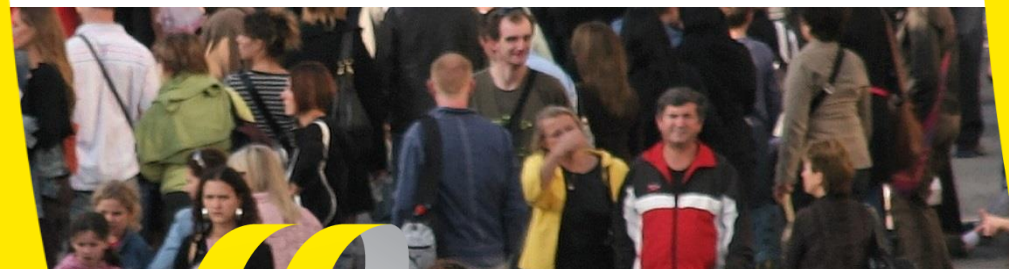




# Efficiënt energiegebruik industrie en MKB

Frans Rooijers



# CE Delft

- Onafhankelijk onderzoek en advies sinds 1978
- Energie, transport en grondstoffen
- Economische, technische en beleidsmatige expertise
- 50 medewerkers

Opdrachtgevers: Overheden (EU, ministeries, provincies, gemeenten), bedrijven, brancheorganisaties en milieuorganisaties

Zie onze publicaties op [www.ce.nl](http://www.ce.nl) of @CEDelft



# CE Delft - Industrie

1. Europese projects voor EC: EED for industry
2. Factsheets voor NL overheid: energiebesparing industrie
3. Ontwikkeling NL industrie >> 2050
4. Energy scans voor grote industrie: TRIZ
5. Procesinnovaties industrie: intensiveren, membranen, elektrificatie
6. Energie opslag en flex - waterstof, P2H, P2G & P2P
7. Product ontwikkeling support - Keramische membranen, fuel cells, pyrolyse
8. Wegnemen belemmeringen bio-grondstoffen



# Industrie en gebouwde omgeving - Zuid Nederland

- Circulaire economie Zeeland (Thieu van Mierlo -24 oktober in Middelburg)
  - Mogelijkheden bio-energie rondom kanaal Gent - Terneuzen
- Afvalbeprijzing - OVAM
- Biomassakansen voor Zeeuwse economie
- Van eten naar weten - voedselverspilling voor Vlaamse Overheid
  
- Energie 2050 provincie Noord-Brabant
- Aardgasloos verwarmen, binnenkort provincie Limburg + Enexis
- Business case analyse Mijnwater - Heerlen

# Inhoud

Energie-efficiency in de industrie:

- Energiegebruik
- Besparingsmogelijkheden
- Waarom gebeurt het niet?
- Hoe op te lossen?

Maar eerst kort over MKB

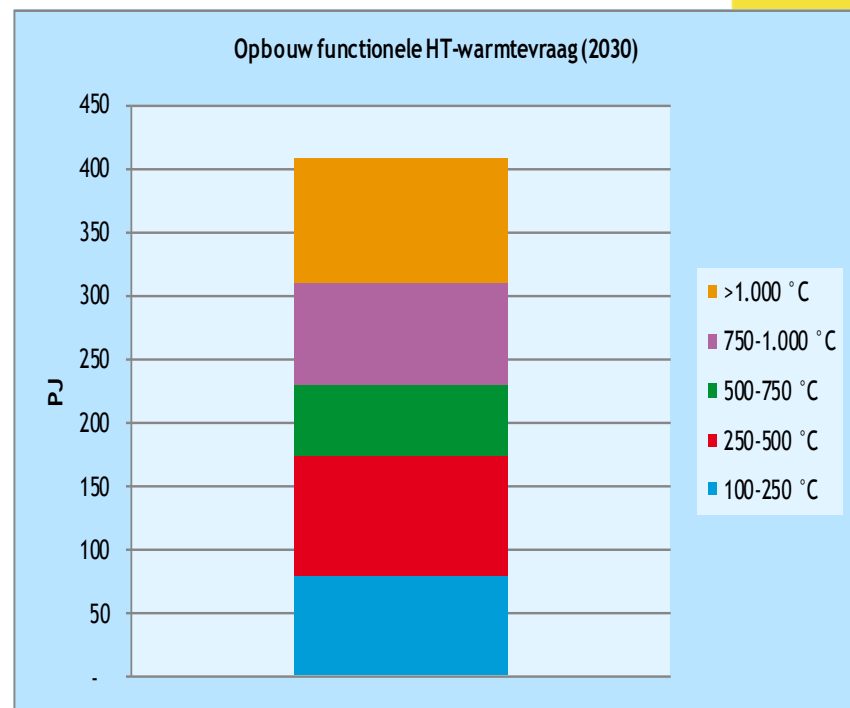


## MKB

- Energie is geen leidend thema
  - Energiekosten zijn slechts enkele % van omzet
- Lijst met tien succesvolle maatregelen
- Handhaving via installateurs, adviseurs onder supervisie gemeenten

## HT-warmte (industrie)

- Ongeveer 15% energievraag (exclusief elektriciteitssector)
- Energiebesparing gaat langzaam
- Energiegebruikers betalen voor de werkelijke prijs
  - Soms hoog, soms laag
  - Kansen voor duurzame elektriciteit (power-to-heat)
- Warmtekracht verdwijnt geleidelijk
- **Uitdaging is reductie CO<sub>2</sub> + behoud concurrentiepositie**



# Industriële warmtevraag naar sector/temperatuur

> 50% voor hoge temperatuur (HT) ondervuring/conversie;

Ongeveer  $\frac{2}{3}$  in drie sectoren, bij ongeveer 11 bedrijven

Vraag naar functie:

