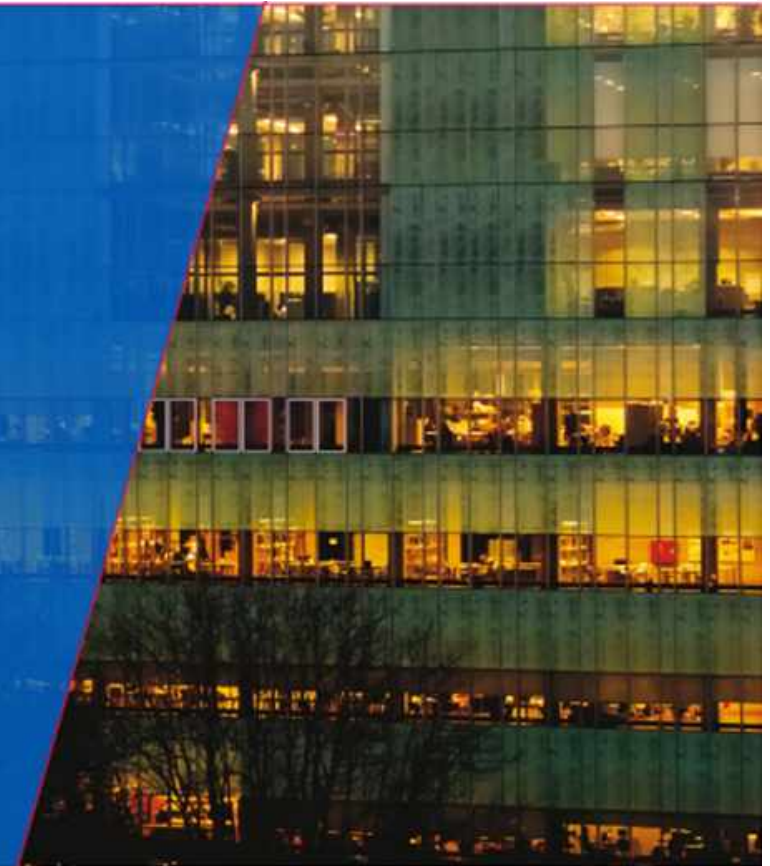


# Technologie voor de energietransitie: van ambitie naar realisatie

*David Smeulders*

*WND conferentie Noordwijkerhout,  
14 december 2018*

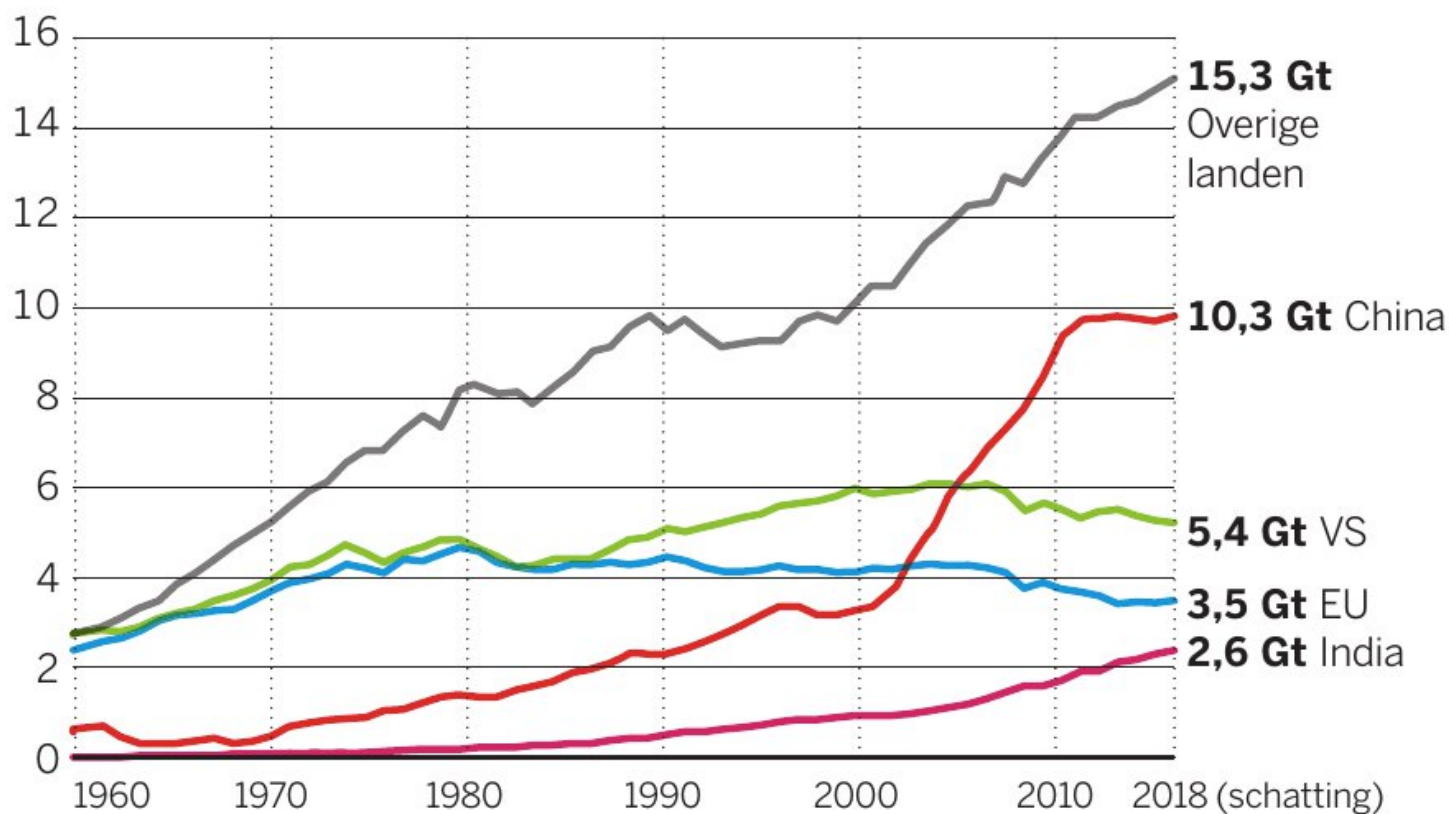


# Verwachte uitstoot CO<sub>2</sub> in 2018: 37,1 Gt

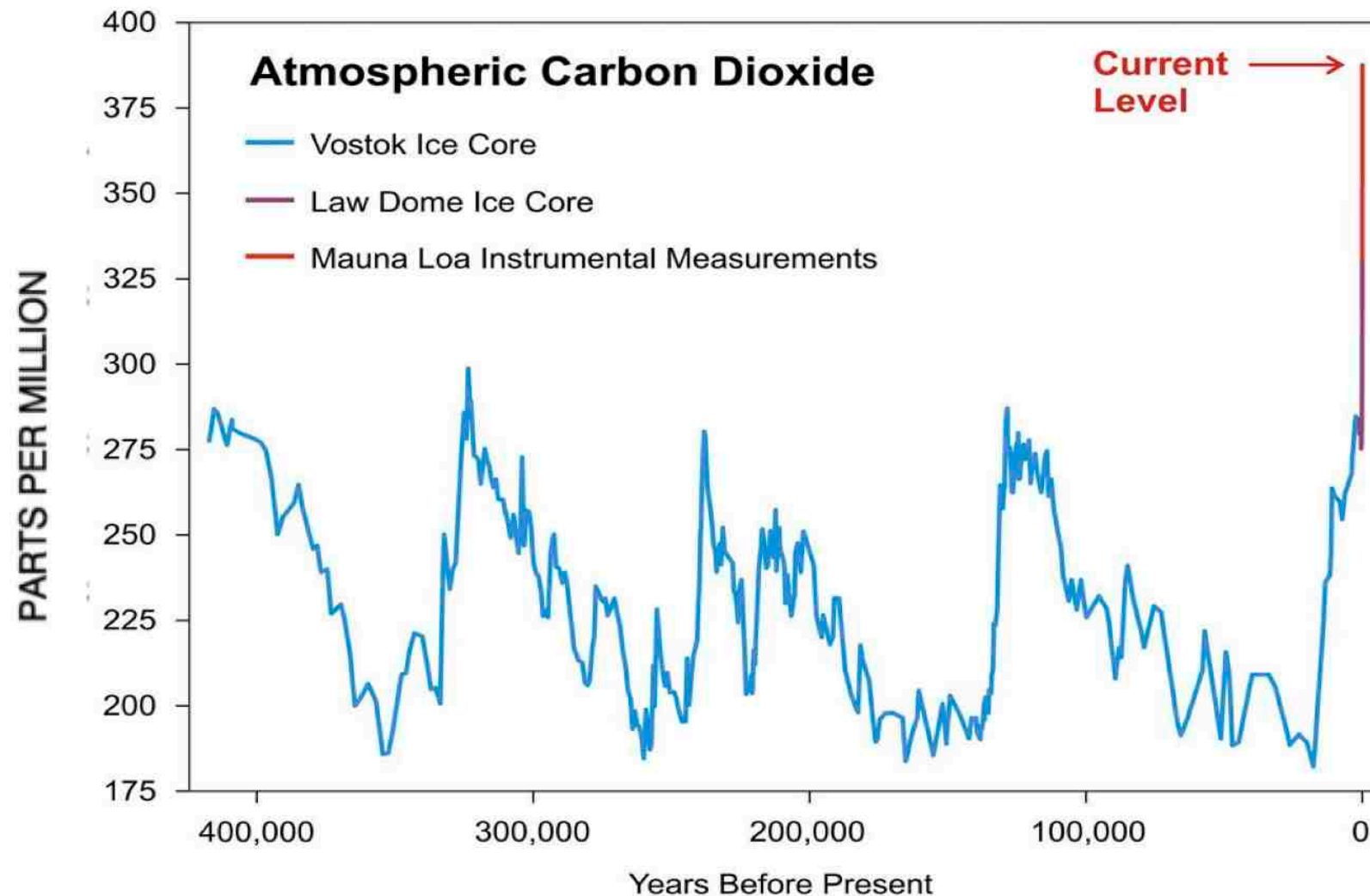
## CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, F-gassen: 28% extra

### CHINA KOPLOPER UITSTOOT

CO<sub>2</sub>-uitstoot uit fossiele brandstoffen in gigaton



# CO<sub>2</sub> concentration in atmosphere



grafiek: KNMI

# Scott Pruitt, EPA director Trump administration



foto: KNMI



# UN climate agreement in 2015: COP21

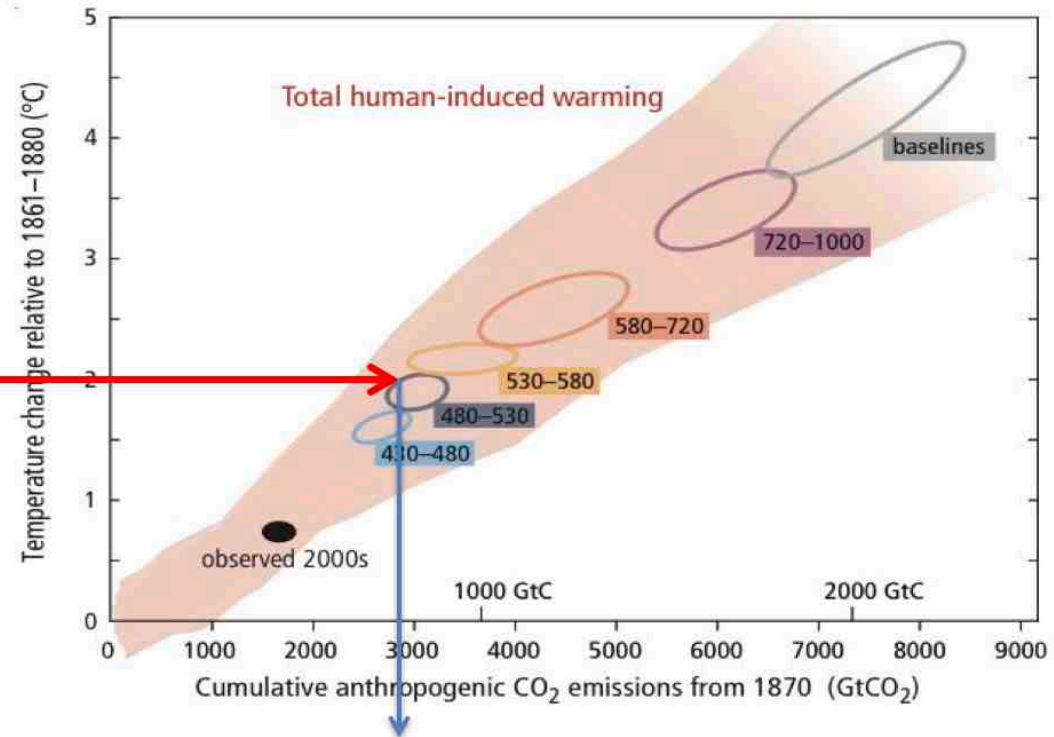


→ Paris 2015: limit  $\Delta T_{global}$  to 1.5 - 2 °C

# How much time is left?

1. Assume:

$$\Delta T_{global} = 2^{\circ}\text{C}$$



2. Maximum CO<sub>2</sub> emissions: 2900 GtCO<sub>2</sub> } 900 GtCO<sub>2</sub> left  
3. Emitted until now: 2000 GtCO<sub>2</sub> }

