt het aantal m<sup>3</sup> perslucht in de betreffende periode.

Indien ook de nullast uren middels een teller bekend zijn, kan ook het elektriciteitsverbruik over de periode berekend worden:

verbruik (kWh) = uren (vollast) x kW (vollast) + uren (nullast) x kW (nullast).

Het vermogen tijdens nullast bedraagt voor een schroefcompressor ca. 15 tot 35% van het vollastvermogen.

#### 2. *Flowmeting*

Met een flowmeter in de persluchtleiding kan het daadwerkelijke debiet perslucht continu gemeten worden. Door combinatie met meting van het elektriciteitsverbruik kan de efficiency van de persluchtopwekking bepaald worden.

#### 3. *Meting elektriciteitsverbruik compressor*

Hierbij kan gebruik gemaakt worden van permanente bemetering, of van tijdelijke meting met bv. ampèretangen en een datalogger.

Zie bijlage 1 voor meer informatie over kentallen van compressoren.

Randvoorwaarden	De meetperiode dient representatief en voldoende lang te zijn.
Besparingspotentieel	Besparing mogelijk door vervolgacties.
Kosten / terugverdientijd	Sterk afhankelijk van de situatie. Flowmeters zijn relatief duur. Leveranciers van persluchtapparatuur kunnen desgewenst een meting van flow en elektriciteitsverbruik gedurende bv. een week verzorgen.

## 2.2 Persluchtbalans

### Metten lekverliezen

Lekverliezen tot 30% van het totale persluchtverbruik zijn geen uitzondering. Een gat van 1 mm leidt al tot een verlies van 37.000 nm<sup>3</sup> lucht per jaar, overeenkomend met ca. € 300 elektriciteitskosten. Alle reden dus om aandacht te besteden aan het verhelpen van lekken!

U kunt als volgt nagaan hoeveel perslucht er uit het leidingnet in uw bedrijf weglekt:

- Bepalen luchtverbruik wanneer alle verbruikers van het net zijn afgesloten. Dit luchtverbruik is te berekenen uit de tijd dat de compressor in vollast draait. Indien gedurende 1 uur de compressor bv. 10 minuten in vollast draait, is het lekverlies gelijk aan 1/6 van de capaciteit van de compressor (m<sup>3</sup>/u).
- Meten luchtverbruik met behulp van een flowmeting. Met een flowmeter kan direct het lekverlies gemeten worden wanneer alle verbruikers van het net zijn afgesloten.

Randvoorwaarden	De meetperiode dient representatief en voldoende lang te zijn.
Besparingspotentieel	Besparing mogelijk door vervolgacties.
Kosten / terugverdientijd	Manuren

### Opstellen balans

Een perslucht balans geeft een goede indruk hoe het persluchtverbruik is opgebouwd. Alle verbruikers worden in een lijst opgenomen met schattingen van het specifieke verbruik (nm<sup>3</sup>/min) en draaiuren per week. Uit het product van beiden volgt het verbruik per week (nm<sup>3</sup>/wk).

Het zo berekende verbruik inclusief de lekverliezen zou vergelijkbaar moeten zijn met het daadwerkelijk gemeten verbruik.

In bijlage 1 wordt een overzicht gegeven van specifieke verbruiken voor veel voorkomende apparatuur.

De balans kan gebruikt worden om na te gaan bij welke verbruikers reductie van het verbruik interessant is

Randvoorwaarden	N.v.t.
Besparingspotentieel	Besparing mogelijk door vervolgacties.
Kosten / terugverdientijd	Manuren

### Factsheets Perslucht:

Gebaseerd op de gebruikersgroepen Overige Industrie en Nederlandse Rubber- en Kunststoffindustrie.

Uitgave: mei 2005.



## 2.3 Reductie verbruik

<p><b>Alternatief voor perslucht</b></p> <p>Voor diverse perslucht toepassingen zijn alternatieven voorhanden. Deze zijn meestal energie-efficiënte, omdat het rendement van perslucht opwekking zeer laag is:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elektrisch handgereedschap in plaats van pneumatisch gereedschap</li> <li>• blowerlucht in plaats van perslucht voor bv. pneumatisch transport of koelen met lucht.</li> </ul>	
Randvoorwaarden	Het alternatief moet voldoen aan de gestelde eisen (performance, ergonomie, veiligheid, ...)
Besparingspotentieel	Elektrisch handgereedschap is ca. 90% energiezuiniger dan pneumatisch gereedschap. Een blower vraagt ca. 80% minder energie dan perslucht voor een zelfde hoeveelheid lucht.
Kosten / terugverdientijd	Afhankelijk van specifieke situatie.