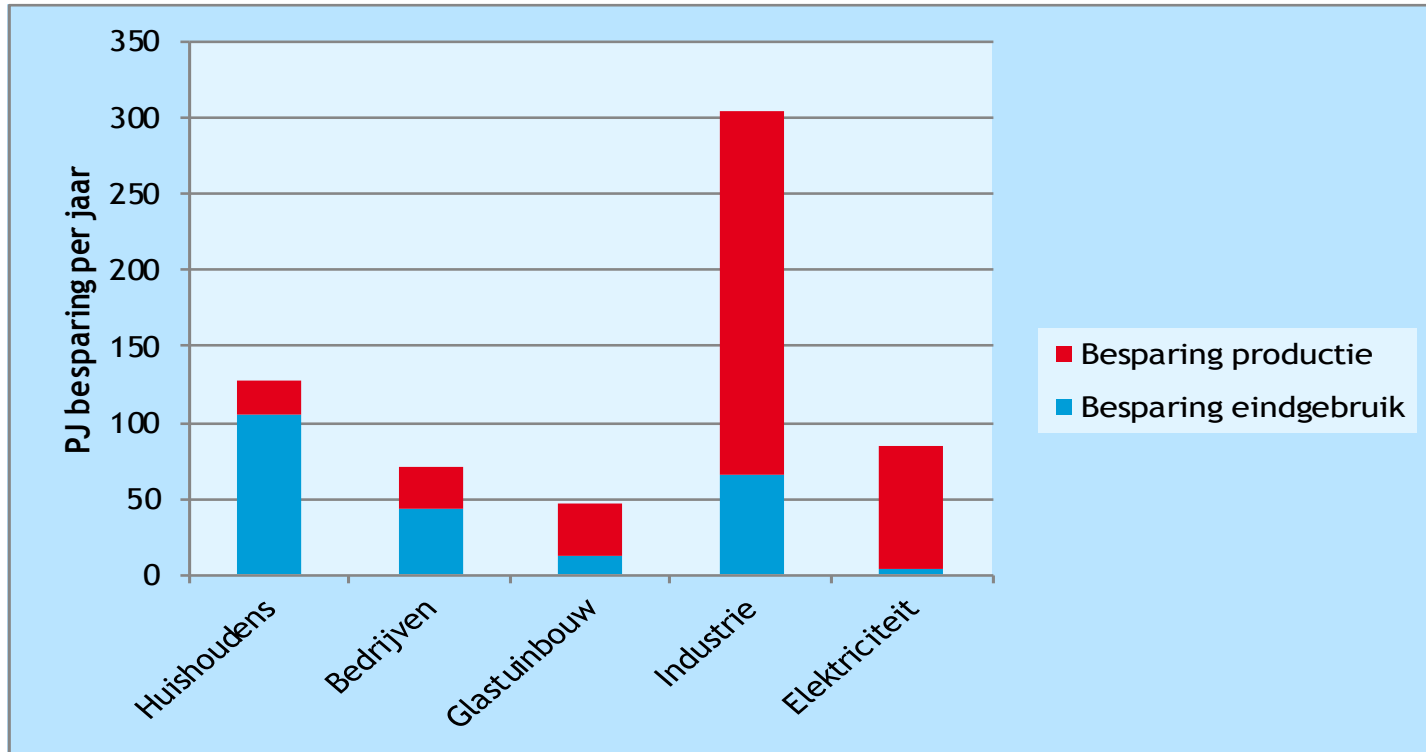
- 140 PJ/jaar destillatie
- 80 PJ/jaar drogen
- $T > 500^{\circ}\text{C}$  = ondervuring

|                       | CBS, 2013 |                             | Naar temperatuurniveau $^{\circ}\text{C}$ ,<br>CBS, 2006 en naar eigen inschatting |         |         |      | CO2-emissie,<br>Mton/jaar |
|-----------------------|-----------|-----------------------------|--|---------|---------|------|---------------------------|
|                       | totaal    | waarvan<br>stoom uit<br>WKC | <100   | 100-250 | 250-500 | >500 |                           |
|                       |           |                             |  |         |         |      |                           |
| chemie                | 257       | 88                          | 13   | 28      | 69      | 147  | 12,1                      |
| raffinage             | 140       | 23                          | 0  | 0       | 60      | 80   | 8,9                       |
|                       | 397       | 111                         | 13   | 28      | 129     | 227  | 21,0                      |
| basismetaal ferro     | 69        | 2,7                         |  |         | 3       | 67   | 3,8                       |
| basismetaal non-ferro | 3         | 0,0                         |  |         |         | 3    | 0,2                       |
| metaalproducten       | 12        | 0,1                         | 6  |         |         | 6    | 0,6                       |
|                       | 84        | 3                           | 13   |         | 3       | 68   | 4,6                       |
| papier en karton      | 17        | 11                          |  | 17      |         |      | 0,7                       |
| V&G                   | 52        | 17                          | 26   | 27      |         |      | 2,7                       |
| textiel               | 3         | 0,5                         | 3  |         |         |      | 0,2                       |
| bouwmaterialen        | 18,5      | 0,3                         |  | 1       |         | 17   | 1,1                       |
| overige industrie     | 10        | 0,2                         |  |         | 6       | 4    | 0,6                       |
|                       | 101       | 28                          | 29   | 45      | 6       | 21   | 5,3                       |
|                       | 582       | 142                         | 54   | 73      | 138     | 316  | 30,8                      |