4. With 50 GtCO<sub>2</sub>/yr: we have (900/50 =) **18 years** → **2035**

© Concept: prof. Detlef van Vuren (PBL)

## 2 degrees Celsius target & stranded carbon assets

Keep 1/3 of oil (Canada, Arctic), 50% of gas & 80% of coal (mainly China, Russia, US) reserves unburnt. Reserves 3x and resources 10-11x the carbon budget. In Middle East 260 billion barrels of oil cannot be burnt. McGlade and Ekins (2015, Nature)

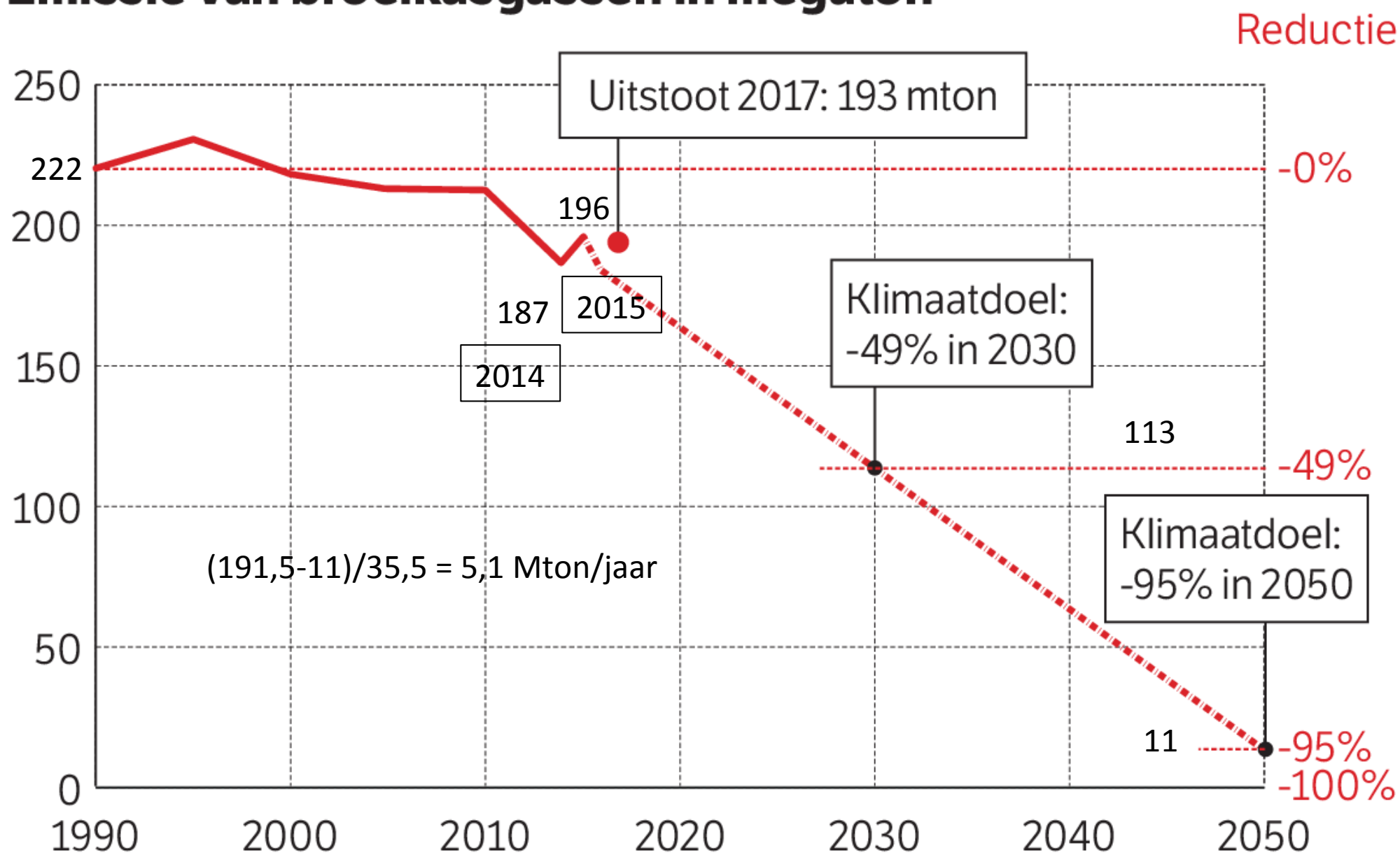
### **BURN NOTICE WARNING ON ENERGY RESERVES**

Regional distribution of reserves to remain unburned in order to avoid exceeding the 2°C “safe” threshold for global warming before the year 2050

|                     | % OIL | % GAS | % COAL |
|---------------------|-------|-------|--------|
| MIDDLE EAST         | 38    | 61    | 99     |
| OECD PACIFIC        | 37    | 56    | 93     |
| CANADA              | 74    | 25    | 75     |
| CHINA & INDIA       | 25    | 63    | 66     |
| CENTRAL & S AMERICA | 39    | 53    | 51     |
| AFRICA              | 21    | 33    | 85     |
| EUROPE              | 20    | 11    | 78     |
| US                  | 6     | 4     | 92     |

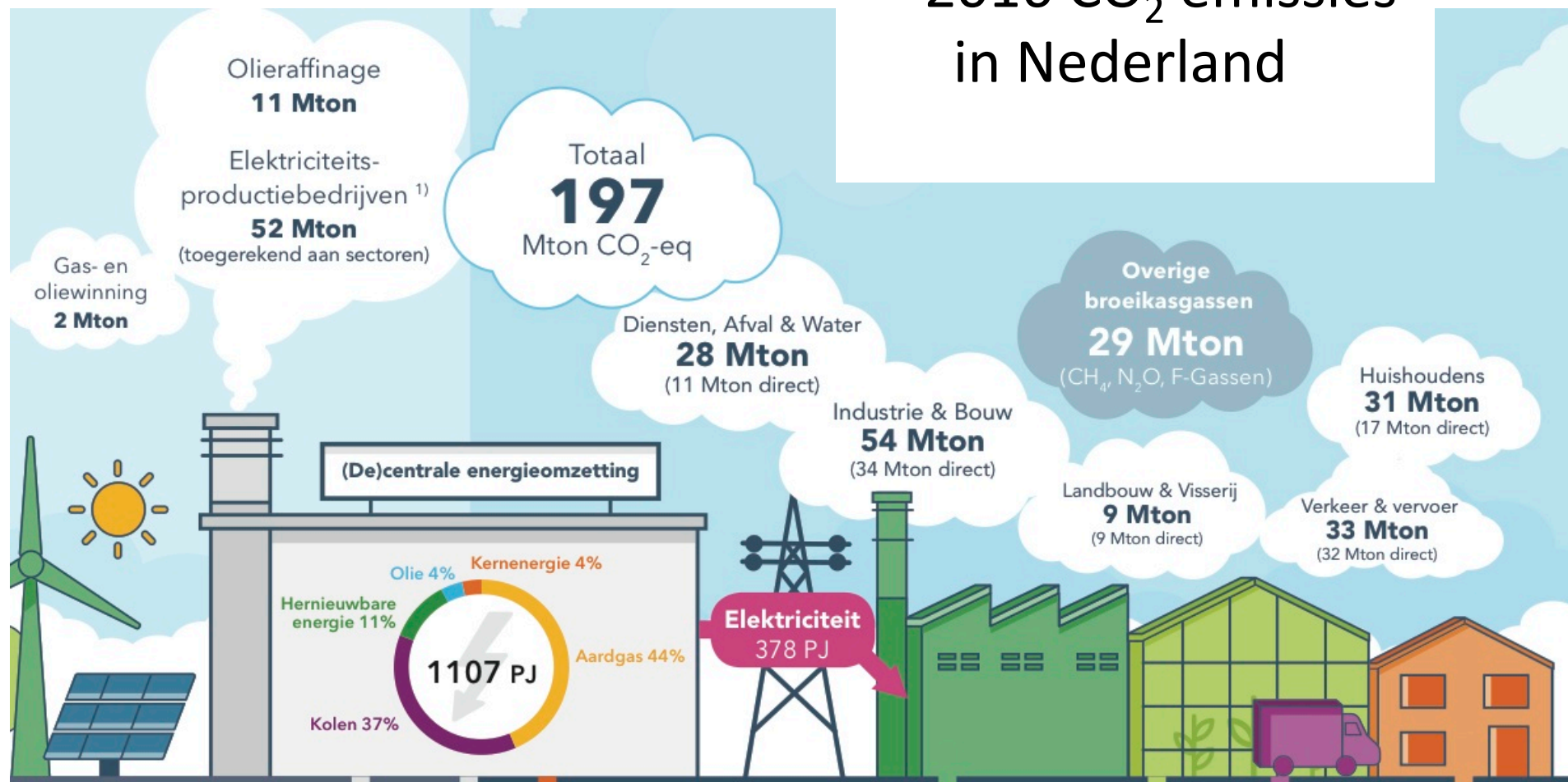
SOURCE: UCL

# Emissie van broeikasgassen in megaton





## 2016 CO<sub>2</sub> emissies in Nederland



Bron: EBN infographic

# Bestuurlijke ontwikkelingen

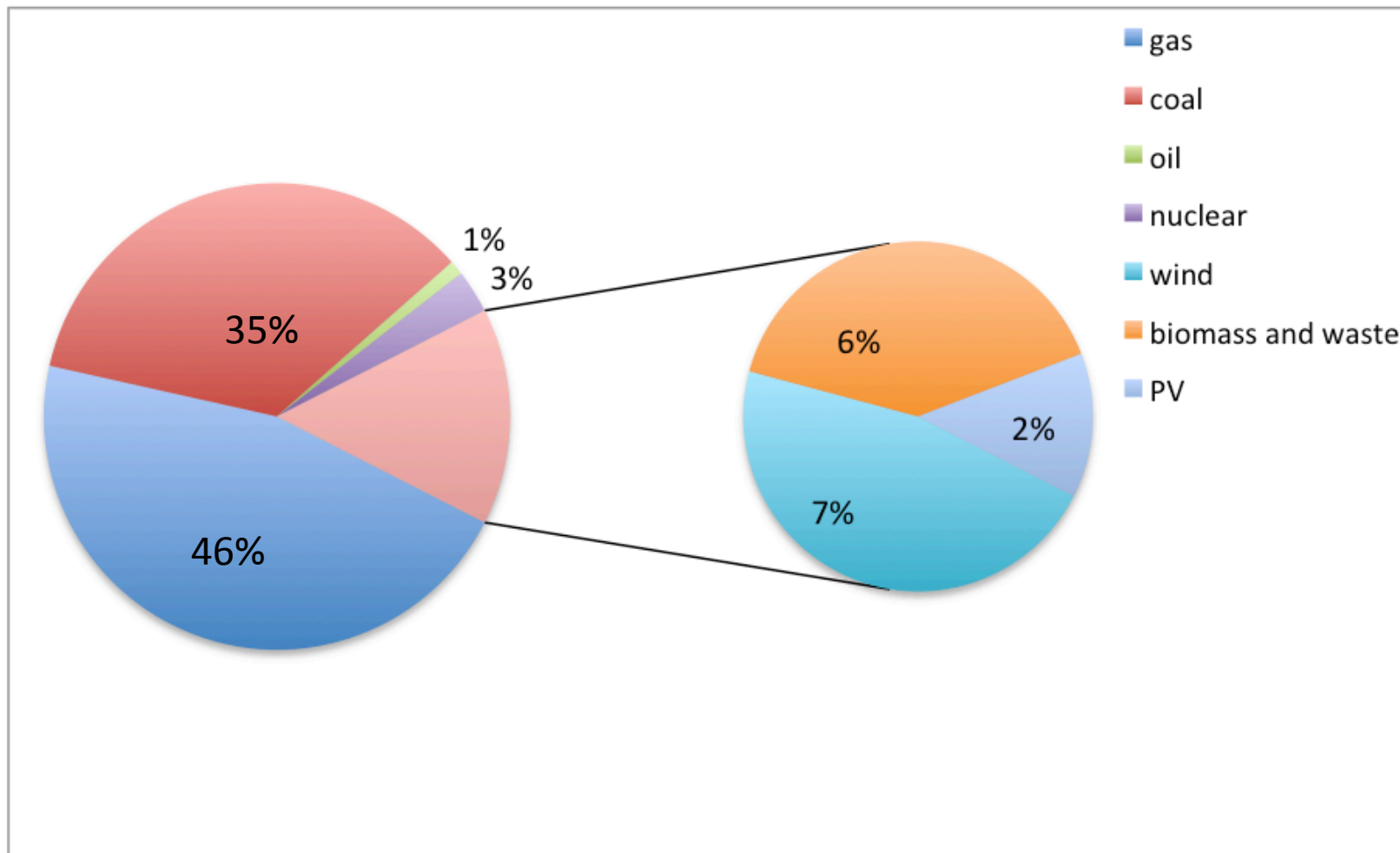
- **Klimaatakkoord-sectortafels**
  - Gebouwde omgeving (Diederik Samsom) met deeltafels
    - Duurzame warmte, wijkaanpak, financiering, inkeerregeling, startmotor, van 24 naar 12 Mton CO<sub>2</sub> in 2030
  - Elektriciteit (Kees Vendrik)
  - Industrie (Manon Janssen)
  - Mobiliteit (Annemieke Nijhof, TAUW)
  - Landbouw (Pieter van Geel)
  - Klimaatberaad (Ed Nijpels, sectortafelvoorzitters, PBL)
- **Kennis en innovatieagenda's (KIA's)**, breder dan energie, maken van MMIPs, rapporteren aan sectortafels
- **Integrale kennis en innovatieagenda (IKIA)**
- **“Klimaatvelop”** 300 miljoen € per jaar

