

Energie en duurzaamheid

Prof.dr.ir. Han Slootweg
Hoogleraar Smart Grids, TU Eindhoven
Manager Innovatie Enexis B.V.



Where innovation starts

Agenda

- **Introductie Electrical Energy Systems TU/e**
- **Energie**
- **Energievoorziening**
- **Energietransitie**
- **Consequenties energietransitie**
 - **Maatschappelijk**
 - **Planologisch**
 - **Stedebouwkundig**
- **Toekomstperspectief**

Electrical Energy Systems group (EES)

Mission:

- Generation of knowledge to support the supply and **efficient use** of **electrical energy** for a **sustainable society**

Sub-programs:

- **Intelligent Power Grids and their Components**
Active distribution networks, residential energy systems, demand response, power quality issues, monitoring
- **Pulsed Power Technology**
Tuned processes, catalytic reactions, biomedical appliances
- **Disturbance Free Design (EMC)**
Systematic analyses of complex systems, sensor development

Electrical Energy Systems Group (EES)

People involved in education and research

- 16 full, associate and assistant professors
- 6 technical staff
- 24 PhDs and postdocs
- 5 guests
- More than 25 master students (EE and SET)

Agenda

- **Introductie Electrical Energy Systems TU/e**
- **Energie**
- **Energievoorziening**
- **Energietransitie**
- **Consequenties energietransitie**
 - **Maatschappelijk**
 - **Planologisch**
 - **Stedebouwkundig**
- **Toekomstperspectief**

Wat is energie?

- Het woord **energie** is afkomstig van het Griekse **ἐνέργεια** (activiteit, werk) en **ἐνεργός** (actief, werkzaam, energiek)
- Energie is een maat voor de **hoeveelheid arbeid** (*W, work*) die een **kracht** (*F, force*) kan verrichten
- Energie bestaat in een veelheid aan vormen:
 - elektrisch
 - chemisch
 - thermisch
 - mechanisch
 - zwaarte
 - nucleair
 - accoustisch



Eigenschappen van energie

- Energie is onderworpen aan de **Wet van Behoud van Energie**: “Energie komt altijd ergens vandaan en verdwijnt nooit”
- Energievormen kunnen in elkaar worden **omgezet**
- Energie kan worden **opgeslagen** en **overgedragen**
- Voor energieoverdracht kan een **energiedrager** worden toegepast
- Bekende **energiedragers** zijn elektriciteit, heet water/stoom en waterstof
- **Energievoorziening** = energieconversie/-omzetting

Energie



Agenda

- **Introductie Electrical Energy Systems TU/e**
- **Energie**
- **Energievoorziening**
- **Energietransitie**
- **Consequenties energietransitie**
 - **Maatschappelijk**
 - **Planologisch**
 - **Stedebouwkundig**
- **Toekomstperspectief**

De slagader van de maatschappij

Downtown Manhattan op 27 oktober 2012 (voor orkaan Sandy) en op 29 oktober 2012 (na orkaan Sandy).



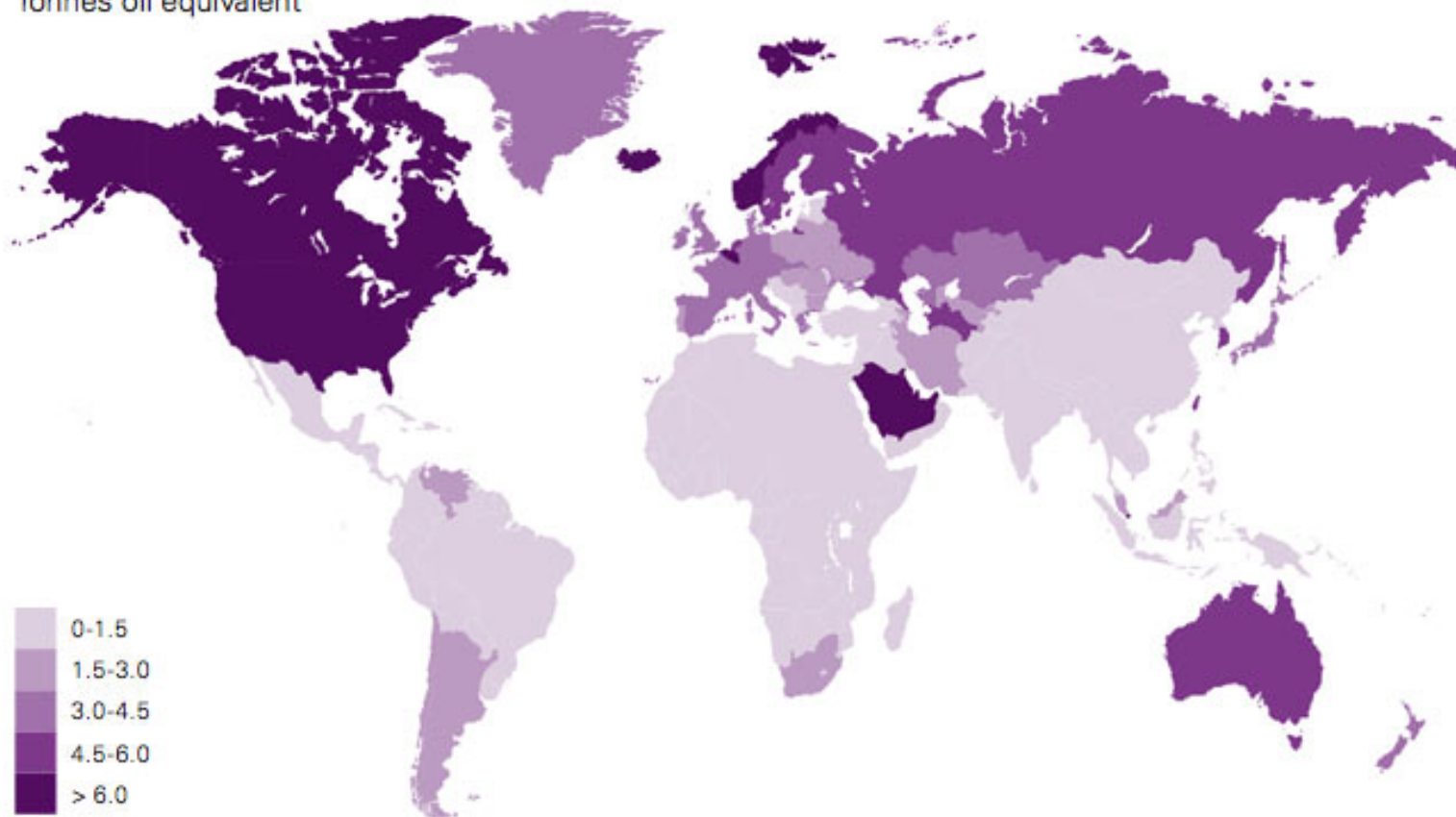
Meer dan 750.000 Amerikanen waren na Sandy langdurig verstoken van elektriciteit.