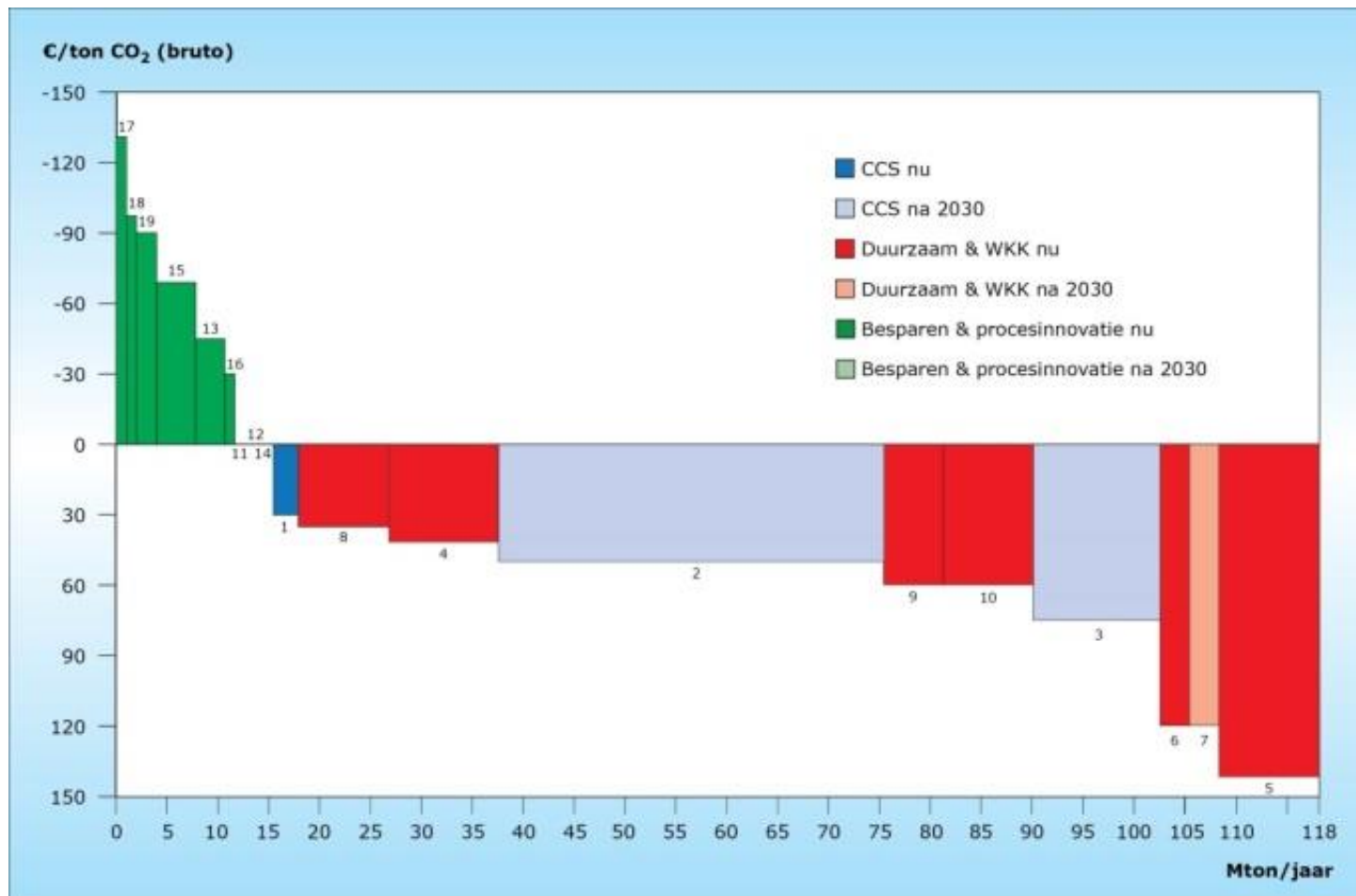
Stoom uit WKC > 50% warmtevraag <  $500^{\circ}\text{C}$