<p><b>Detecteren en verhelpen lekken</b></p> <p>Bij een lekverlies van meer dan 10% van het persluchtverbruik (zie 'meten lekverliezen') is detectie van lekkages aan de orde: controle op sissende afsluiters, koppelingen, etc. tijdens bedrijfsstilstand. lekdetectie met ultrasoon detector. Hiermee kan ook gewerkt worden in een omgeving met achtergrondlawaai. De gedetecteerde lekken kunnen direct verholpen worden, of gelabeld worden en later gedicht worden.</p>	
Randvoorwaarden	Zonder ultrasoon detector is lekdetectie alleen mogelijk gedurende bedrijfsstilstand.
Besparingspotentieel	Afhankelijk van de situatie, gemiddeld ca. 20% op totaal verbruik.
Kosten / terugverdientijd	Een ultrasoon detector kost ca. € 2.500. Hiernaast zijn er kosten voor inspectie en onderhoud, extra mankracht en materiaal. Bij een middelgroot perslucht net is de terugverdientijd gemiddeld minder dan 2 jaar.

**Factsheets Perslucht:**

Gebaseerd op de gebruikersgroepen Overige Industrie en Nederlandse Rubber- en Kunststoffindustrie.

Uitgave: mei 2005.

## Drukverlaging

De druk in het persluchtnet is vaak ooit 'hoog genoeg' ingesteld en is daarom nu te hoog. Door de druk in kleine stappen te verlagen totdat er klachten komen (de 'knijp-piep' methode) wordt een minimale werkdruk bereikt. Ook is hiermee meteen duidelijk welk apparaat verdere drukverlaging in de weg staat.

Door drukverlaging verbruikt de compressor minder energie, hiernaast nemen ook de lekverliezen af.

Randvoorwaarden	Zoek voor het toepassen van de 'knijp-piep' methode uit of er belangrijke apparatuur uit kan vallen. Overleg met direct betrokkenen zoals hoofd productie.
Besparingspotentieel	Bij een drukverlaging van 7 naar 6 bar is de energiebesparing ca. 7%
Kosten / terugverdientijd	Manuren.

## Zuinige blaasmondjes

Perslucht wordt vaak voor koeling, droogblazen, schoonblazen e.d. toegepast. Inzet van zuinige blaasmondjes (nozzles) kan hier een forse besparing brengen. De zuinige blaasmondjes veroorzaken bovendien een geluidsreductie.

Voor lage druk toepassingen zijn er speciale venturi nozzles, waarbij met de perslucht omgevingslucht meegezogen wordt. Hierdoor neemt de hoeveelheid blaaslucht meer dan twintig keer toe.

Randvoorwaarden	De juiste keuze van een nozzle is essentieel.
Besparingspotentieel	Afhankelijk van de situatie 30 tot 50% voor een zuinige nozzle. Met venturi nozzles is tot 80% besparing mogelijk.
Kosten / terugverdientijd	Afhankelijk van het type nozzle € 35 tot € 150. Terugverdientijd meestal < 2 jaar.

## 2.4 Optimalisatie distributie

<p><b>Koppelen persluchtnetten</b></p> <p>Binnen bedrijven zijn soms meerdere perslucht leidingnetten aanwezig, elk voorzien van een eigen perslucht opwekking, -behandeling en –regeling. Afhankelijk van de specifieke situatie is het koppelen van de netten gunstig voor het totale energieverbruik. Dit vanwege een betere regeling, voorkomen van nullasturen en zo mogelijk drukverlaging.</p> <p>NB In sommige gevallen kan juist splitsing van het leidingnet voordelen bieden. Bijvoorbeeld indien er verbruikers zijn met grote verschillen in benodigde druk.</p>	
Randvoorwaarden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• drukken van de netten vergelijkbaar</li> <li>• koppeling vergt niet zeer lange extra leidingen</li> <li>• huidige compressorstations draaien veel nullast uren</li> <li>• overcapaciteit bij de netten</li> </ul>
Besparingspotentieel	Bij een bedrijf resulteerde deze optie, gecombineerd met een cascaderегeling en drukverlaging, in een besparing van ca. 25%.
Kosten / terugverdientijd	Afhankelijk van specifieke situatie. Bij genoemd bedrijf bedroeg de terugverdientijd van deze optie ca. 1,5 jaar.

<p><b>Optimalisatie persluchtnet</b></p> <p>Een goed leidingnet veroorzaakt weinig drukverlies (&lt; 0,1 bar). Dit kan worden gerealiseerd door:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• toepassing van een ringleiding bij ver uit elkaar gelegen afnamepunten;</li> <li>• toepassing van leidingen met voldoende diameter;</li> <li>• het zo veel mogelijk voorkómen van restricties als bochten, afsluiters en koppelingen.</li> </ul>	
Randvoorwaarden	Aanpassing van het leidingnet bij voorkeur bij
Besparingspotentieel	Afhankelijk van huidige situatie. Een bar drukverlies vergt – uitgaande van gelijke druk aan de afnamekant – ca. 7% extra energie.
Kosten / terugverdientijd	Afhankelijk van huidige situatie.