Energievoorziening

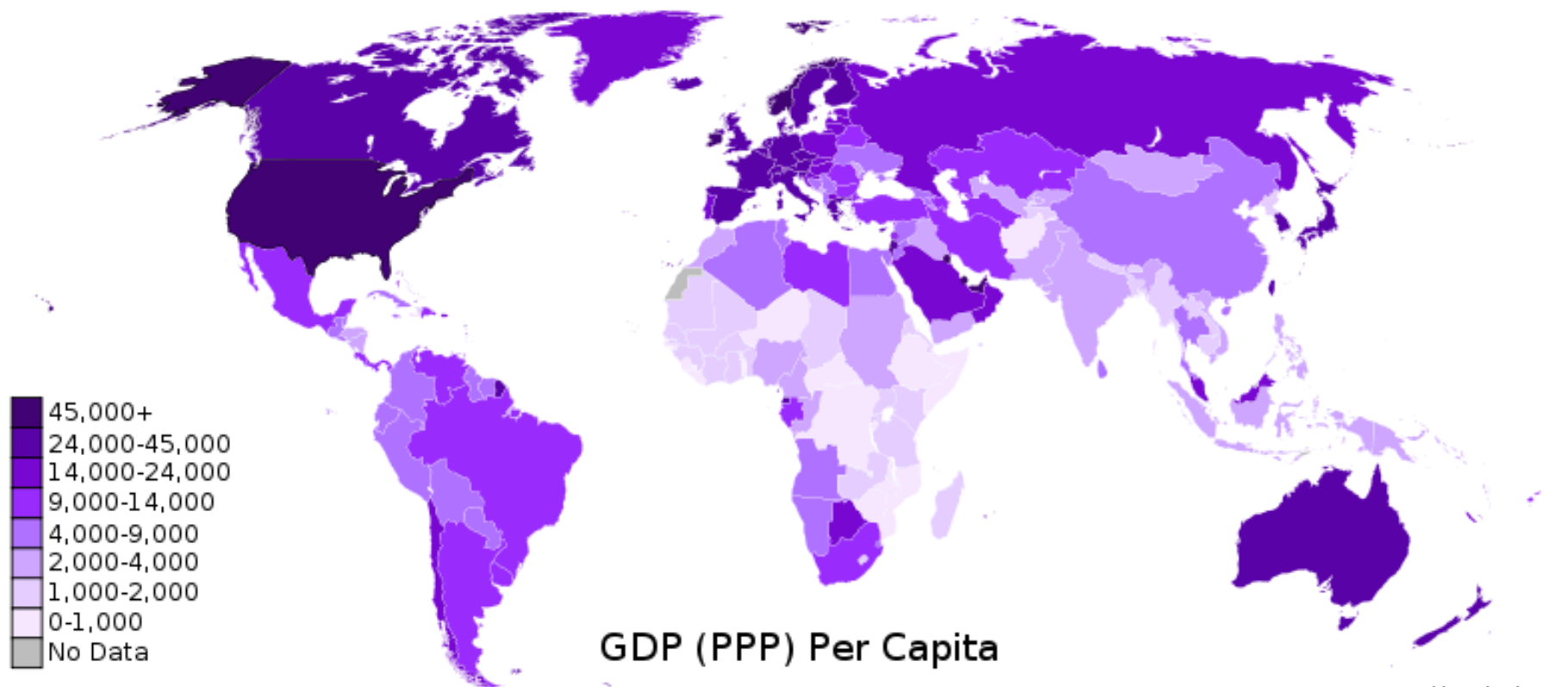
- **Wet van behoud van energie:** “Energie komt altijd ergens vandaan en ontstaat niet vanzelf”
- Energie wordt **gewonnen** uit energiebronnen (zon, wind, olie, kolen, gas, kernsplijting, ...)
- Voor transport kan evt. gebruik worden gemaakt van een **energiedrager** (elektriciteit, waterstof, heet water of stoom, ...)
- **Fossiele brandstoffen** vormen onze belangrijkste energiebron
- Energie is een **middel**; **toepassing/verbruik** van energie is het uiteindelijke **doel**, bijv. ruimteverwarming, mobiliteit, productie van goederen, verlichting, ICT, etc.