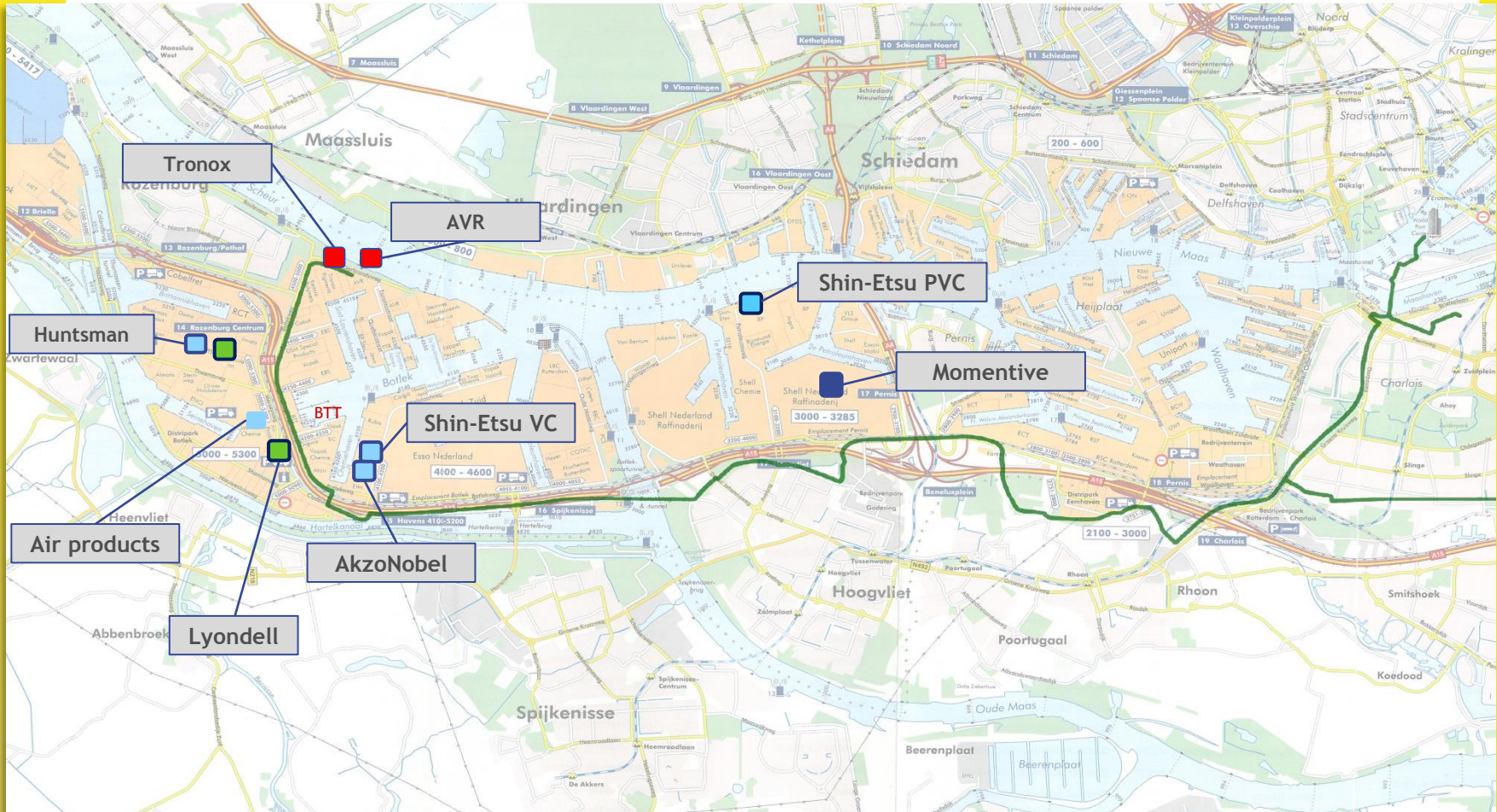
## Vooral in de industrie nog veel potentieel



# Potentie en kosten CO<sub>2</sub>-reductie



# Ketenprojecten chemische industrie



## Ketenprojecten energie-efficiency industrie:

- Chloor VC (AkzoNobel, Shin Etsu, AirProducts, Huntsman, Wavin)
- Tronox (Titanium-dioxyde)
- Lyondell (PO, PS)
- Momentive (Epoxyharsen)

# Ketenproject raffinaderijen



Besparingspotentieel in petroleumketen: 12-37 PJp

## Geïdentificeerde besparingsopties

|                |        | Benutting reststromen                       | Inzet biomassa  | Benutting warmte                         | Benutting CO <sub>2</sub> | Producten |
|----------------|--------|---|-----------------|--|---------------------------|-----------|
| Chloor/PVC     | 25     | ✓   | ✓               | ✓✓<br>(Verwarming pekelwater, stoompijp) |                           | ✓         |
| Tronox         | 5      | ✓✓<br>(Hergebruik TIO <sub>2</sub> -slurry) | ✓<br>(Biocokes) | ✓  | ✓                         |           |
| Lyondell       | Ca. 25 | ✓   | ✓               | ✓  |                           | ✓         |
| Momentive      | 3      | ✓   | ✓               |  |                           |           |
| Raffinaderijen | Ca. 20 |   | ✓               | ✓  | ✓                         |           |

✓/✓✓ Vervolgstep in gang gezet/implementatie gaande

# Kanaal Gent Terneuzen



# HT-warmteopties voor lagere CO<sub>2</sub>-emissie

1. Procesvernieuwing
2. CO<sub>2</sub>-vrije energiedragers:
  - Aardgas:
    - decentrale WKK's op basis van aardgas
    - aardgas CCS
  - HT-warmte uit elektriciteitscentrales (kolen- en gas met CCS)
  - Biomassa:
    - vaste biomassa
    - decentrale WKK's op basis van biomassa of groen gas
  - Elektrische verwarming.
- Forse CO<sub>2</sub>-reductie alleen door procesvernieuwing, aardgas + CCS, biomassa
- Instrumenten nodig om industrie in transitie te krijgen zonder concurrentiepositie aan te tasten

# Laaghangend fruit in de industrie



|    | Maatregel   | Typerende investering   | Typerende besparing                              | Typerende terugverdientijd |
|----|---|---|--|----------------------------|
| 1  | Isolatie van appendages                           | 100-600 € per appendage   | 85-95%   | < 1 jaar                   |
| 2  | Periodieke thermografische inspectie van isolatie | € 6.000 per inspectie/rapportage                                    | Per inspectie<br>200.000 m <sup>3</sup> gas/jaar | < 2 jaar                   |
| 3  | Tankdakisolatie                                   | € 80-120/m <sup>2</sup>   | 40-70%   | 1-4 jaar                   |
| 4  | Frequentiegeregelde pompen                        | 100-600 €/kW, indien nodig: kosten voor bekabeling tot ca. € 10.000 | 20-50%   | < 2 jaar                   |
| 5  | Frequentiegeregelde ventilatoren                  | 100-600 €/kW, indien nodig: kosten voor bekabeling tot ca. € 10.000 | 20-50%   | Ca. 3-4 jaar               |
| 5a | Idem bij luchtkoelers                             |   |  |                            |
| 6  | Periodieke reiniging luchtkoelers                 | Ca. € 1.000/reiniging van Air fin bank                              | 20-40%   | < 2 maanden                |
| 7  | Hoogrendement stoomketel, met rookgascondensator  | € 20-30/kW geïnstalleerd vermogen                                   | 5-10%  | 1-2 jaar                   |
| 8  | Onderhoud en vervanging condenspotten             | Vervanging ca.: € 500/condenspot                                    | 10%  | 1-2 jaar                   |
| 9  | Perslucht: ultrasone lekdetectie                  | Ultrasoon detector: ca. € 2.000                                     | 5-30%  | 1-12 maanden               |
| 10 | E-zuinige HF-verlichting                          | € 60/armatuur (bijplaatsen HF-voorschakelapparaat)                  | 30-50%   | 2-3 jaar                   |