# Energie in Nederland

Primair energiegebruik ( $\sim 3000$  PJ = 840 TWh)

- grondstoffen and verliezen ( $\sim 1000$  PJ)
- Finaal energiegebruik ( $\sim 2000$  PJ)
  - ✓ Vervoer ( $\sim 400$  PJ, meer dan 90% benzine/diesel)
  - ✓ Elektriciteit ( $\sim 400$  PJ, meer dan 90% kolen en gas)
  - ✓ Warmte ( $\sim 1200$  PJ, meer dan 90% gas)

# Elektriciteitsproductie 2016: 114.9 TWh





# Kolencentrales (onderdeel ETS)

| Kolencentrale                     | Bouwjaar                   | Vermogen (MW) | Rendement | CO <sub>2</sub> uitstoot (gram/kWh) | CO <sub>2</sub> uitstoot (megaton/jaar) <sup>5</sup> |
|-----------------------------------|----------------------------|---------------|-----------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Delta - Borsele                   | 1988 (gesloten eind 2015)  | 406           | 38%       | 900                                 | 2,1                                                  |
| RWE/Essent - Amercentrale 8       | 1981 (gesloten begin 2016) | 645           |           |                                     | 2,1                                                  |
| Engie - Gelderland                | 1985 (gesloten begin 2016) | 570           |           |                                     | 2,8                                                  |
| Uniper - Maasvlakte 1             | 1988 (uit per 1 juli 2017) | 500           |           |                                     | 3,0                                                  |
| Uniper - Maasvlakte 2             | 1989 (uit per 1 juli 2017) | 500           |           |                                     | 3,0                                                  |
| <b>Totaal oude kolencentrales</b> |                            | <b>2.621</b>  |           |                                     | <b>13,0</b>                                          |
| NUON - Hemweg 8                   | 1995                       | 630           | 42%       | 814                                 | 4,0                                                  |
| RWE/Essent- Amercentrale 9        | 1994                       | 600           |           |                                     | 3,6                                                  |
| <b>Totaal centrales jaren '90</b> |                            | <b>1.230</b>  |           |                                     | <b>7,6</b>                                           |
| Engie - Maasvlakte                | Geopend in 2015            | 800           | 46%       | 743                                 | 3,2                                                  |
| Uniper - Maasvlakte 3             | Geopend in 2016            | 1.070         |           |                                     | 4,7                                                  |
| RWE/Essent- Eemshaven             | Geopend in 2015            | 1.560         |           |                                     | 8,3                                                  |
| <b>Totaal nieuwe centrales</b>    |                            | <b>3.430</b>  |           |                                     | <b>16,2</b>                                          |

Gascentrale: 360 gram/kWh

Greenpeace, factsheet kolenexit juni 2017

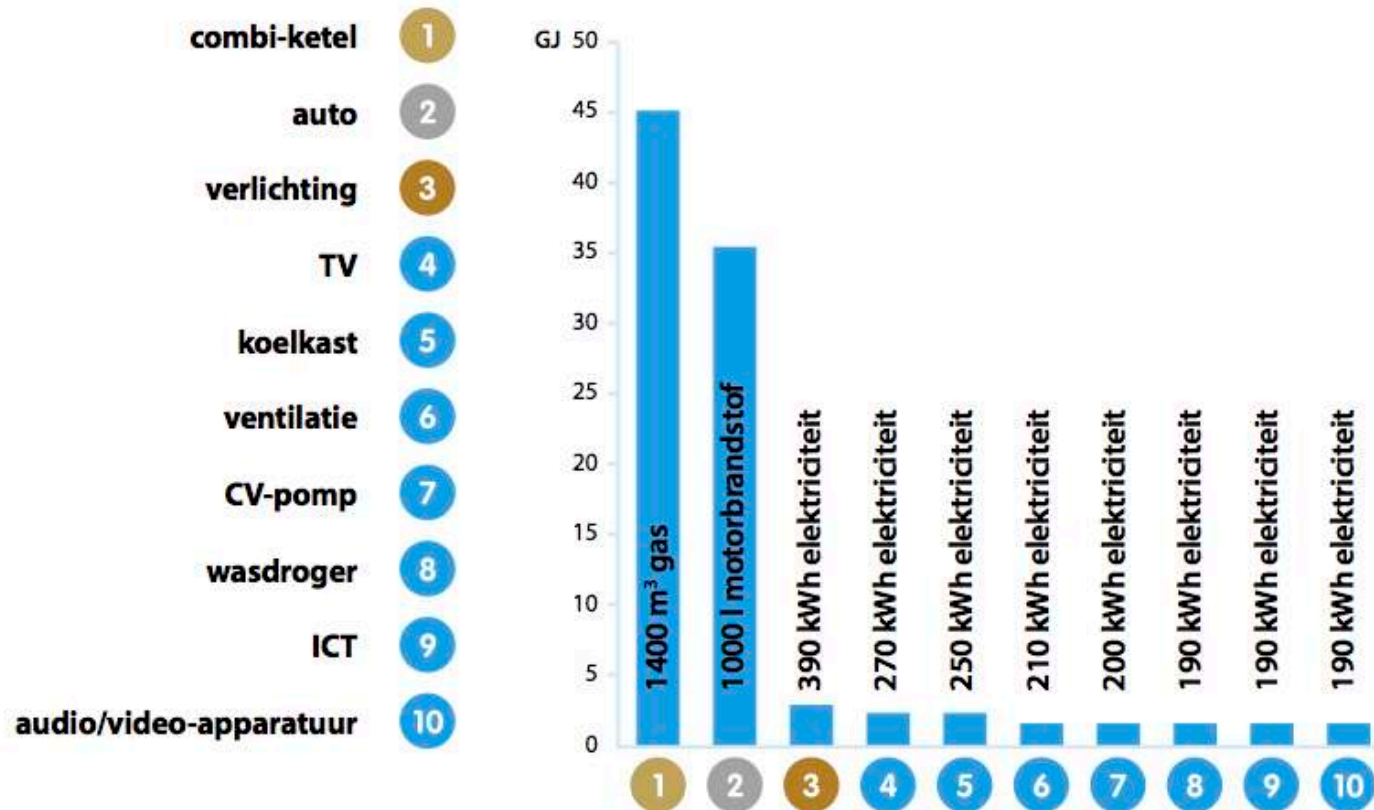
# Energie en CO<sub>2</sub> per sector 2014

| sector                   | Energie (PJ)*       | CO2 (Mton)**  | Emissie- index (x 0,01 Mton/PJ) |
|--------------------------|---------------------|---------------|---------------------------------|
| Elektriciteitsproductie  | 372<br>(401 losses) | 51            | 13.7                            |
| <b>Bunkering</b>         | <del>693</del>      | <del>53</del> | <del>7.7</del>                  |
| Transport                | 433                 | 30            | 6.9                             |
| Landbouw                 | 146                 | 9             | 6.2                             |
| Industrie                | 865                 | 37            | 4.3                             |
| Gebouwde omgeving        | 647                 | 22            | 3.4                             |
| Woonhuizen               | 382                 |               |                                 |
| winkels/kantoren/bestuur | 265                 |               |                                 |
| Grondstoffen             | 604                 | 9             | 1.5                             |
| Overig                   | 4                   |               |                                 |
| <b>Totaal</b>            | <b>3100</b>         | <b>158</b>    |                                 |

\* CBS

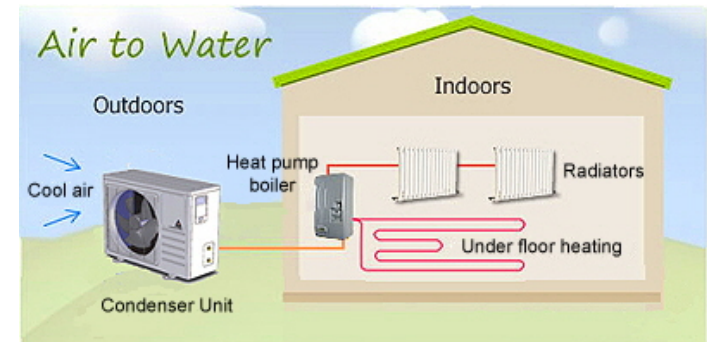
\*\* Vereniging Energie, Milieu en Water VEMW

## TOP 10 ENERGIEVERBRUIKERS HUISHOUDENS



Bron: ECN, Energie-Nederland, Netbeheer Nederland: "Energietrends 2016"

# Lucht-water warmtepomp



# Elektrificatie warmtevraag: gebruikskosten voor huishoudens

- Gemiddeld verbruik per jaar:  $1500 \text{ m}^3 \text{ gas} = 15.000 \text{ kWh}$
- Warmtepomp (met  $\text{COP}=3$ ):  $5.000 \text{ kWh/jaar}$
- Nu:  $4000 \text{ kWh}$  elektrisch
- Ongeveer verdubbeling van stroomgebruik
- Leveringstarief gas:  $0,25 \text{ €/m}^3 = 0,025 \text{ €/kWh}$
- Leveringstarief stroom:  $0,07 \text{ €/kWh}$
- Met  $\text{COP}=3$  blijven kosten ongeveer gelijk



# Investeringskosten voor huishoudens

## Aanpassing van een slecht geïsoleerd huis uit 1970

|                              |                                                                     |                 |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Geen of matige isolatie      | — Spouwmuur, vloer, dakisolatie                                     | € 8.200         |
| Dubbel glas woon-slaapruimte | — Hr++ glas in bestaande kozijnen                                   | € 3.500         |
| Hr-combiketel                | — Volledige warmtepomp 10 kW (inclusief installatie en aansluiting) | € 11.000*       |
|                              | Af: subsidie warmtepomp                                             | - € 2.400       |
| Gewone radiatoren            | — Infraroodpanelen zithoek en badkamer                              | € 1.000         |
| Natuurlijke ventilatie       | — Lagetemperatuur-radiatoren in woonruimtes                         | € 2.500         |
| Gasfornuis                   | — Ventilatie met warmteterugwinning                                 | € 3.000         |
|                              | — Inductiekookplaat (incl. extra elektrische aansluiting)           | € 1.000         |
| Geen zonnepanelen            | — 10 zonnepanelen 2.700 Wattpiek                                    | € 4.400         |
|                              | Af: teruggave btw zonnepanelen                                      | - € 750         |
| <b>Dit kost het</b>          |                                                                     | <b>€ 31.550</b> |

\*Gemiddeld bedrag. In de praktijk liggen de kosten tussen de € 6.500 en € 14.000.

Besparing op de energierekening:  
1.575 euro  
per jaar

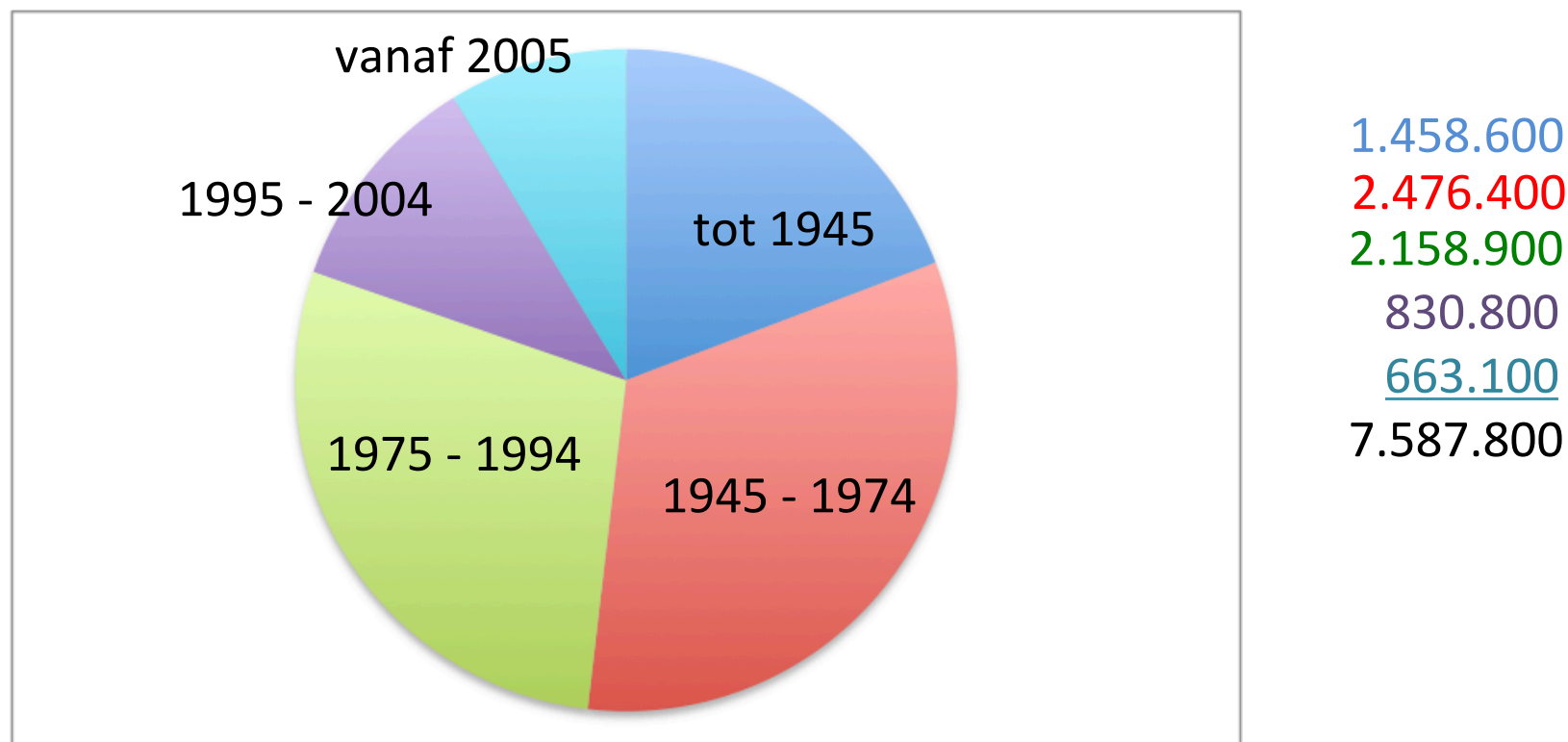
## Aanpassing van een moderne hoekwoning uit 2009