Energieverbruik wereldwijd

Consumption per capita 2006
Tonnes oil equivalent

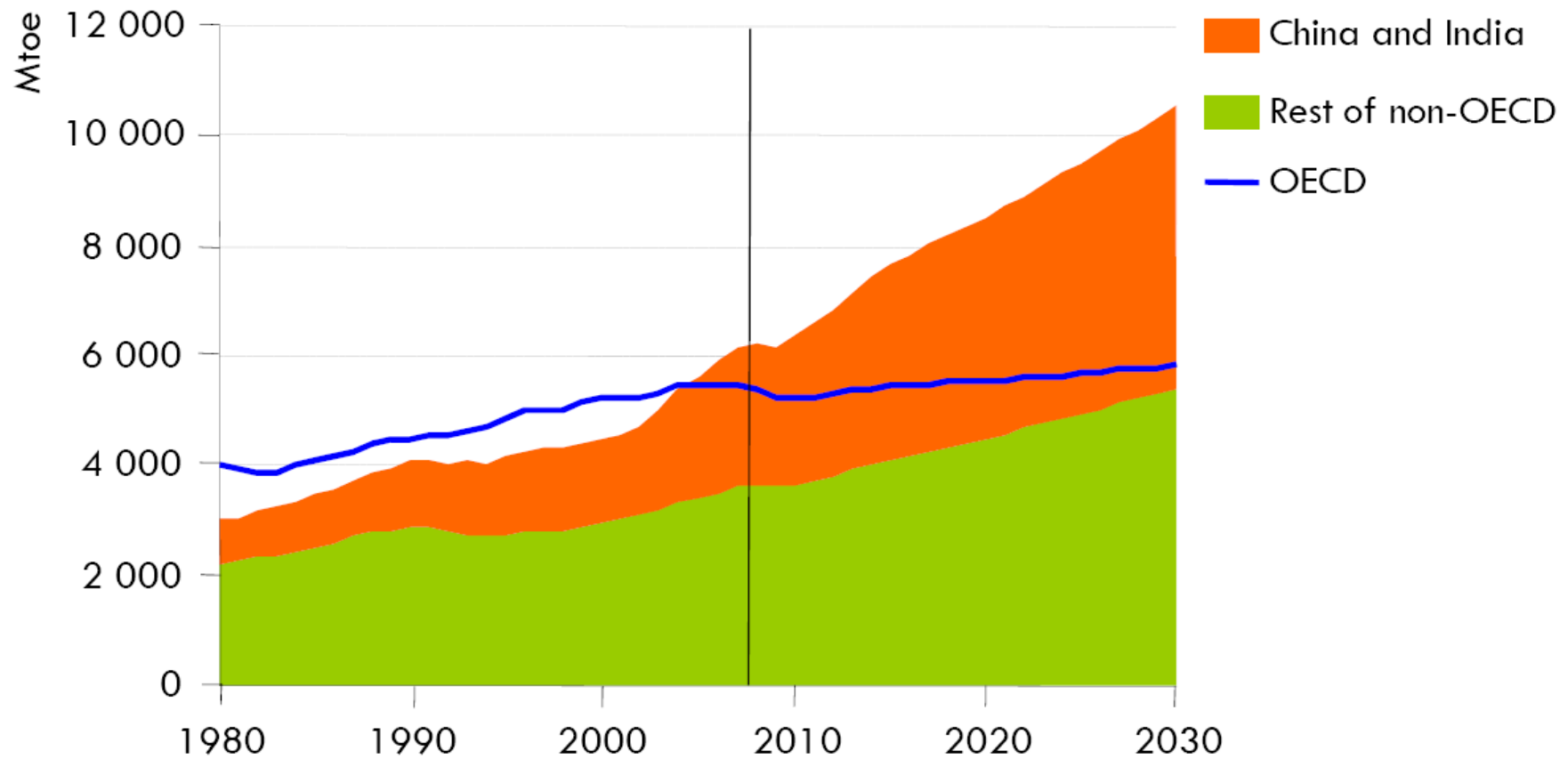


Economie/welvaart wereldwijd

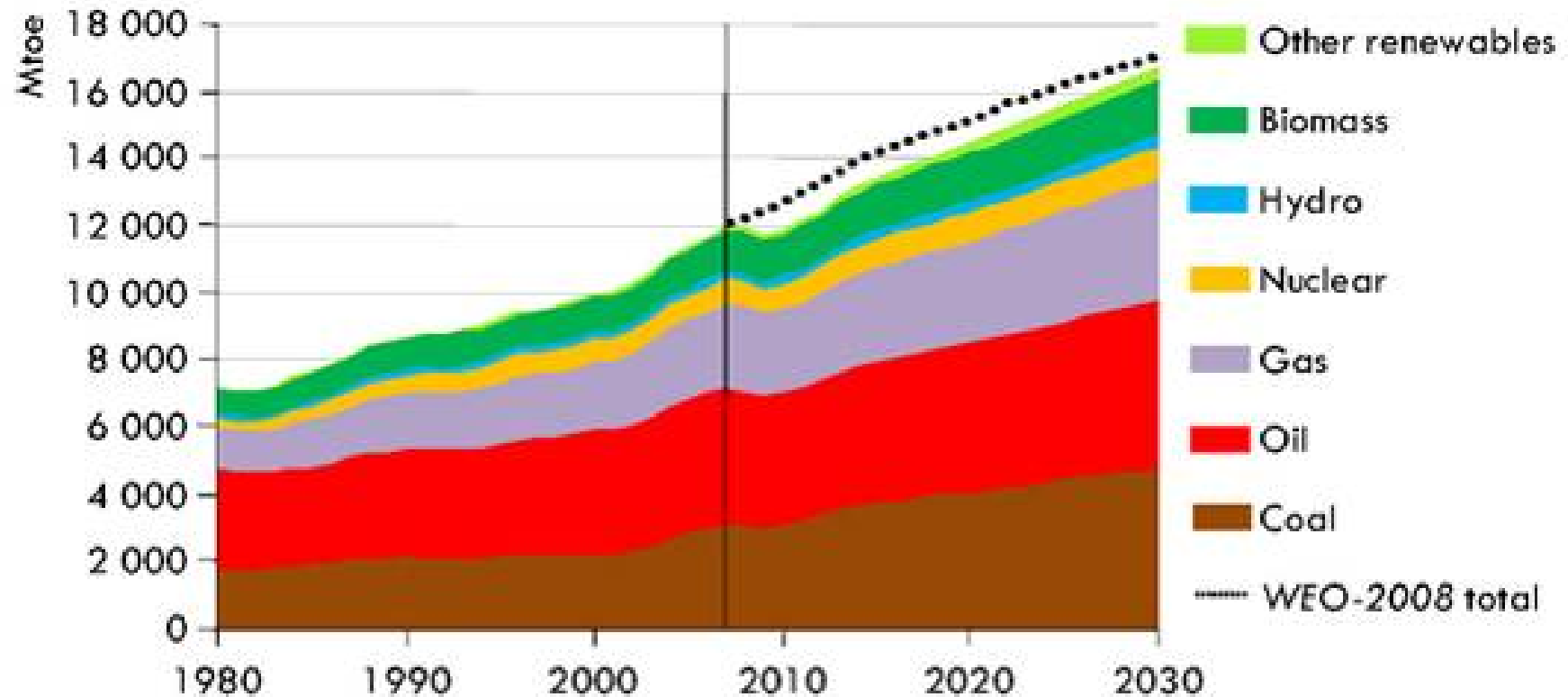