## Voorbeeld 1: Luchtkoelers

- Veel luchtkoelers draaien op constant toerental
- 's Winters is dat niet nodig, omdat het dan kouder is
- Frequentieregeling levert ca. 25% besparing
- Terugverdientijd 1-3 jaar
- Besparingspotentieel: ca. 60 miljoen kWh, ofwel 15.000 huishoudens



## Voorbeeld 2: Verlichting in bedrijfshallen

- In 60% van de bedrijfshallen is nog steeds 'gewone' TL-verlichting
- Ca. 40% besparing met HF (hoogfrequente) TL-verlichting
- Terugverdientijd ca. drie jaar



## Voorbeeld 3: Frequentieregelde pompen

- Pompen staan voor ca. 20% van het elektriciteitsgebruik in de industrie
- Meeste pompen zijn uitgerust met een smoorklep, met moderne frequentieregelde pompen is 20-40% besparing mogelijk
- Terugverdientijden < twee jaar #



# Kosten zijn hoger in geval bekabeling/explosiebeveiliging nodig is

## Hobbels

- Prioriteit ligt primair bij het productieproces, niet bij energiebesparing
- Tekort aan technisch geschoold personeel, vaak weinig tijd, kennis over nieuwe technieken niet altijd aanwezig
- Vanuit bedrijfszekerheid keuze voor bekende, vertrouwde technieken
- Beslissingen worden vaak buiten Nederland genomen, terugverdientijden moeten lager zijn dan 2-3 jaar



# Mogelijke ontwikkeling tot 2020/2030 (studie voor PBL)

Beperkte daling per eenheid product  
 Maar ook beperkte economische groei  
 → netto veelal nauwelijks verandering

Ook al heeft energie groot aandeel  
 productiekosten grootverbruikers

Enige (mogelijke) significante effecten:

- Sluiten klinkeroven ENCI
- Mogelijke sluiting 1-2 raffinaderijen

|                          | in 2013 |                       | in 2030  |          |
|--------------------------|---------|-----------------------|----------|----------|
|                          | totaal  | waarvan stoom uit WKC | maximaal | minimaal |
| chemie                   | 257     | 88                    | 277      | 277      |
| - organische basischemie | 175     | 58                    | 194      | 194      |
| - kunstmest              | 22      |                       | 23       | 23       |
| - overige chemie         | 59      | 29                    | 59       | 59       |
| raffinage                | 140     | 23                    | 126      | 97       |
| basismetaleel ferro      | 36      | 3                     | 38       | 38       |
| basismetaleel non-ferro  | 3       | 0,01                  | 3        | 3        |
| metaalproducten          | 12      | 0,1                   | 13       | 13       |
| papier en karton         | 17      | 11                    | 17       | 17       |
| V&G                      | 52      | 17                    | 50       | 50       |
| textiel                  | 3       | 0,5                   | 3        | 3        |
| bouwmaterialen           | 18      | 0,3                   | 18       | 18       |
| overige industrie        | 10      | 0,2                   | 10       | 10       |
|                          | 548     | 142                   | 555      | 526      |

Ter info:

|  | 2012 | 2020      | 2025      | 2030      |
|--|------|-----------|-----------|-----------|
| IEA crude oil imports (\$/barrel)                          | 109  | 120       | 127       | 136       |
| Aardgasprijs (€/GJ)  |      |           |           |           |
| Kolenprijs   |      |           |           |           |
| CO <sub>2</sub> prices in the EU ETS (€/tCO <sub>2</sub> ) | 5    | 10        | 15        | 20        |
| Jaartijksse groeivoeten Nederlandse economie               |      | 2013-2020 | 2020-2025 | 2025-2030 |
|  |      | 1,50%     | 1,70%     | 1,30%     |