|                                                                   |                 |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Volledige warmtepomp 10 kW (inclusief installatie en aansluiting) | € 11.000*       |
| Af: subsidie warmtepomp                                           | - € 2.400       |
| Inductiekookplaat (inclusief extra elektrische aansluiting)       | € 1.000         |
| 10 zonnepanelen 2.700 Wattpiek                                    | € 4.400         |
| Af: teruggave btw zonnepanelen                                    | - € 750         |
| <b>Dit kost het</b>                                               | <b>€ 13.250</b> |

\*Gemiddeld bedrag. In de praktijk liggen de kosten tussen de € 6.500 en € 14.000.

Besparing op de energierekening:  
825 euro  
per jaar

# NL woningvoorraad naar bouwjaar

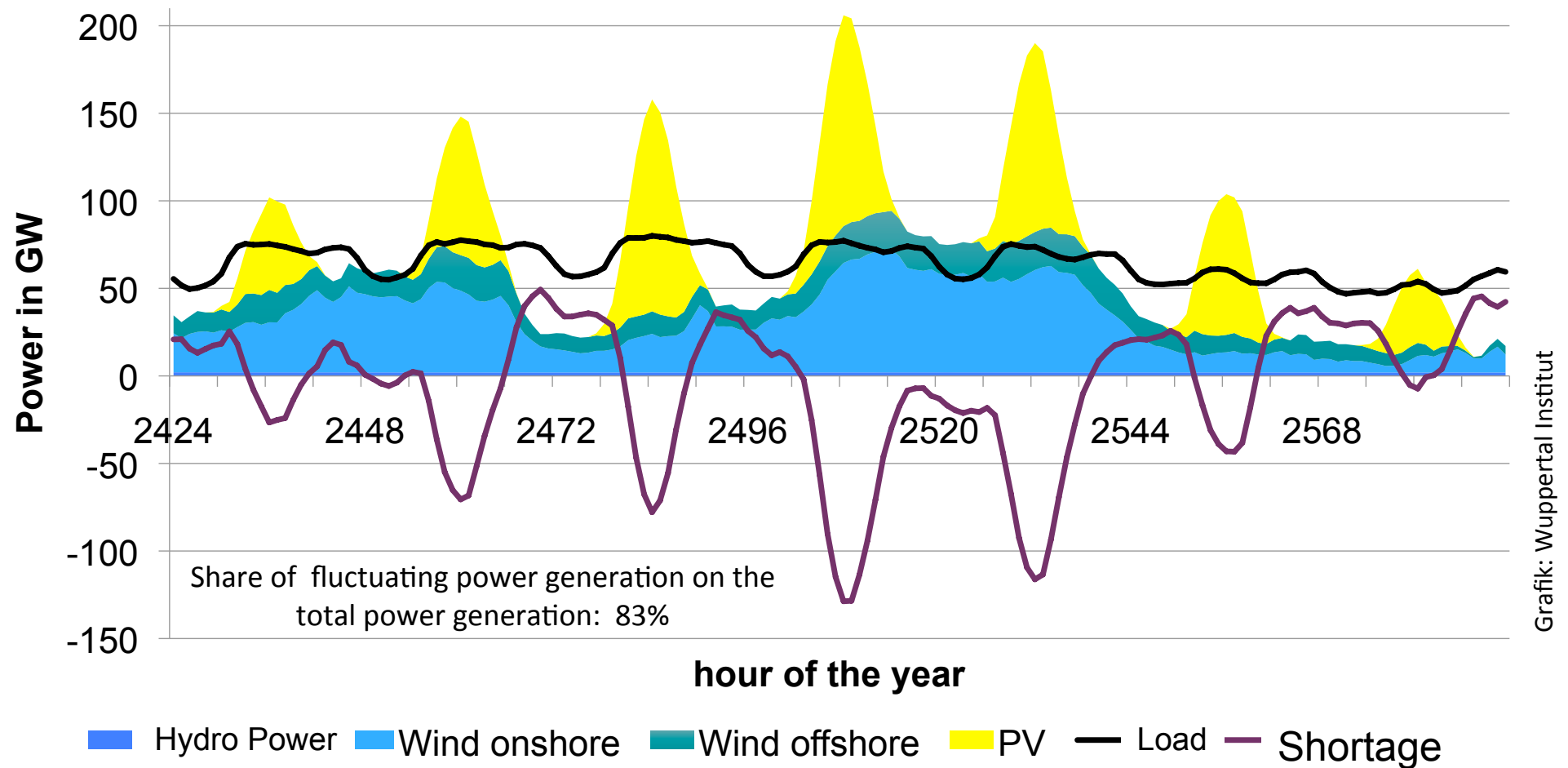


$$6.924.700 \times \text{€ } 31.550 + 663.100 \times \text{€ } 13.250 = \text{€ } 227 \text{ miljard}$$

# Gevolgen voor Nederland

- Gemiddeld verbruik per jaar:  $1500 \text{ m}^3$  gas = 15.000 kWh
- Warmtepomp (met COP=3): 5.000 kWh/jaar
- 7,7 miljoen huishoudens: 38,5 TWh/jaar
- Huidig NL per jaar: 120 TWh/jaar met 30 GW opgesteld vermogen
- 30% toename = 9 GW extra opgesteld vermogen = 9 nieuwe centrales/windparken (zie ook CEER rapport prof. Mulder, RUG)

# Renewables: German 2050 mid March electricity scenario

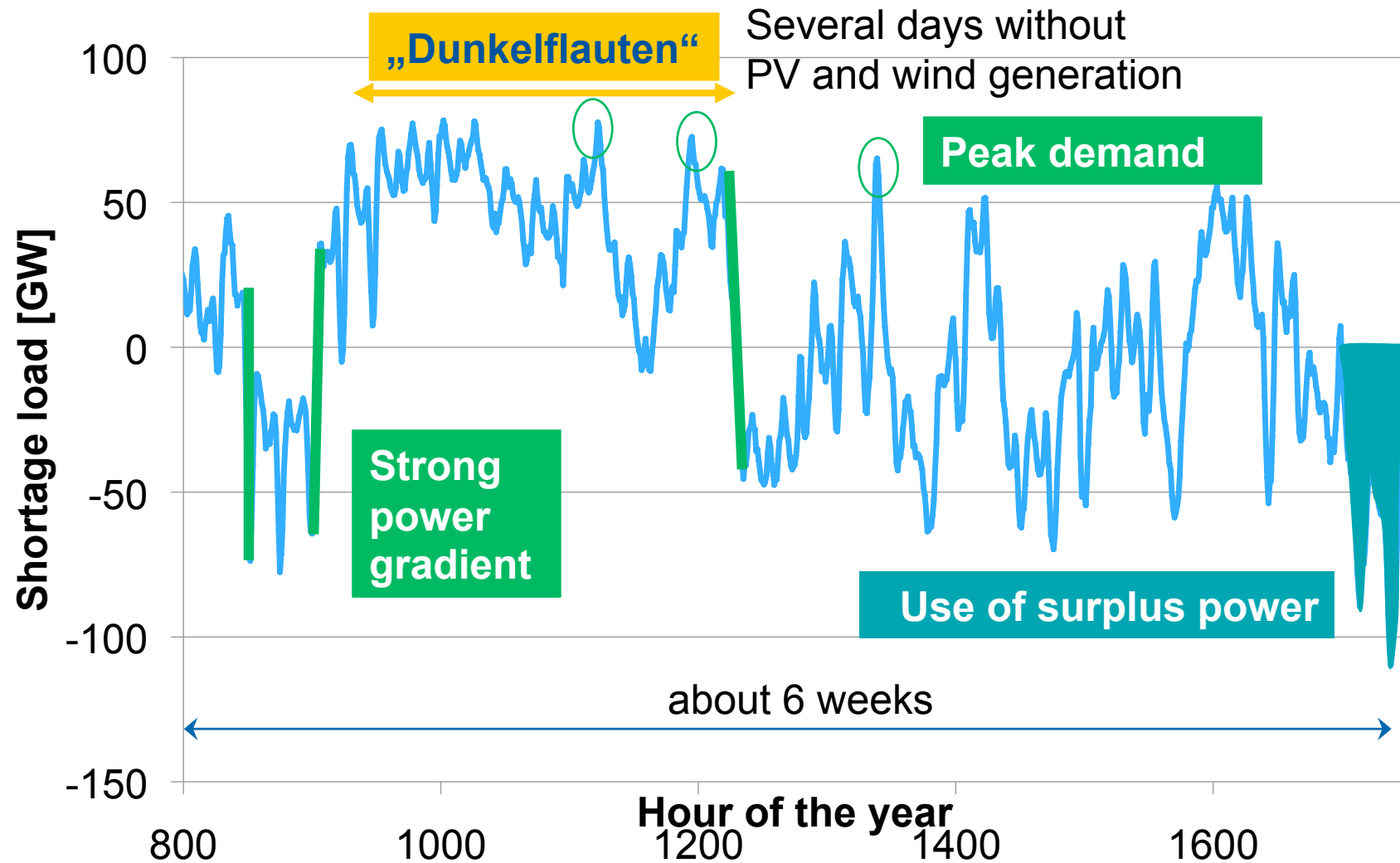


PV: 151 GW, Wind onshore: 82 GW, Wind offshore: 20 GW, Power consumption: 602 TWh/year