### Factsheets Perslucht:

Gebaseerd op de gebruikersgroepen Overige Industrie en Nederlandse Rubber- en Kunststoffindustrie.

Uitgave: mei 2005.

11 van 15

## 2.5 Optimalisatie opwekking

<p><b>Elektronische voorkeuzeregeling</b></p> <p>Een elektronische voorkeuzeregeling zorgt voor een optimale inzet van de diverse compressoren, afhankelijk van de persluchtvaart. Hierbij kan ook gezorgd worden voor een gelijkmatige verdeling van de draaiuren. Verder is de drukband veel smaller in te stellen dan bij een regeling met pressostaten. Energiebesparing wordt gerealiseerd door de lagere gemiddelde druk (minder variatie) en minder nullasturen van de compressoren.</p>	
Randvoorwaarden	<p>Evenals bij de toerengeregelde compressor is het effect afhankelijk van het belastingspatroon.</p> <p>Een elektronische voorkeuzeregeling geeft vooral resultaat als er compressoren van verschillende capaciteit zijn opgesteld. De combinatie met een toerengeregelde compressor geeft maximaal besparingseffect.</p>
Besparingspotentieel	Volgens opgave van leveranciers circa 10%.
Kosten / terugverdientijd	<p>Kosten € 2.500 tot € 5.000</p> <p>Terugverdientijd sterk afhankelijk van specifieke situatie.</p>

<p><b>Toerengeregelde compressor</b></p> <p>Een 'normale' compressor kan óf wel, óf geen perslucht leveren. Bij een persluchtvaart die kleiner is dan de capaciteit zal relatief veel energie verloren gaan door nullast draaiuren. Een toerengeregelde compressor kan wel goed in deellast perslucht opwekken en is daarmee (in deellast) efficiënter dan een vollast/nullast compressor.</p>	
Randvoorwaarden	<p>De meerwaarde van een toerengeregelde compressor (frequentieregeling of met borstelloze gelijkstroommotor) is sterk afhankelijk van het perslucht belastingspatroon. Uw leverancier kan dit met behulp van een meting zichtbaar maken.</p> <p>Bij een opstelling met meer compressoren geeft de combinatie van toerengeregelde compressor en elektronische voorkeuzeregeling een maximale besparing.</p>
Besparingspotentieel	Leveranciers claimen besparingen van 35% of meer op energie. Het werkelijke potentieel is sterk afhankelijk van het belastingspatroon en de overige compressoren.
Kosten / terugverdientijd	Het is in het algemeen niet renderend om een bestaande compressor om te bouwen naar toerengeregeld. Aanschaf van een toerengeregelde compressor loont alleen als de bestaande compressor vervangen moet worden. In dat geval verdienen de meerkosten zich meestal binnen enkele jaren terug.

### Factsheets Perslucht:

Gebaseerd op de gebruikersgroepen Overige Industrie en Nederlandse Rubber- en Kunststoffindustrie.

Uitgave: mei 2005.

12 van 15

### Aanzuigen koude lucht

Het comprimeren van warme lucht kost meer energie dan het comprimeren van koude lucht. Door de compressorruimte goed te ventileren of buitenlucht aan te zuigen wordt energie bespaard.

Randvoorwaarden	De compressor moet in principe vorstvrij staan.
Besparingspotentieel	Circa 0,35% per °C temperatuursverlaging.
Kosten / terugverdientijd	Sterk afhankelijk van de situatie.

### Warmteterugwinning koellucht

Een compressor produceert veel warmte - circa 90% van het vermogen van de compressor is bruikbaar voor warmteterugwinning. De eenvoudigste methode is om de koellucht via kanalen naar een ruimte te leiden waar deze nuttig gebruikt kan worden voor ruimteverwarming. Met een handmatig te bedienen klep kan de lucht 's zomers naar buiten en 's winters naar binnen geleid worden.

Het is ook mogelijk om een warmtewisselaar in het koelcircuit van een compressor te plaatsten. Hiermee kan warm water (ca. 50 °C) gemaakt worden.

Randvoorwaarden	Mogelijkheid om de warmte zinvol te gebruiken.
Besparingspotentieel	Afhankelijk van de inzet van de warmte.
Kosten / terugverdientijd	Afhankelijk van situatie (leidinglengtes, opstelling).

### Warmterugwinning watergekoelde compressoren

Bij toepassing van watergekoelde compressoren kan de warmte die vrijkomt bij het koelen van de olie van de compressor via een warmtewisselaar gebruikt worden voor bv. ruimteverwarming. De temperatuur van het water is max. 70°C.