# Kansen voor significante besparingen

Opties voor 100-110 PJ/jaar besparing

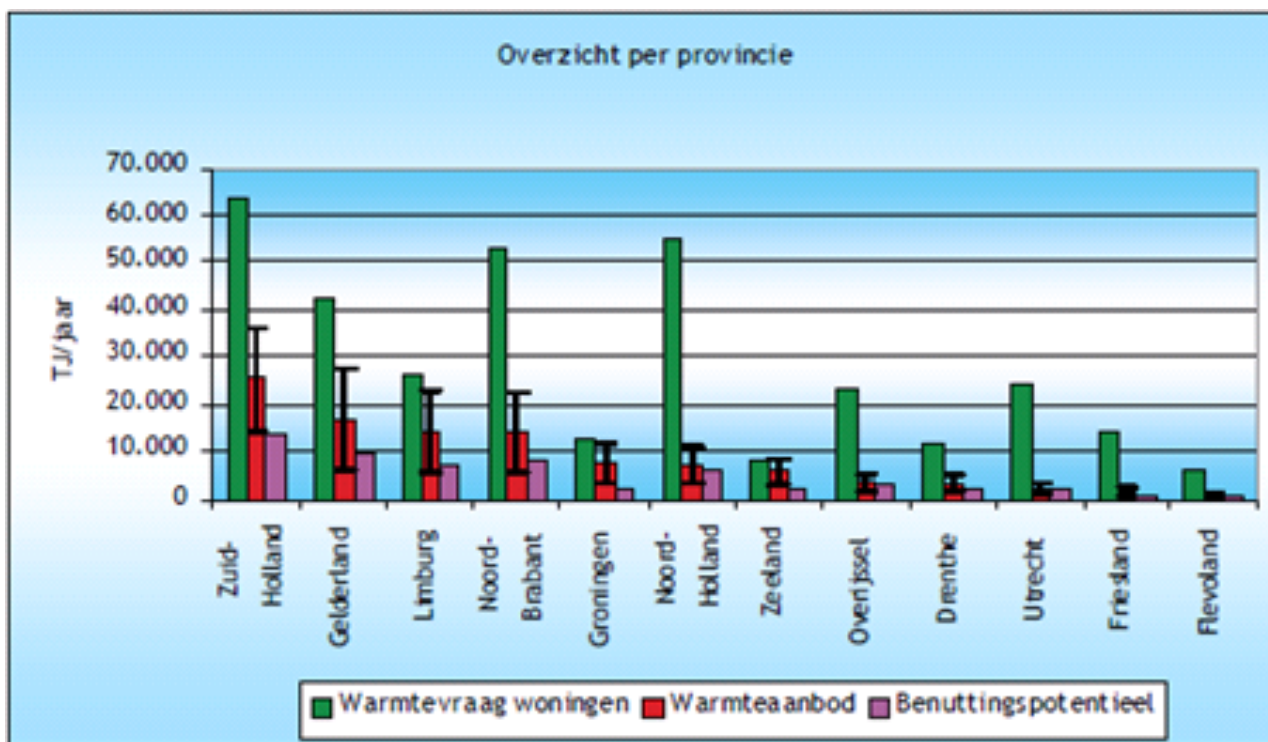
Maar aanvullend beleid nodig

|                          |   | Omvang<br>in NL,<br>Mton CO <sub>2</sub> /<br>jaar | Besparing |                                 | Kosten,<br>€/ton CO <sub>2</sub> | Beschik-<br>baar in |
|--------------------------|---|--|-----------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|                          |   |  | PJ/jaar   | percentage<br>huidig<br>gebruik |                                  |                     |
| chemie                   | Procesintensificatie chemie                                     | 1,6  | 24        |                                 | 0                                | nu - 2030           |
| - organische basischemie |   |  |           |                                 |                                  |                     |
| - kunstmest              | Sorption enhanced reactors                                      | n.b.   |           |                                 |                                  |                     |
| - overige chemie         | Innovatieve destillatie chemie                                  | 0,5  | 8         |                                 | 0                                | nu - 2030           |
| raffinage                | Verbeteringen raffinaderijen                                    | 1,1  |           | 10%                             | -30                              | nu                  |
|                          | Warmte geïntegreerde destillatie, Dividing Wall Column          |  | 15 - 20   | tot 30%                         |                                  |                     |
| basismetaleel ferro      | Hisarna staal   | 2,8  |           | 20% - 25%                       | -45                              | na 2025             |
| basismetaleel non-ferro  | Optimalisatie smeltfornuizen                                    |  | 0,5       | tot 30%                         | 0                                | nu - 2030           |
| metaalproducten          |   |  |           |                                 |                                  |                     |
| papier en karton         | optimalisatie droogsectie met bestaande en bewezen technologie  |  | 2 - 3     | ca 15%                          | 0                                | nu                  |
| V&G                      | Adsorptiedrogen, indampen met mechanische damprecompressie      |  | 10 - 15   | tot 50%                         | 0                                | nu - 2030           |
| textiel                  |   |  |           |                                 |                                  |                     |
| bouwmaterialen           |   |  |           |                                 |                                  |                     |
| overige industrie        |   |  |           |                                 |                                  |                     |
| algemeen                 | Verbeteren isolatie   | 1,1  | 20        |                                 | -127                             | nu                  |
|                          | <a href="#">Optimalisatie stoomcyclus[1]</a>                    | 1,1  | 20        |                                 | -95                              | nu                  |
|                          | Mechanische recompressie van reststoom, topdamp van destillatie |  |           |                                 |                                  |                     |

# Ook nog veel restwarmteafzet mogelijk

Opties voor ongeveer 60 PJ/jaar afzet

Indirecte CO<sub>2</sub>-reductie van circa 3 Mton/jaar



# Hernieuwbare energie

Veel opties - helaas allemaal duur

Deels ingrijpende aanpassingen vereist

|   | Huidige stand der techniek | Break even CO2-prijs, €/ton | Inzetbaar voor:         |          |          |         |        | Vervanging huidige installatie nodig? |         |        |
|---|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------|----------|---------|--------|---------------------------------------|---------|--------|
|   |                            |                             | LD-stoom/<br>warm water | MD-stoom | HD-stoom | Fornuis | Droger | Stoom, warm water                     | Fornuis | Droger |
| Geothermie                              | gedemonstreerd             |                             | X                       |          |          |         |        | ja                                    |         |        |
| - Geothermie warmte, $\geq$ 500 meter   |                            | 145                         |                         |          |          |         |        |                                       |         |        |
| - Geothermie warmte, $\geq$ 3.500 meter |                            | 155                         |                         |          |          |         |        |                                       |         |        |
| Biomassa                                |                            |                             |                         |          |          |         |        |                                       |         |        |
| - biomassagestookte vuurhaard           |                            |                             |                         |          |          |         |        |                                       |         |        |
| a) ketel                                | commercieel                | 150                         | X                       | X        | X        |         |        |                                       |         |        |
| b) vuurhaard voorschakelen bij WKC      | commercieel                | 105                         | X                       | X        | X        |         |        | nee                                   |         |        |
| c) houtpoeder brander in fornuis        | commercieel                | 60                          |                         |          |          | X       |        | nee                                   |         |        |
| - groen gas/biogas uit vergisting       | commercieel                | 30 - 530                    | X                       | X        | X        | X       | X      | nee                                   | nee     | nee    |
| - groen gas uit vergassing              | gedemonstreerd             | 550                         | X                       | X        | X        | X       | X      | nee                                   | nee     | nee    |
| Elektrificatie                          |                            |                             |                         |          |          |         |        |                                       |         |        |
| - stoomketel                            | commercieel                | 100 - 200                   | X                       | X        |          |         |        | ja                                    |         |        |
| - luchtverwarmer                        | commercieel                |                             |                         |          |          |         | X      |                                       |         | ja     |
| - HT-warmtepomp                         | gedemonstreerd             |                             | X                       |          |          |         |        | ja                                    |         |        |
| CCS                                     | commercieel                |                             | X                       | X        | X        | X       | X      | nee                                   | nee     | nee    |
| - Kleinere bronnen                      |                            | 75 - 125                    |                         |          |          |         |        |                                       |         |        |
| - Grotere bronnen                       |                            | 45 - 95                     |                         |          |          |         |        |                                       |         |        |