Grafik: Wuppertal Institut

# Future Energy Systems

## 3 main mid February challenges\*

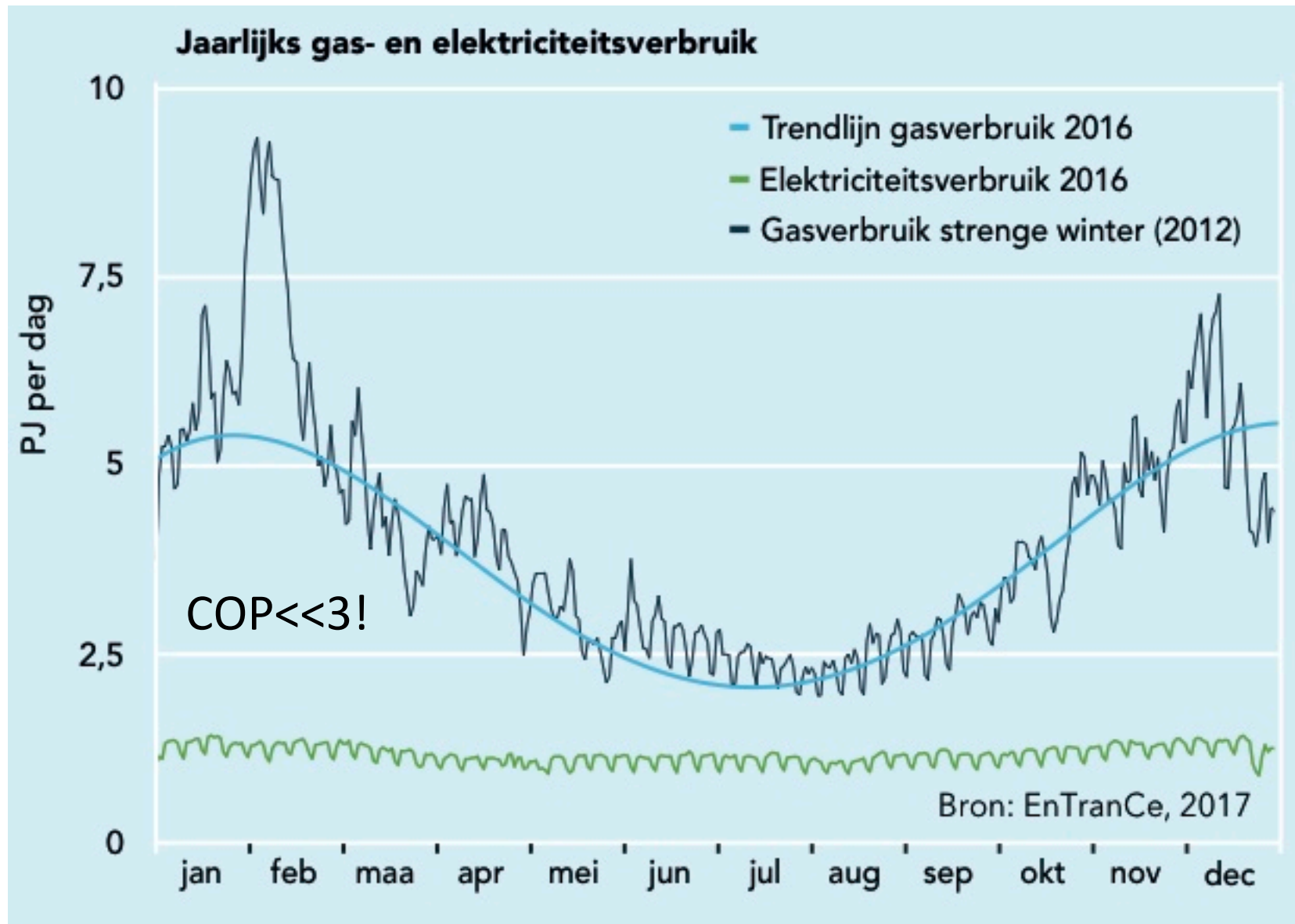


\*Besides other challenges

PV: 151 GW, Wind onshore: 82 GW, Wind offshore: 20 GW, Power consumption: 602 TWh/year, FEE-share: 83 %



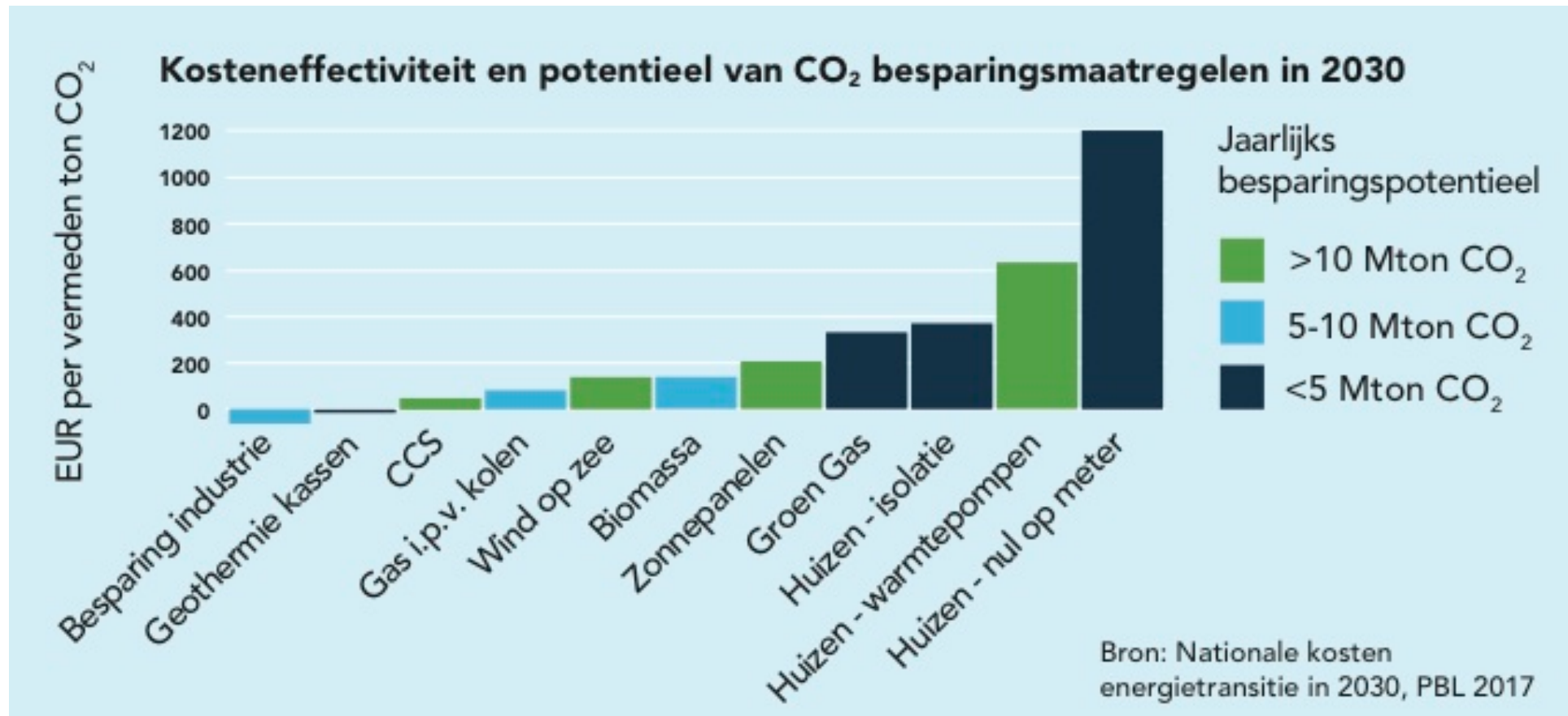
# Wind heeft geen 'aan/uit' knop



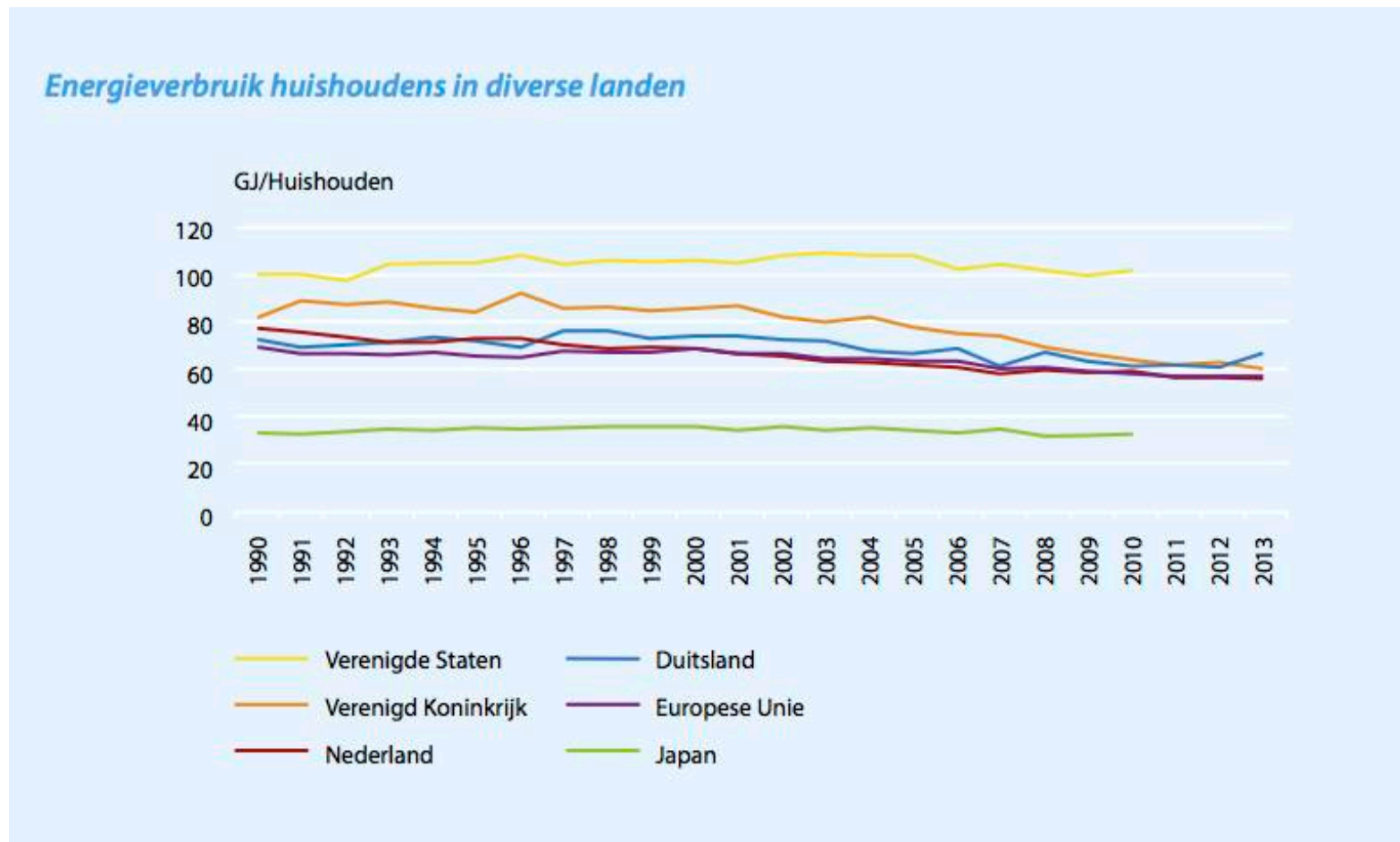
# Definities ontoereikend

- Een nul-op-de-meter (NOM) woning heeft op *jaarbasis* per saldo een *gemiddeld* totaal (gebouw+gebruikers) energieverbruik van nul.
- Bijna energieneutrale gebouwen (BENG): EPC (gebouwgebonden) van bijna 0
- Betekent in de praktijk veel PV panelen op het dak
- Blinde vlek voor energieopslag
- “Duurzaamheidspopulisme”

# Wat moeten we doen?

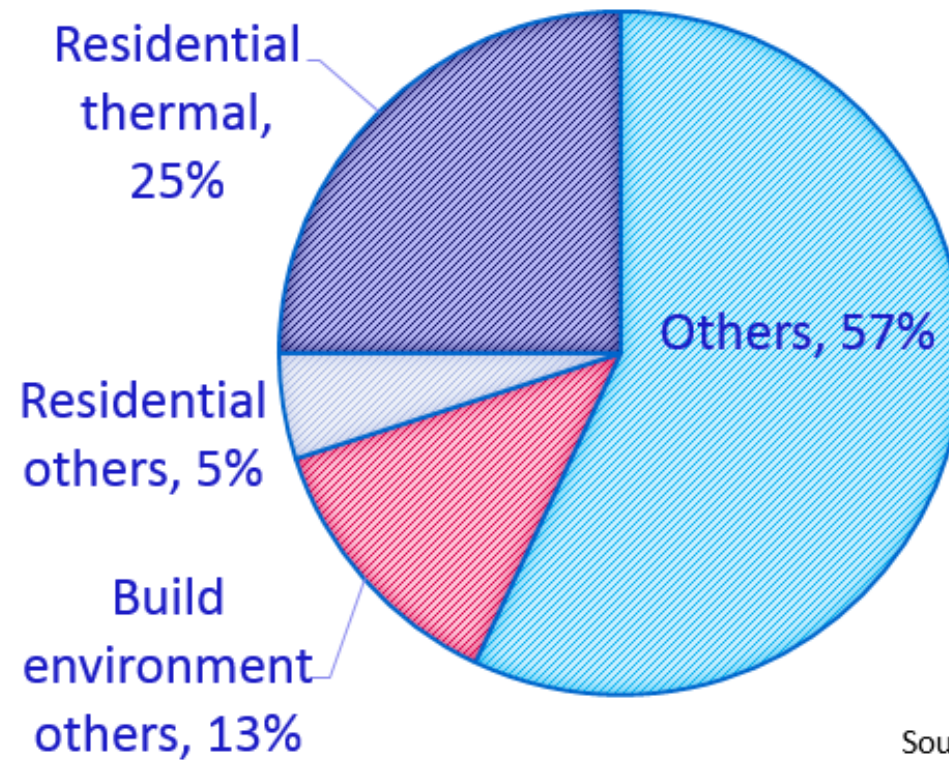


# Besparingspotentieel



Bron: ECN, Energie-Nederland, Netbeheer Nederland: "Energietrends 2016"