Source: CIA World Factbook 2008

Energievraag wereldwijd



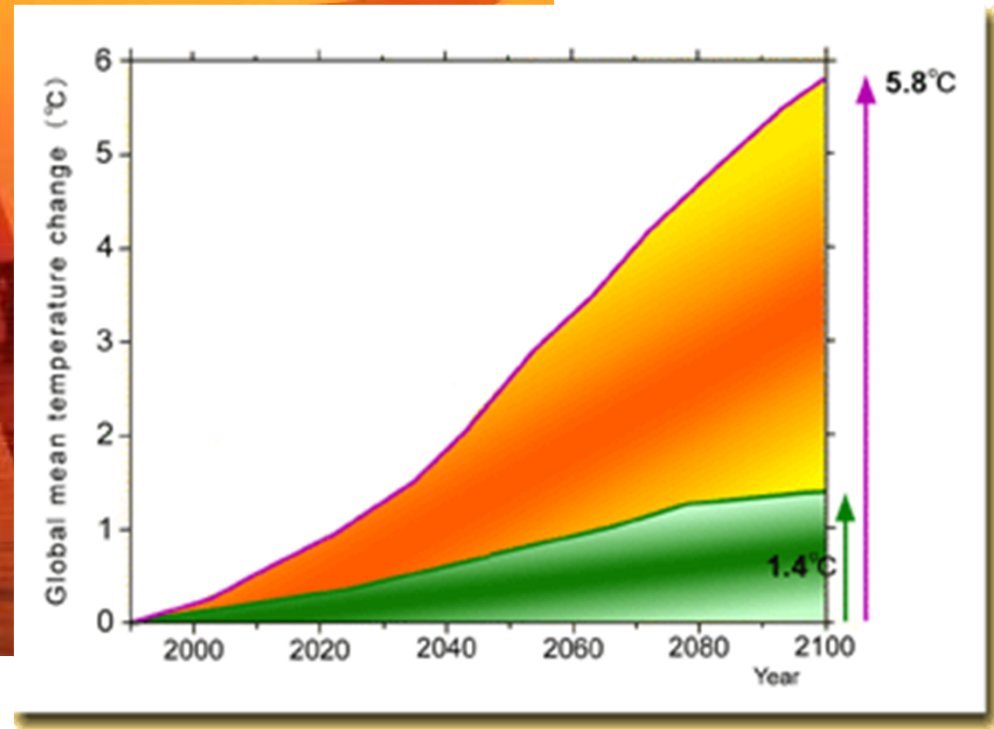
Conventionele energieproductie...



...heeft serieuze nadelen...