## Lastig punt: restgassen

Groot deel warmteproductie grootverbruikers o.b.v. restgassen

Restgassen integraal uit productieproces - niet te vermijden/vervangen

Alleen CO<sub>2</sub>-reductie door CCS?

|                       | restgassen + ov aardolieproducten |               |             |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------|-------------|
|                       | productie                         | eigen gebruik | w.v. in WKC |
| chemie                | 112                               | 104           | 10          |
| raffinage             | 102                               | 89            | 12          |
| subtotaal             | 215                               | 193           | 22          |
| basismetale ferro     | 51                                | 25            | 3           |
| basismetale non-ferro |                                   |               |             |
| metaalproducten       |                                   |               |             |
| subtotaal             | 51                                | 25            | 3           |
| papier en karton      |                                   |               |             |
| V&G                   |                                   |               |             |
| textiel               |                                   |               |             |
| bouwmaterialen        |                                   |               |             |
| overige industrie     |                                   |               |             |
| subtotaal             | 0                                 | 0             | 0           |
|                       | 266                               | 218           | 24          |

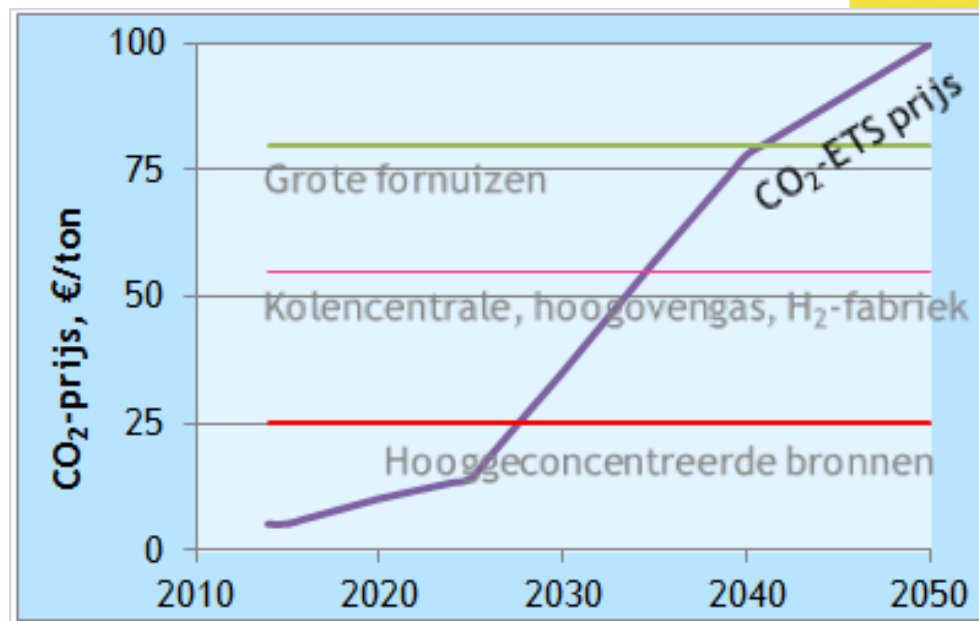
# CCS: cruciaal voor reductie industriële CO<sub>2</sub>-emissies

- Onmisbaar voor klimaatneutraal maken industriële energiegebruikers
- Kosten acceptabel - goedkoper dan veel vormen van D.E.
- Kan jaarlijks tot 30 Mton afvangen en opslaan

|   | Totale emissie Nederland<br>Mton/a | Emissie per bron<br>Mton/a | Vol% CO <sub>2</sub> | €/ton | Ontwikkelingsstadium  |
|---|------------------------------------|----------------------------|----------------------|-------|---|
| Puur (of vrijwel - EtOH, NH <sub>3</sub> , PER+)      | 2-3                                | 0,1-1,0                    | > 95%                | 10-20 | Gangbaar  |
| H <sub>2</sub> -productie                             | 1-2                                | 0,5                        | 40-70%               | 40-50 | Demo van 1 Mton/jaar  |
| Hoogovengas   | 10                                 | 2-3                        | 25%                  |       | Pilot, techniek op demoschaal beschikbaar                               |
| Kolencentrales, hoogovengas gestookte energiecentrale | 25-30                              | 4-8                        | 10-15%               | 40-50 | 1st of a kind<br>1 Mton/jaar  |
| Grootschalige boilers en fornuizen                    | 10-15                              | 0,2-1,0                    | 10-15%               | 60-80 | Gangbaar voor < 0,2 Mton/jaar,<br>1 <sup>st</sup> of a kind 1 Mton/jaar |