## TOTAL ENERGY CONSUMPTION

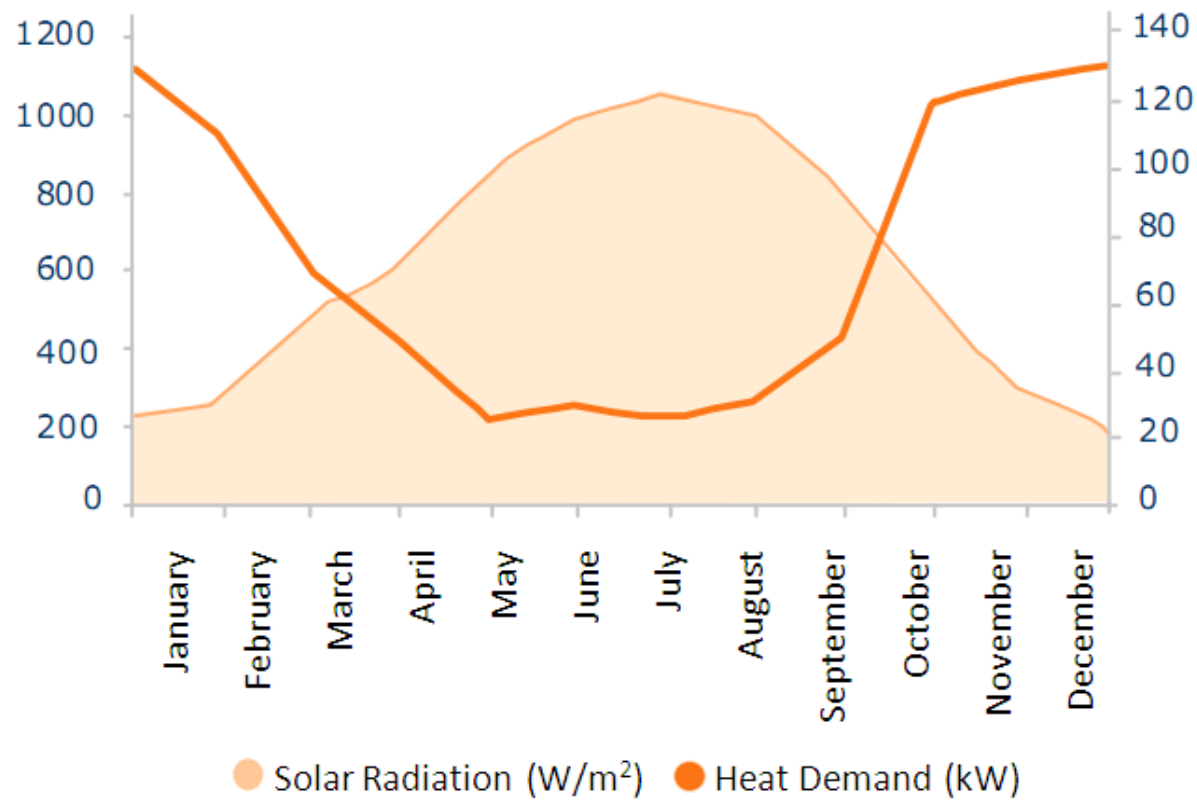


Source: IEA and Eurostat

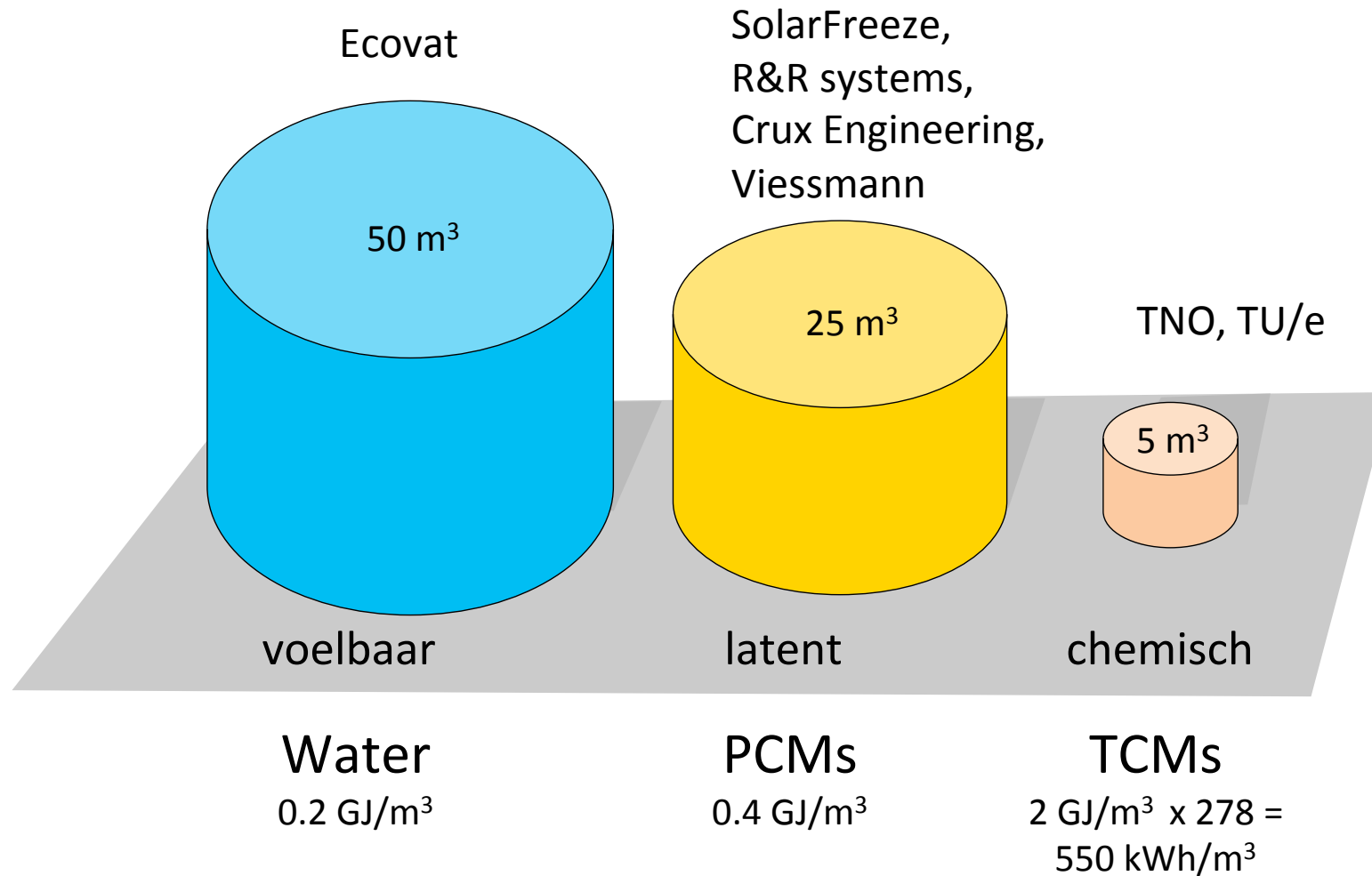
25% van alle energie wordt gebruikt voor het verwarmen van woonhuizen