Randvoorwaarden	<ul style="list-style-type: none"> <li>- continue warm water vraag in bedrijf</li> <li>- grote compressor(en)</li> <li>- veel bedrijfsuren compressor(en) per jaar</li> <li>- afstand tussen compressor(en) en afname warm water niet te groot</li> </ul>
Besparingspotentieel	Het rendement is max. 75% van de elektrische energie
Kosten / terugverdientijd	Afhankelijk van specifieke situatie.

#### Factsheets Perslucht:

Gebaseerd op de gebruikersgroepen Overige Industrie en Nederlandse Rubber- en Kunststoffindustrie.

Uitgave: mei 2005.

## 3 Achtergrondinformatie

### 3.1 Literatuurverwijzingen

- 1) Compressed Air Systems in the European Union, Fraunhofer ISI, oktober 2000
- 2) Kosteneffectieve persluchtsystemen; een systematische aanpak, NUON, 1997
- 3) Efficiënte persluchtsystemen in de industrie, Novem DV3.4.33 96.03
- 4) Sensoren voor energiemeting, Selectiegids, Novem DV3.4.80
- 5) Factsheets energie-efficiency perslucht, Novem DV.3.3.59
- 6) Persluchtadamecum, Berko Kompressoren, 1998
- 7) Gebruikersgroep Perslucht NRK 2003 Eindrapportage, Van Beek Ingenieurs
- 8) Gebruikersgroep Perslucht Overige Industrie 2003-2004 Eindrapportage, Van Beek Ingenieurs

### 3.2 Websites

<http://www.technology.novem.nl/>

Verwijzingen via Energie efficiency (links), Best Practices en Alfabetisch Overzicht naar relevante sites over perslucht.

<http://www.vnci.nl/pages/download.asp?introid=526>

In "Persluchtsystemen" (brochure VNCI) passeren diverse onderdelen van een persluchtsysteem de revue en wordt aangegeven hoe de energie-efficiency van het systeem te verbeteren is.

<http://www.persluchtenvacuum.nl/>

Op deze site worden nieuwe ontwikkelingen en een overzicht van leveranciers gepresenteerd.

[http://www.oit.doe.gov/bestpractices/compressed\\_air/](http://www.oit.doe.gov/bestpractices/compressed_air/)

Op deze site van US gov. wordt ingegaan op verbeteringen in energie-efficiency op het gebied van persluchtsystemen.

<http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/Motorchallenge/about.htm>

Deze EU-site biedt een compressed air systems module, die vooral ten doel heeft het energieverbruik van persluchtsystemen te controleren en te beheersen.

<http://www.druckluft-effizient.de/fakten/fakten-dl.php?m=fakt>

Deze Duitse site (ook engelstalig!) biedt diverse interessante factsheets over perslucht.

<http://www.isi.fhg.de/publ/e.htm>

Via deze site van het Fraunhofer Instituut is het rapport 'Compressed Air Systems in the European Union', Fraunhofer ISI, oktober 2000 te downloaden

#### **Factsheets Perslucht:**

**Gebaseerd op de gebruikersgroepen Overige Industrie en Nederlandse Rubber- en Kunststoffindustrie.**

**Uitgave: mei 2005.**

## Bijlage 1 Kentallen perslucht

m3/min	kW/(m3/min.)					
	Zuigercompressor		Schroefcompressor		Schottencompressor	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1,2	6,9	8,1	6,3	7	6,4	7,4
3	5,9	6,9	5,8	6,6	5,8	6,6
6	5,3	6	5,5	6,2	5,6	6,4
9	5	5,7	5,4	6,1	5,3	5,9
12	4,8	5,5	5,4	6,1	5,2	5,8
30	4,5	4,8	5,2	5,9		
60	4,2	4,4	5	5,6		
90	4,1	4,3	5	5,5		
120	4,1	4,3	5	5,4		

*Indicatief vermogen van persluchtcompressoren in kW per m3/min. (Lit. 3)*

diameter gat (mm)	druk (bar)		
	4	6	8
1	45	63	80
2	180	250	325
5	1.120	1.576	2.031
10	4.479	6.250	8.073

*Indicatief verbruik van persluchtapparatuur in liter/min. (Lit. 2, 6)*

verbruikers	indicatief verbruik
blaaspistool	60 l/min.
moeraanzetter	450 l/min.
stralen (mondstuk 4,5 mm, 6 bar)	1100 l/min.
boormachine	350 l/min.
verfspuit	200 l/min.
enkelwerkende luchtcilinder, zuigerdiameter 50 mm, slag 100 mm, 6 bar, per 100 slagen	118 l

*Verbruik bij lekken/blazen, in liter/min. (Lit. 2)*

### Factsheets Perslucht:

Gebaseerd op de gebruikersgroepen Overige Industrie en Nederlandse Rubber- en Kunststoffindustrie.

Uitgave: mei 2005.