# CCS voorlopig nog geen business case

- Kosten CCS in industrie nog veelal  $> \text{€ } 50/\text{ton CO}_2$
- EU 2030  $\text{CO}_2$ -reductiedoelstelling waarschijnlijk onvoldoende om  $\text{CO}_2$ -prijs boven  $\text{€ } 50$  te krijgen voor 2030
- Volgorde CCS
  - Eerst bij hooggeconcentreerde bronnen
  - Vervolgens bij kolencentrale
  - Duurste CCS bij grote fornuizen



## Samenvattend industrie

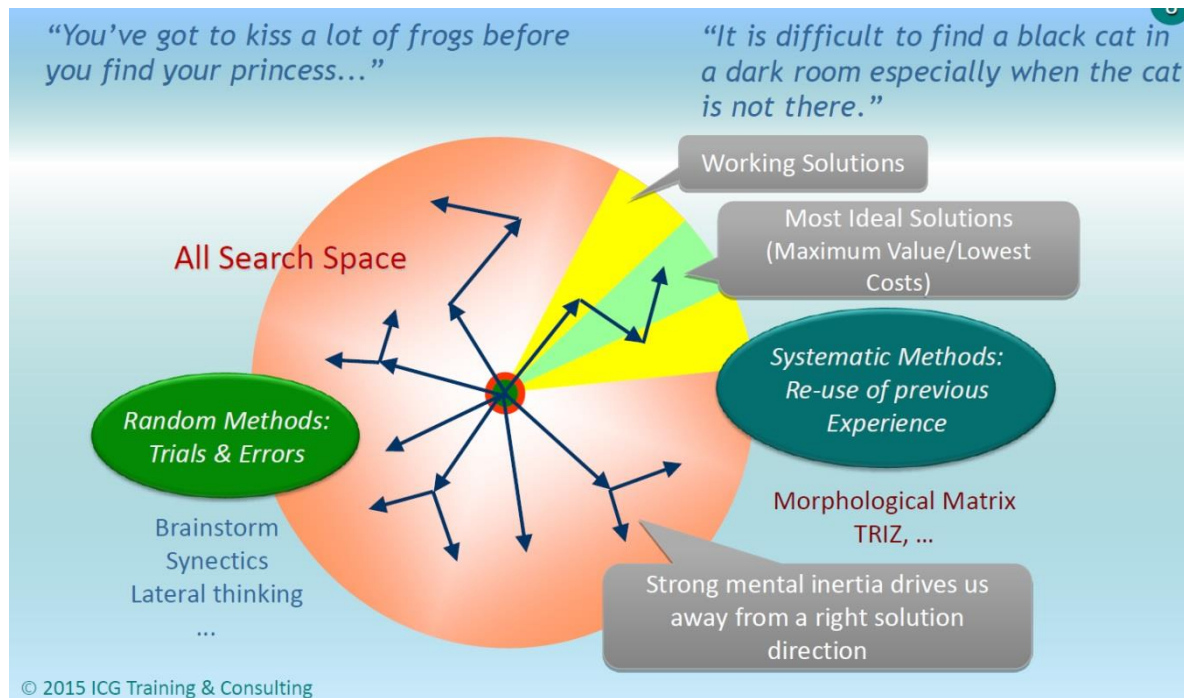
- Geen autonome significante reductie
- Eerder toename te verwachten - afschakelen WKC's
- Zijn wel opties significante besparingen en restwarmteafzet - maar vereist additioneel beleid?
  - Geen prioriteit binnen industriële bedrijven >> geen geld
- Energiegebruik voor warmtevraag deels verduurzaambaar - maar:
  - Hernieuwbaar is duur
  - Waar restgassen vrijkomen - alleen CCS?
- Energie-efficiency via innovatie! >> TRIZZ
  - Drijfveer bij techneuten



# TRIZ for disruptive energy savings

## Why TRIZ?

- Brainstorming does not lead to all possible solutions
- It iterates in a chaotic way and generates a solution, not the best



- So iteration to **best solutions** is required
- Need to avoid 'mental inertia'

# Wat is er nodig aan marktwijzigingen?

- Vernieuwende aanpak nodig voor transitie HT-warmtemarkt
  - ETS-prijs omhoog, EU-beleid
  - Deze is voorlopig te laag voor transitie maatregelen

Mogelijkheden:

1. Hoge CO<sub>2</sub>-prijs via minimumprijs (gelijk aan UK, € 25 per ton)
2. Biomassabeleid
  - Ketens ontwikkelen van productie biomassa t/m gebruik energie/grondstoffen
  - Business cases rond maken
3. CO<sub>2</sub>-belasting
  - Belasting van € 50 per ton (zodat procesvernieuwing en CCS rendabel)
  - Maatregelen om concurrentiepositie niet te schaden
4. Demo's met TRIZ
  - Innovatie als leidend thema

# Dank u voor de aandacht

Aanvullende info

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

>> energie >> industrie

>> ketenanalyse >> grondstofketens

The screenshot shows the CE Delft website with a yellow header. The navigation menu includes Home, Over CE Delft, Opdrachtgevers, Producten, Publicaties, and Nieuws. A search bar is located in the top right corner. The main content area features a large image of power lines against a sunset sky. On the left, there is a vertical menu with categories: ENERGIE, VERKEER & VERVOER, ECONOMIE, KETENANALYSE, and ONZE OPDRACHTGEVERS. Below the menu is the logo for GasTerra. The main article is titled "ECONOMISCHE KANSEN VOOR DE CIRCULAIRE ECONOMIE IN DE PROVINCIE ZEELAND" and is dated "Delft, juni 2016". The authors listed are Geert Bergsma, Sanne Nusselder, Geert Warringa, and Marit van Lieshout. A link is provided to "Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij Geert Bergsma".