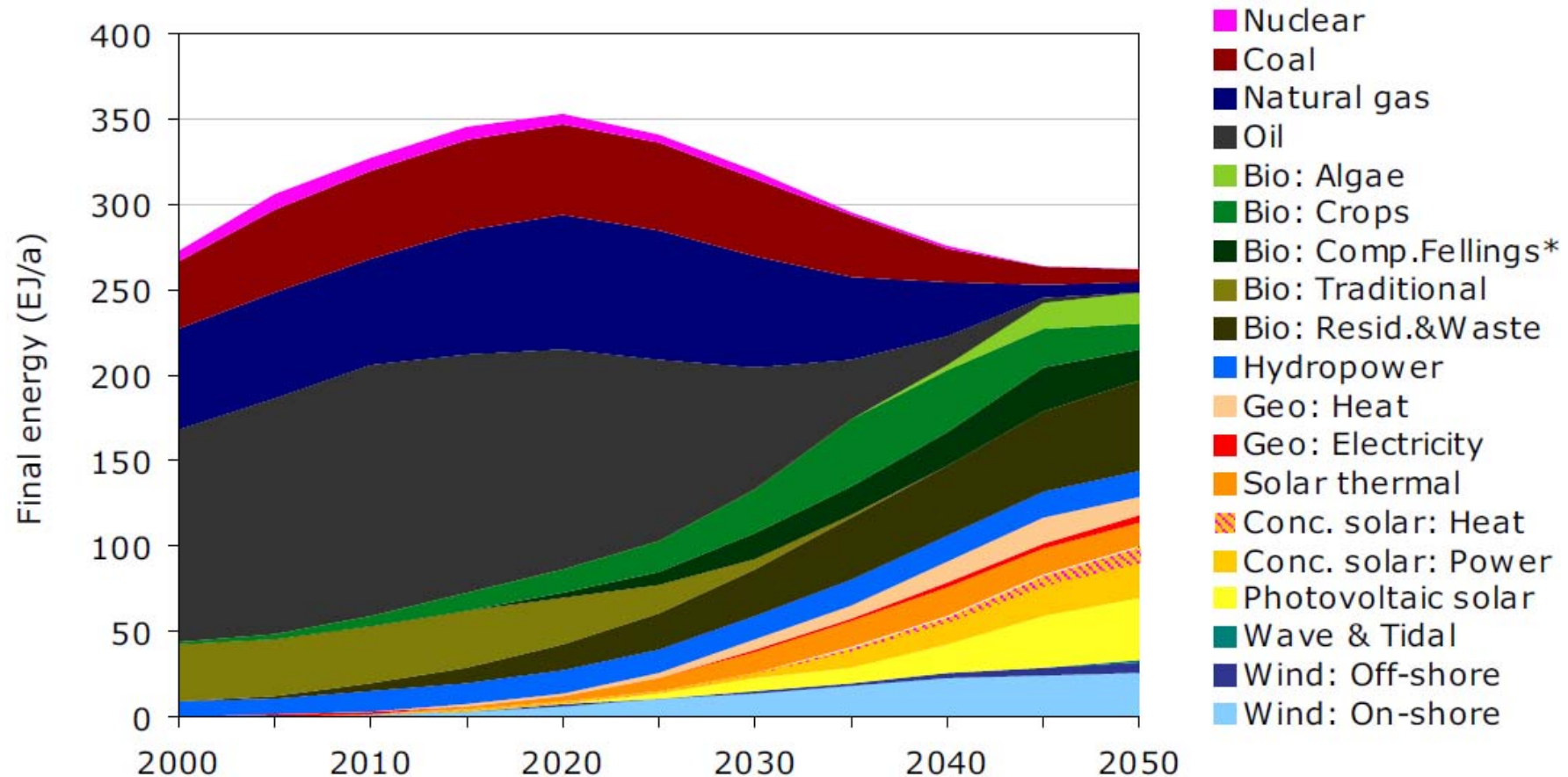


Het wordt duurder...



en warmer!

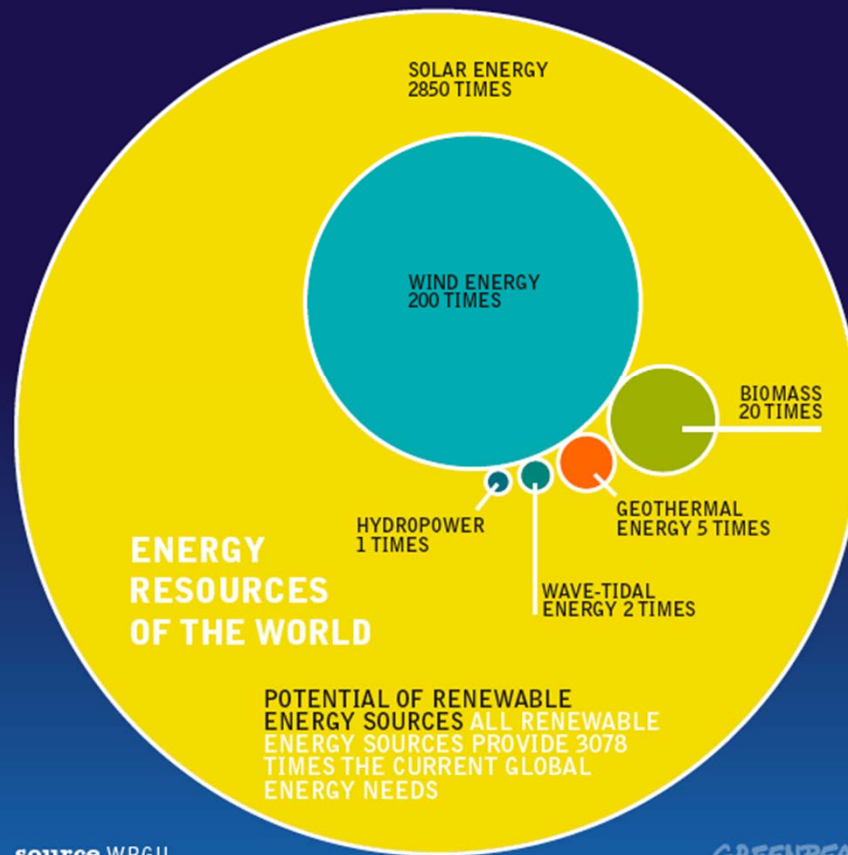
...is duurzaam de oplossing!/?



Bron: WNF, december 2011

Energieprobleem = energieomzettingsprobleem

figure 9: energy resources of the world

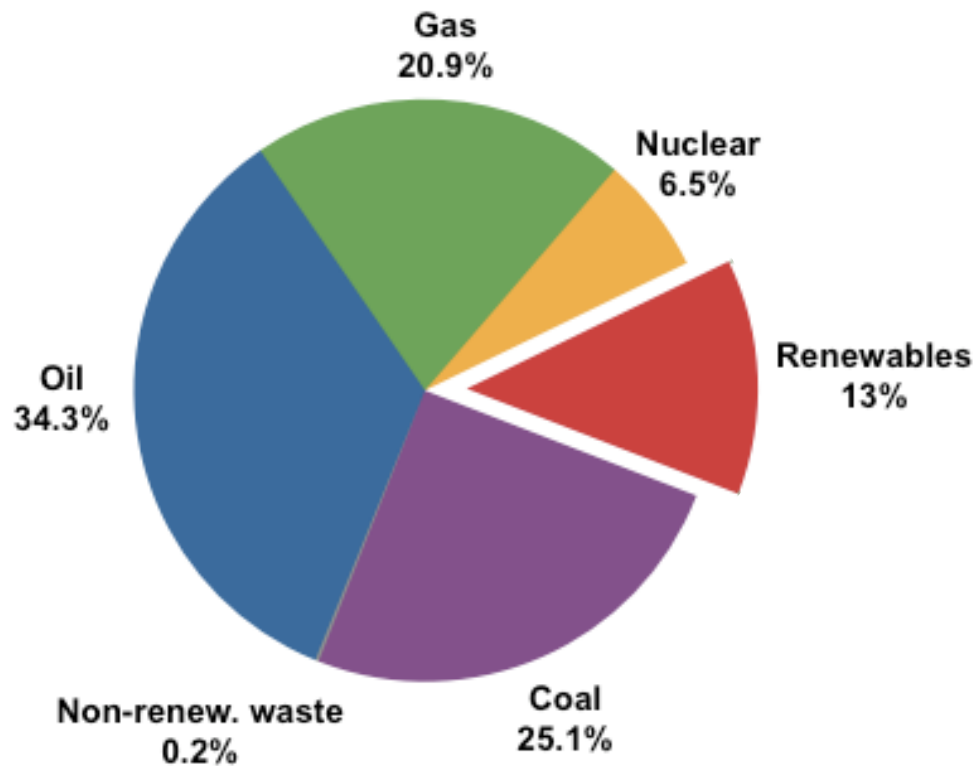


GREENPEACE

TU/e

Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

Er is nog een lange weg te gaan...