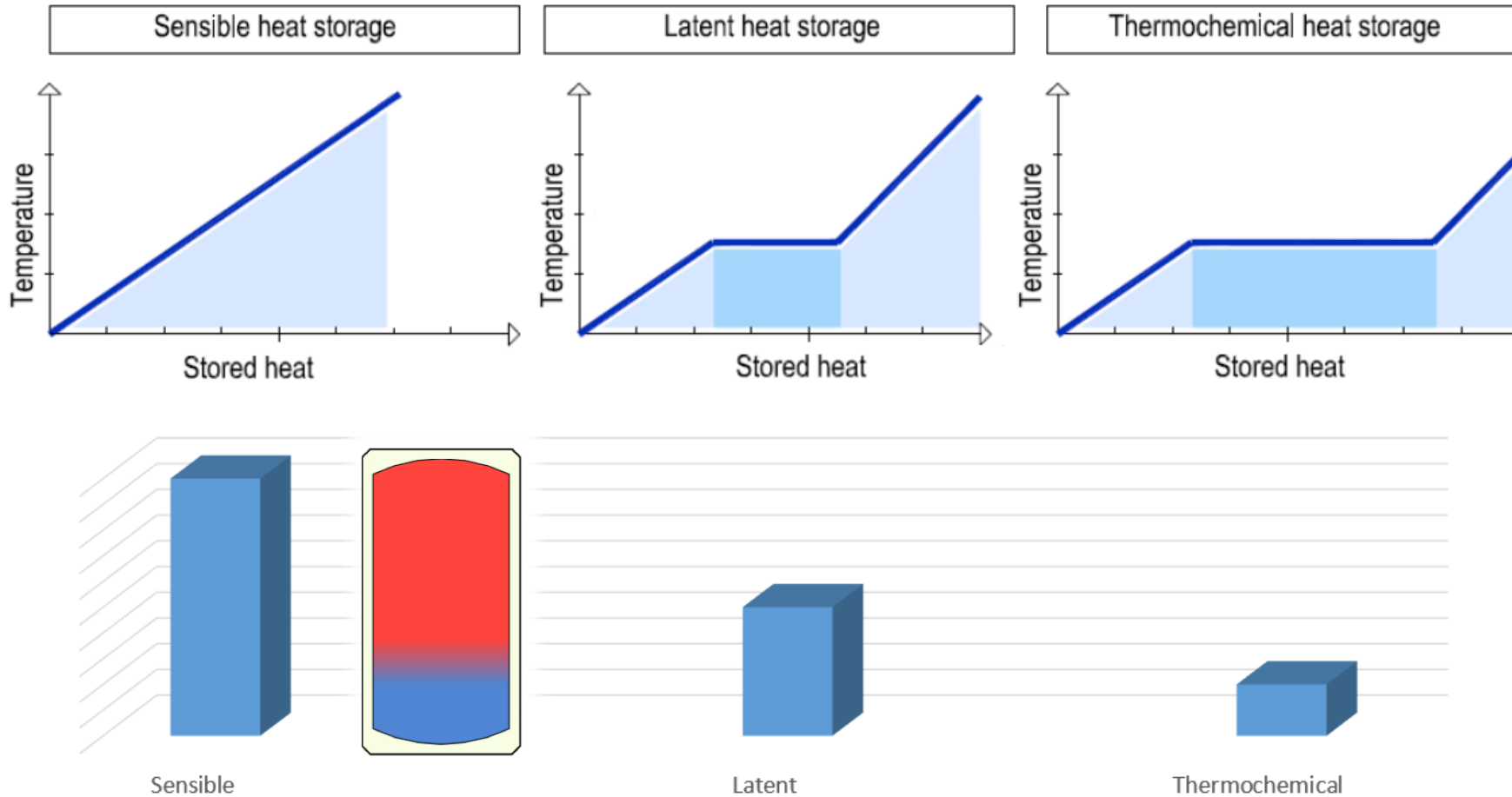


- Mismatch in demand and supply



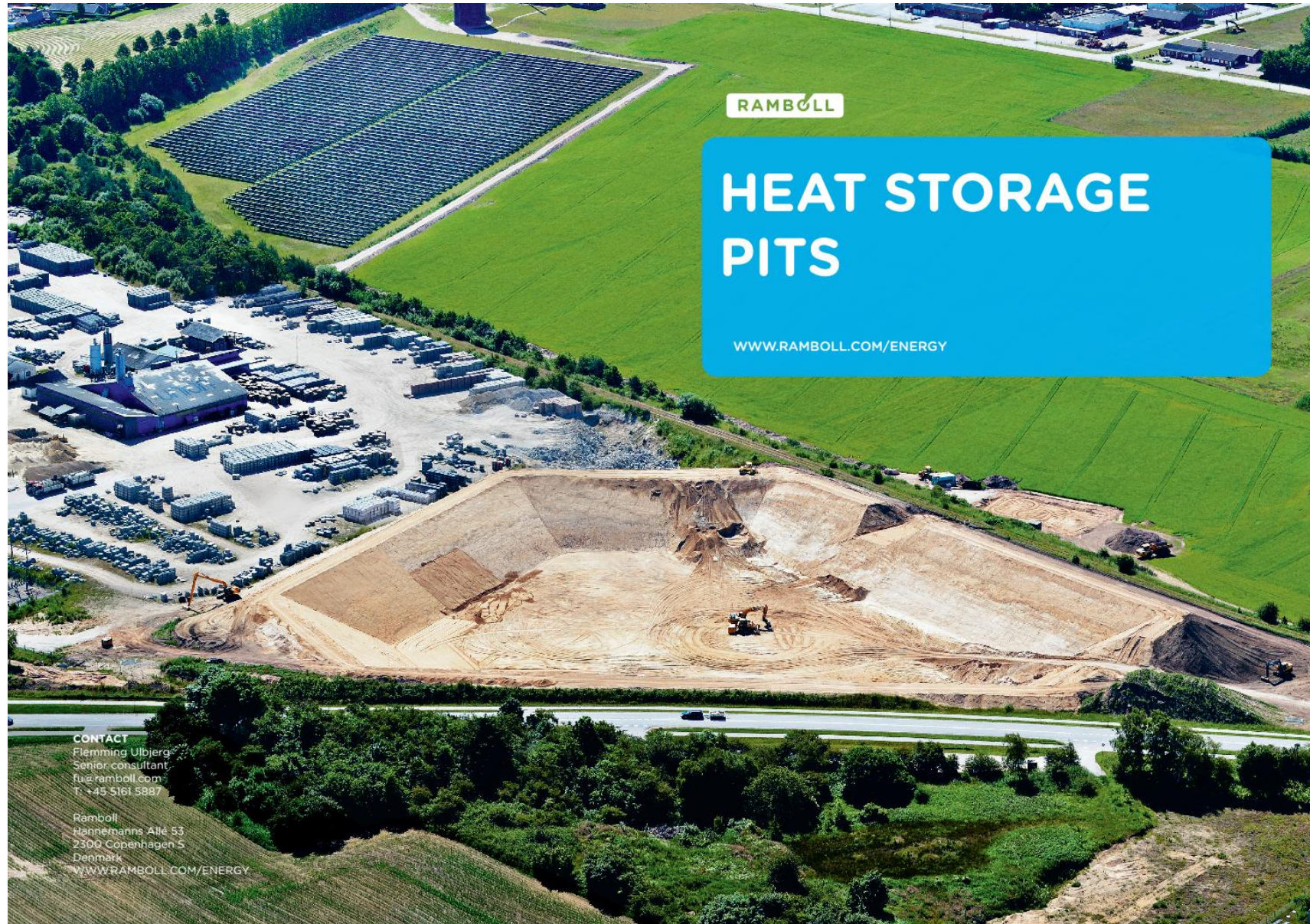
# Warmteopslag





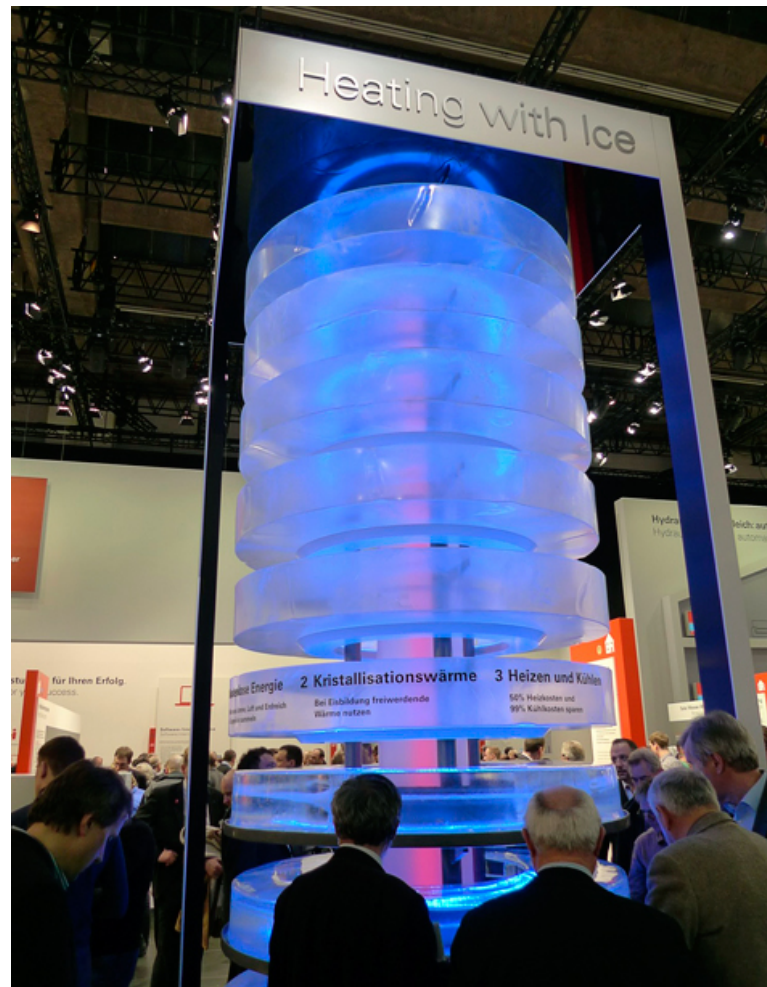


# Vojens (DK): 37 MW zonnecollectoren and 200.000 m<sup>3</sup> waterbassin



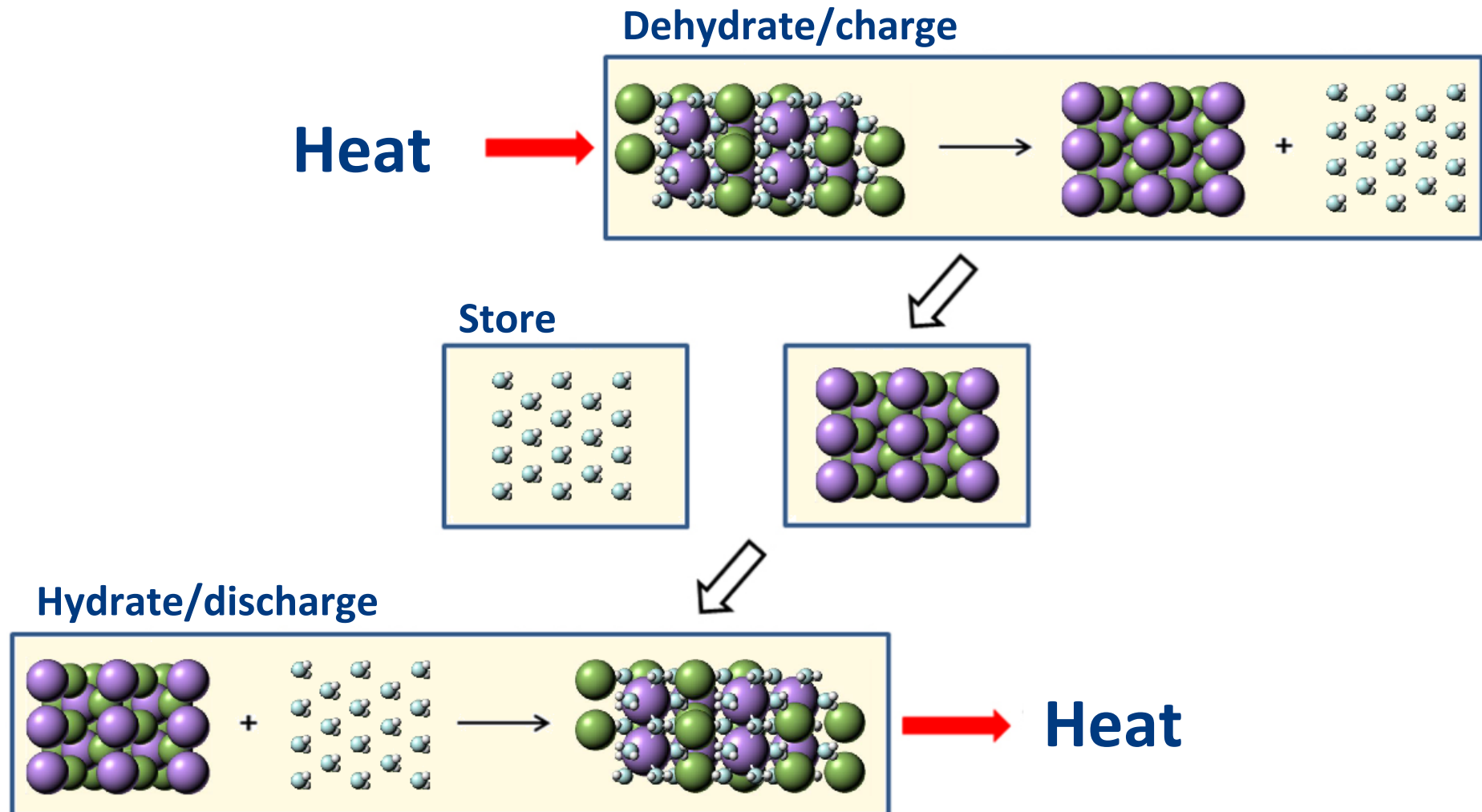


# Warmte-opslag in ijs





# Thermo-chemische warmteopslag: zouthydraten



# Zeolieten

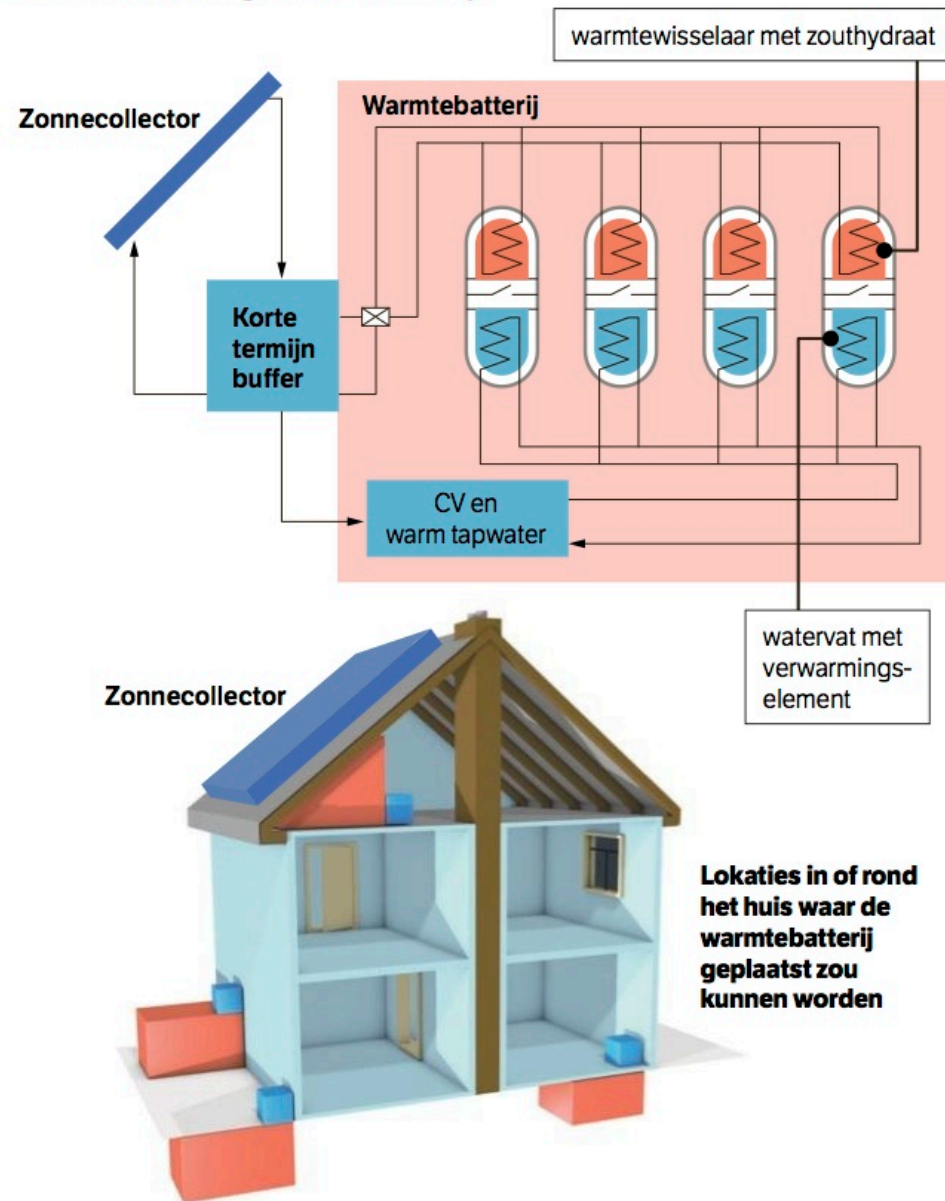


# Zeoliet 2 m3 reactor

Proefschrift M. Gaeini, 2017



### Schematische weergave warmtebatterij



## Warmtebatterij met zouthydraten



# Waterstofcentrale Eemshaven: “blauwe” waterstof





# Aardwarmte

## WAT IS GEOTHERMIE?

Geothermie (aardwarmte) is lokale duurzame warmte uit de ondergrond voor de verwarming van huizen, kassen en industrie. De temperatuur loopt op met de diepte: hoe dieper hoe warmer.

Het van nature aanwezige warme water wordt uit de bodem opgepompt. De warmte wordt eruit gehaald. Het afgekoelde water wordt teruggepompt in dezelfde aardlaag en warmt weer op.

### DUURZAAM EN BETROUWBAAR

#### 1) LOKAAL

Geothermie is in veel regio's beschikbaar. Geothermie draagt bij aan onze energie-onafhankelijkheid en een schoon milieu. Bedrijven wekken zo zelf warmte op en zijn daarmee onafhankelijker van de markt-prijzen.

#### 2) DUURZAAM

Nederland wil in 2050 een duurzame energievoorziening hebben. Om klimaatverandering te beperken, moet de CO<sub>2</sub>-uitstoot omlaag zoals afgesproken in Parijs. Geothermie leidt nauwelijks tot CO<sub>2</sub> of andere emissies. Geothermie is een schoon alternatief voor aardgas.