Bron: www.postpeakliving.com/files/siteimages/FuelShare.png

Agenda

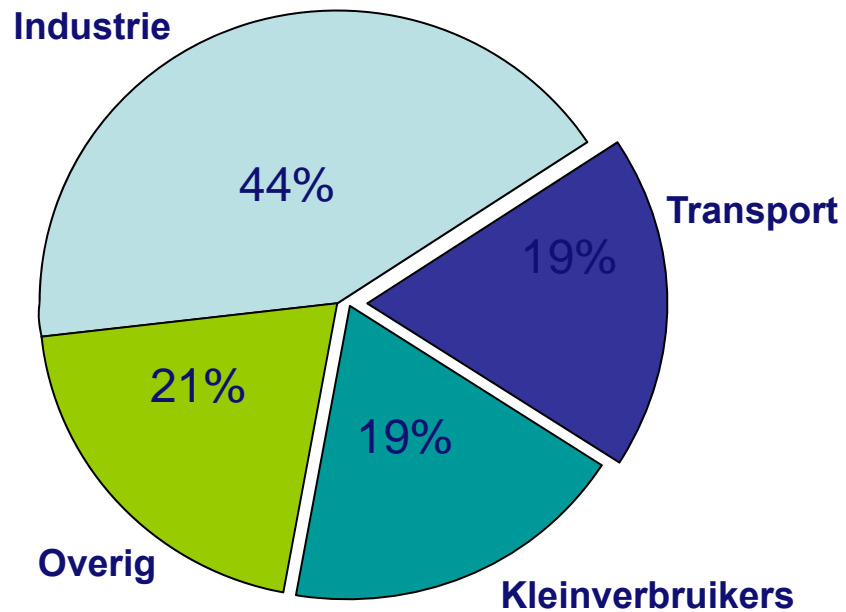
- **Introductie Electrical Energy Systems TU/e**
- **Energie**
- **Energievoorziening**
- **Energietransitie**
- **Consequenties energietransitie**
 - **Maatschappelijk**
 - **Planologisch**
 - **Stedebouwkundig**
- **Toekomstperspectief**

Op weg naar een duurzame(r) energievoorziening

- De **energietransitie** is de overgang van een energievoorziening gebaseerd op fossiele brandstoffen naar een **duurzame(r)** energievoorziening
- De **pijlers** van de energietransitie:
 - Zoveel mogelijk **duurzame** energieproductie uit **hernieuwbare bronnen**
 - Energiebesparing door **efficiency te verhogen** en **verliezen te beperken**

Energieverbruik in NL

Totaal energieverbruik



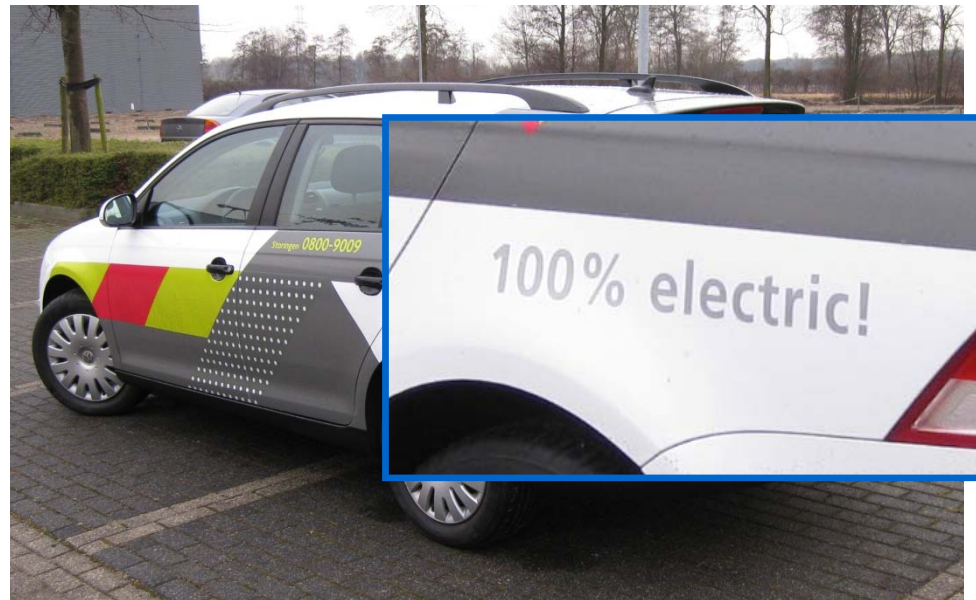
Huishoudelijk verbruik

- Elektriciteit	10%
	3.200 kWh
- Gas	48%
	15.000 kWh (1500 m ³ gas)
- Transport	42%
	13.000 kWh (1500 liter)

De consequenties van de energietransitie in vogelvlucht

- **Groeiende rol van elektriciteit als energiedrager**
 - Veel technologieën voor hernieuwbare energieproductie wekken elektriciteit op
 - Veel technologieën voor energiebesparing leiden tot verschuiving naar elektriciteit als energiedrager
- **Schaalverkleining elektriciteitsproductie**
 - Nuttig gebruiken (rest)warmte die vrijkomt bij thermische elektriciteitsproductie (is moeilijk te transporteren)
 - Lage energiedichtheid van duurzame/hernieuwbare energiebronnen
- **Afnemende stuurbaarheid van de energieproductie**
- **(Meer) flexibiliteit aan de verbruikskant**
 - Elektrificatie van minder tijdkritische, flexibelere energietoepassingen

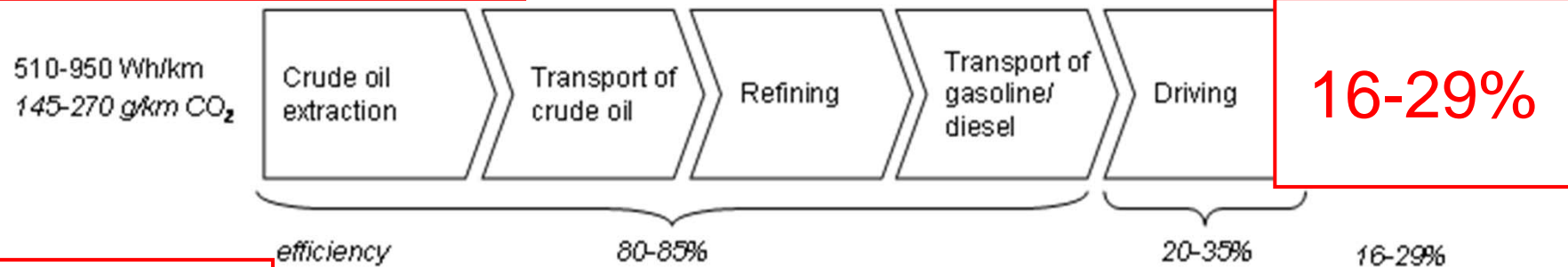
Energietransitie leidt tot elektrificatie van de energievoorziening



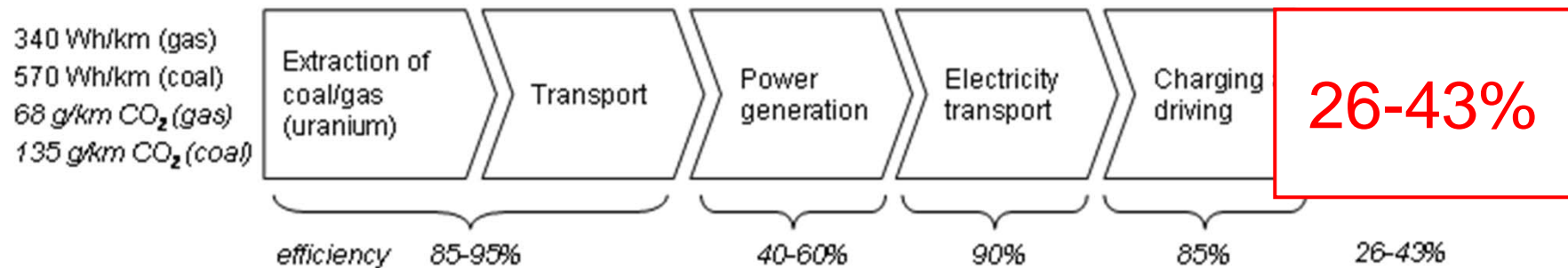
- Veel technologieën voor hernieuwbare energieproductie wekken **elektriciteit** op
- Veel technologieën voor energiebesparing leiden tot verschuiving naar **elektriciteit** als energiedrager

Energiebesparing met elektrische auto's

Internal combustion engine



Electric drive



Elektrificering van mobiliteit (1)

- Capaciteit batterij: 37 kWh
- Topsnelheid: 150 km/h
- Actieradius: 150-200 km
- Acceleratie 0-100 km/h: ~7s



Elektrificering van mobiliteit (2)

- Capaciteit batterij: 32 kWh
- Topsnelheid: 220 km/h
- Actieradius: 200-250 km
- Acceleratie 0-100 km/h: ~4s



Ketenanalyse duurzame mobiliteit



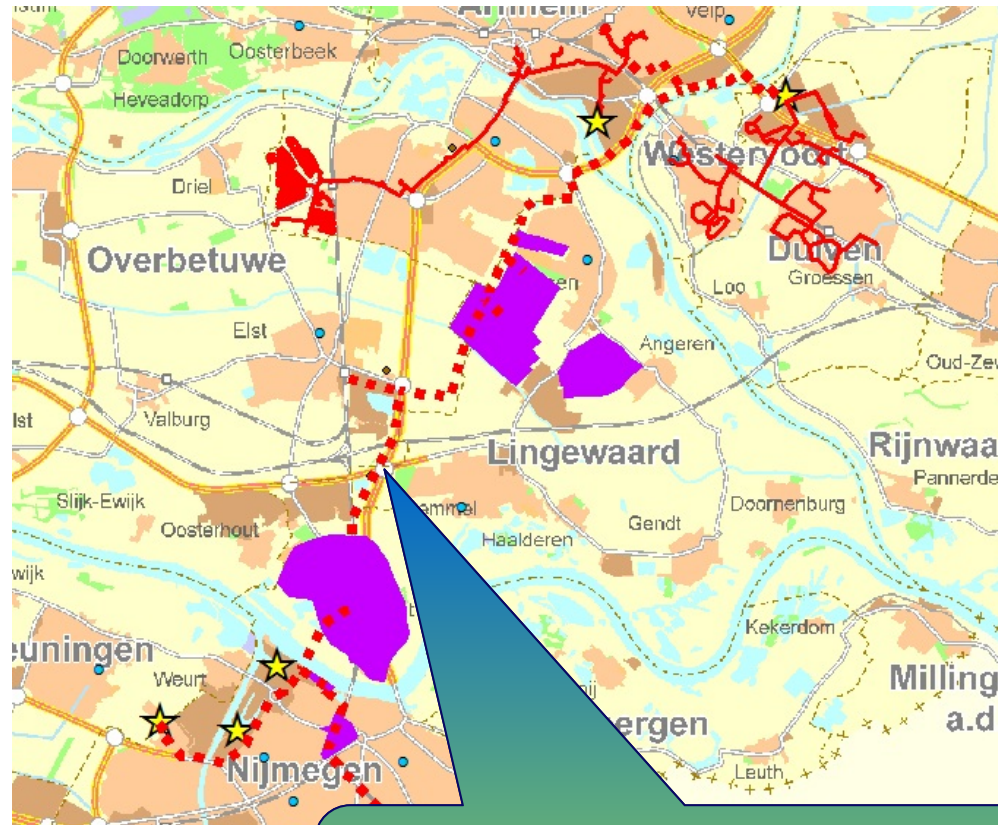
totaal rendement: 0,2%	totaal energie: 2 kWh/m²	totaal rendement: 12%	totaal energie: 120 kWh/m²	totaal rendement: 3%	totaal energie: 30 kWh/m²	totaal rendement: 1,5%	totaal energie: 15 kWh/m²	totaal rendement: 0,4%	totaal energie: 4 kWh/m²
---	---	--	---	---------------------------------------	--	---	--	---	---