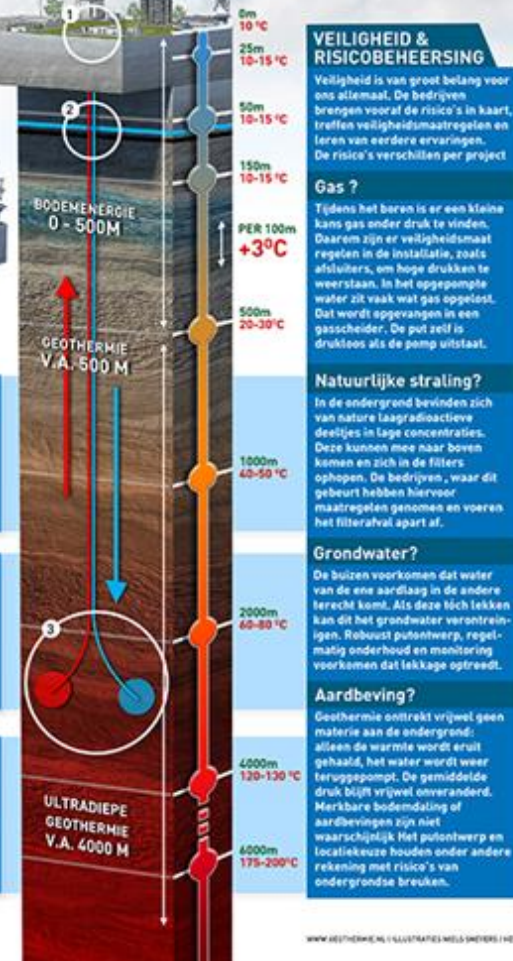
#### 3) BETROUWBAAR

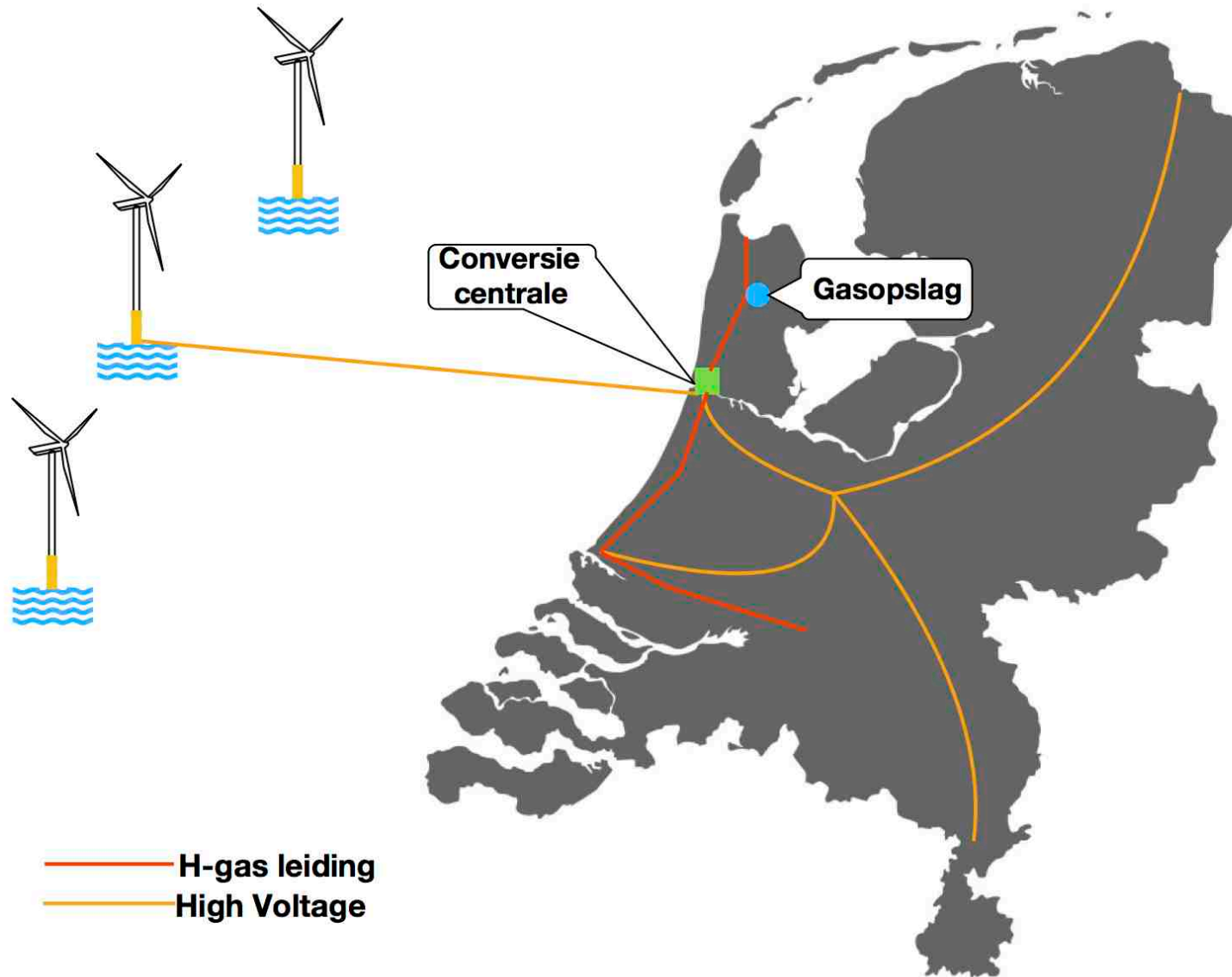
Geothermie is niet afhankelijk van weer, wind of seizoen. Geothermie is daardoor een voorspelbare en betrouwbare warmtebron.

#### 4) BETAALBAAR

Geothermie is een van de goedkopere alternatieve energiebronnen voor gas. Op dit moment kan geothermie nog niet zonder subsidie.

### GEbruikers VAN GEOTHERMIE





# Conclusie

Het klimaatbeleid is ambitieus, maar is het ook effectief? Volgens **Marco Visscher** moeten we doelgerichter zijn als we de CO<sub>2</sub>-uitstoot willen terugdringen.

## Tijd voor een koele blik op de energietransitie

Illustratie **Francesco Ciccofella**

A

ls journalist schreef ik al vroeg over het potentieel van duurzame energie. Dat begon twintig jaar geleden, ver voordat de term 'energietransitie' in zwang raakte. Ik schreef artikelen over de circulaire economie, klimaatvuluchtelingen en de invloed van vlees eten op de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Ook doe ik thuis het nodige aan de verduurzaming. Op ons dak liggen zonnepanelen, vlees eten we maar mondjesmaat, consuminderen is voor freelancejournalisten sowieso een must en we pakken vaker de bakfiets dan de auto.

Een bakfiets. Nou, dan weet u het wel. In de kringen waarin ik me begeef, wordt de energietransitie volop toegelicht. Daarom was het een tikkelje verdacht dat ik, in de zomer prattend over het boek over de energietransitie waaraan ik werkte, geen pasklaar antwoord had op de vraag wat ik zelf vond van de overgang van fossiele naar duurzame bronnen. Was ik dan niet verheugd dat na al die jaren het onderwerp eindelijk een prominent thema was geworden op de politieke agenda?

Inderdaad was het mooi om van dichtbij te zien dat de vraag niet langer was of energie uit zon en wind een rol zou spelen in de toekomst, maar hoe groot die rol zou zijn. Maar er was iets dat knaagde. Want ik bleef me maar afvragen: doen we het eigenlijk wel goed? Want in Nederland en daarbuiten is er de laatste jaren, ondanks eerdere beloften en subsidies, amper sprake van minder CO<sub>2</sub>-uitstoot. Het boek dat mijn denken over het

klimaatbeleid het meest heeft gevormd, gaat gek genoeg niet over klimaat. Het gaat ook niet over energie, milieu of duurzaamheid. Het is een boek over liefdadigheid. Ik las het bijna tien jaar geleden toen het uitkwam: *The life you can save*, geschreven door Peter Singer. Later werd het wat onbeholpen vertaald als *Het kun wel!*. Armoede heeft niet.

Singer is moraal filosoof. Wereldberoemd werd zijn ethisch vraagstuk over het meisje dat je ziet verdinken in een vijver: spring je in het water om haar te redden, ook al ruïneer je daarmee je mooie nieuwe schoenen? Zo ja, zijn we dan niet moreel verplicht om meer te geven aan liefdadigheid, zodat we daarmee de levens redden van arme mensen?

Gaandeweg zijn carrière stelde Singer meer filosofische vragen bij liefdadigheid. En zo moest hij uiteindelijk vaststellen dat we doorgaans niet erg resultaatgericht zijn als we geld geven aan goede doelen. Als een natuurramp ineens volop media-aandacht krijgt, trekken we massaal de portemonnee. Dat is prachtig, maar we hebben nauwelijks oog voor structurele oplossingen voor armoede. De meesten van ons geven vooral geld aan de lokale kerk of de sponsorloop van buurtkinderen om het schoolplein op te knappen, terwijl we met die grijpstuivers veel meer kunnen betekenen in een arm land als Malawi. En als we al over de grens kijken, wordt ons geëldgedrag meer bepaald door folders met verterende foto's van kinderen of bedrègde diersoorten dan door een koele kosten-batenanalyse om uit te zoeken hoe we met onze donaties zo veel mogelijk levens kunnen redden.

**M**et zijn boek *droeg Singer* sterk bij aan de opkomst van een beweging van zogeheten 'effectieve altruïsten'. Zij proberen maximaal bij te dragen aan een betere wereld en nemen liefdadigheid serieus. Ze slaan de jaarrapporten en de instellingen erop na om zeker te zijn dat er niet te veel aan de strijdstok blijft hangen, maar ook dat er echt resultaat

**Politieke besluiten rondom het klimaat moeten wel zichtbaar zijn, zo lijkt het, en het liefst aalbaar, net als onze liefdadigheid**

wordt geboekt. Effectieve altruïsten willen simpelweg dat hun euro's de grootste positieve impact hebben. Het zijn filantropen met een warm hart, een open geest en gezond verstand.

Concreet nu. Wanneer u geld doneert zodat kinderen in afgelegen gebieden in Afrika worden gevaccineerd, heeft u voor meer mensenlevens een positieve impact dan wanneer dankzij u een clown jonge patiënten in een ziekenhuis in Utrecht laat lachen. Dat laatste is ook nuttig en het is zeker ontroerender om een stralend kindergezicht in een ziekenhuisbed te zien dan dat akelige geprik bij onzekere, huilende kindjes. Een effectief altruïst zal toch kiezen voor de vaccinaties.

**W**at heeft effectief altruïsme nu te maken met het klimaatbeleid? Op het eerste gezicht niet zo veel.

Maar nu ik me heb verdiept in de hele energietransitie zie ik dat de opstellers van het klimaatbeleid dezelfde fouten dreigen te maken als wij wanneer we iets goeds willen doen voor onze medemens. Het gaat vooral om maatregelen die goed zichtbaar zijn, die een prettig gevoel geven en die boven alle de indruk wekken dat we goed bezig zijn.

Want als effectiviteit voorop zou staan, lag er in de klimaatplannen niet zo'n zware nadruk op energie uit zon en wind. Ik dacht altijd dat we prima van fossiele naar duurzame bronnen konden zolang we maar genoeg windmolens en zonnepanelen zouden installeren. Maar er is nog helemaal geen manier om die stroom langdurig op te slaan zodra het niet waait of de zon niet schijnt. Zonder zicht op een gedegen opslag van stroom, in batterijen of waterstof, of een smart grid waarbij vraag en aanbod slim worden afgestemd, geven al die windmolens en zonnepanelen vooral onvoorspelbare stroom. Er wordt zonder meer hard aan gewerkt, maar volgens experts is de weg nog heel, heel lang om te komen tot een praktische, betaalbare oplossing.

Daar wordt evenwel niet op gewacht. Aan het Binnenhof is al besloten om binnen een generatie onze gaskraan dicht te draaien, 's lands enige kern-

centrale te sluiten en om in de kolen-centrales alleen nog maar biomassa te verstoken (waarbij, voor de goede orde, CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten). Samen met aardwarmte moeten zon, wind en biomassa zorgen voor 'een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening in 2050'. Met al die dappere besluiten en klooe ambities hebben we echter nog geen energietransitie, maar vooral een extra opgave bij het zoeken naar manieren om ons land van elektriciteit te voorzien.

Voor de groene politici die het klimaatbeleid vormgeven, lijken de obstakels op dit traject niet zo relevant. Windmolens en zonnepanelen zijn nu eenmaal geliefd. Uit een studie van I&O Research naar draagvlak van windenergie bleek dat 84 procent van de ondervraagden vóór is. Geplaatst in vredige akkers of op een kalme zee zijn windmolens de uithangborden van de energietransitie geworden. Politieke besluiten rondom het klimaat moeten namelijk wel zichtbaar zijn, zo lijkt het, en het liefst aalbaar, net als onze liefdadigheid.

Heel wat minder fotogeniek is de kernreactor, onmisbaar volgens de laatste rapporten van het IPCC, het klimaatpanel van de Verenigde Naties, om de mondiale opwarming binnen de perken te houden in een wereld die steeds meer energie verbruikt. Maar ja, zo'n enge kernreactor is geen knuffelkeus van politici. Toen VVD-leider Dijkhoff deze week een lans brak voor een nucleaire revival, rakelden D66 en ChristenUnie meteen zorgen over kernafval en een ongeval op.

**D**e grote winst op het gebied van CO<sub>2</sub>-besparing valt te halen bij de grote verbruikers in de industrie, maar die wordt nog te veel ontzien. Daarom worden wij, burgers en consumenten, aangepakt. In onze woningen moet van alles overhoop, zodat we elektrisch koken en allemaal aan de warmtepomp gaan. En we moeten elektrisch rijden, ook al is de stroom die in de schepvaart en de kerrosing in de luchtvaart veel schadelijker dan de inhoud van de benzinetanks van alle personeauto's bij elkaar.

Ons klimaatbeleid kan zoveel rationeler en effectiever

P2