Schaalverkleining elektriciteits- /energieproductie



Benutten van (rest)warmte

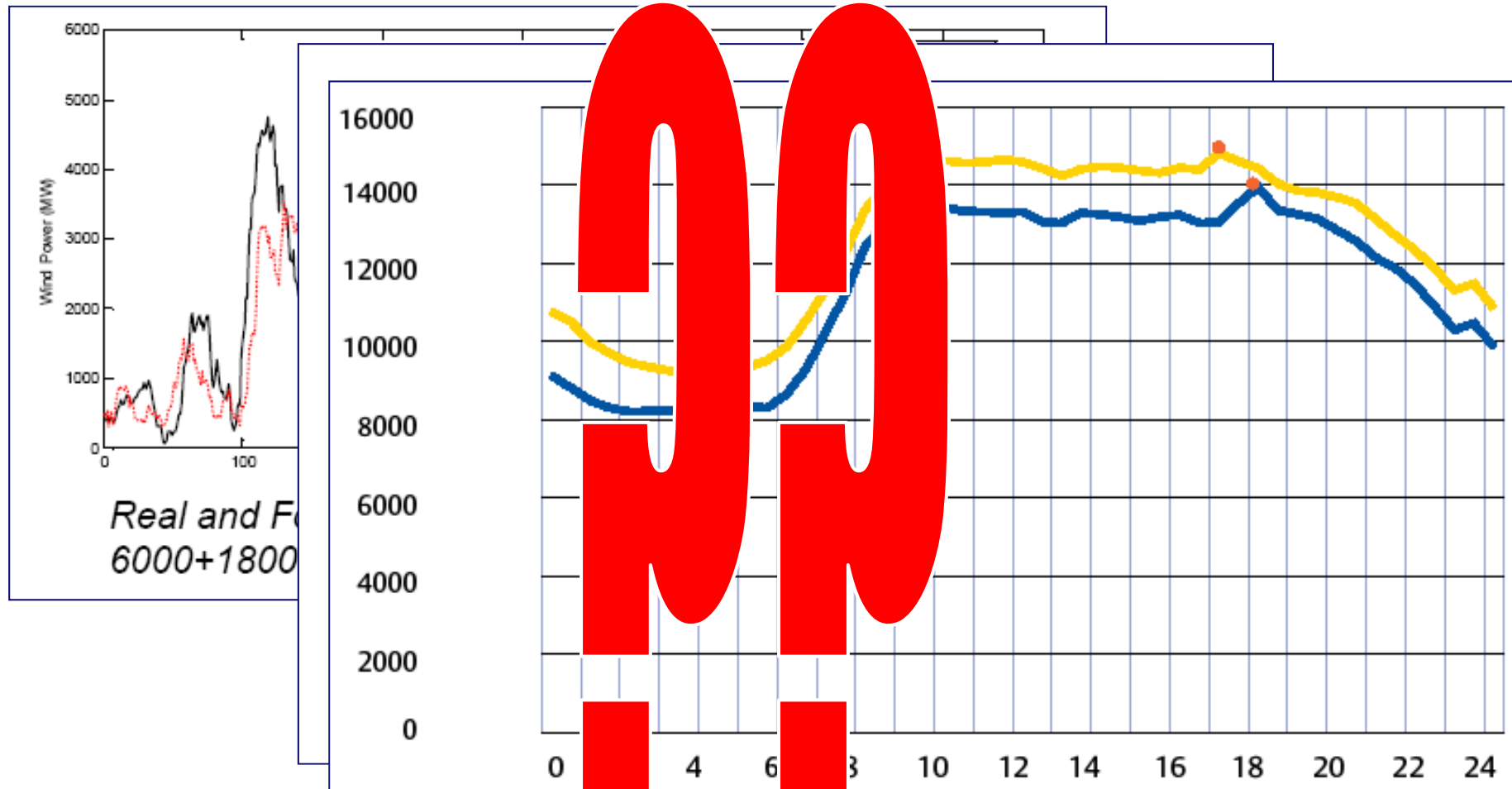
Regionaal warmtenet Stadsregio Arnhem-Nijmegen



Met dank aan:
alliander

Hoofd warmte-infrastructuur die de
deelgebieden koppelt

Afnemende stuurbaarheid productie



Meer flexibiliteit aan de verbruikskant

Elektrische auto's:

- Elektrische auto's staan **20 tot 22 uur** per dag stil
- Bijladen van de gemiddeld rijafstand per dag vergt **2 tot 6 uur**
- Het spreiden van 2 tot 6 uur over 20 tot 22 uur geeft **flexibiliteit**

Warmtepompen:

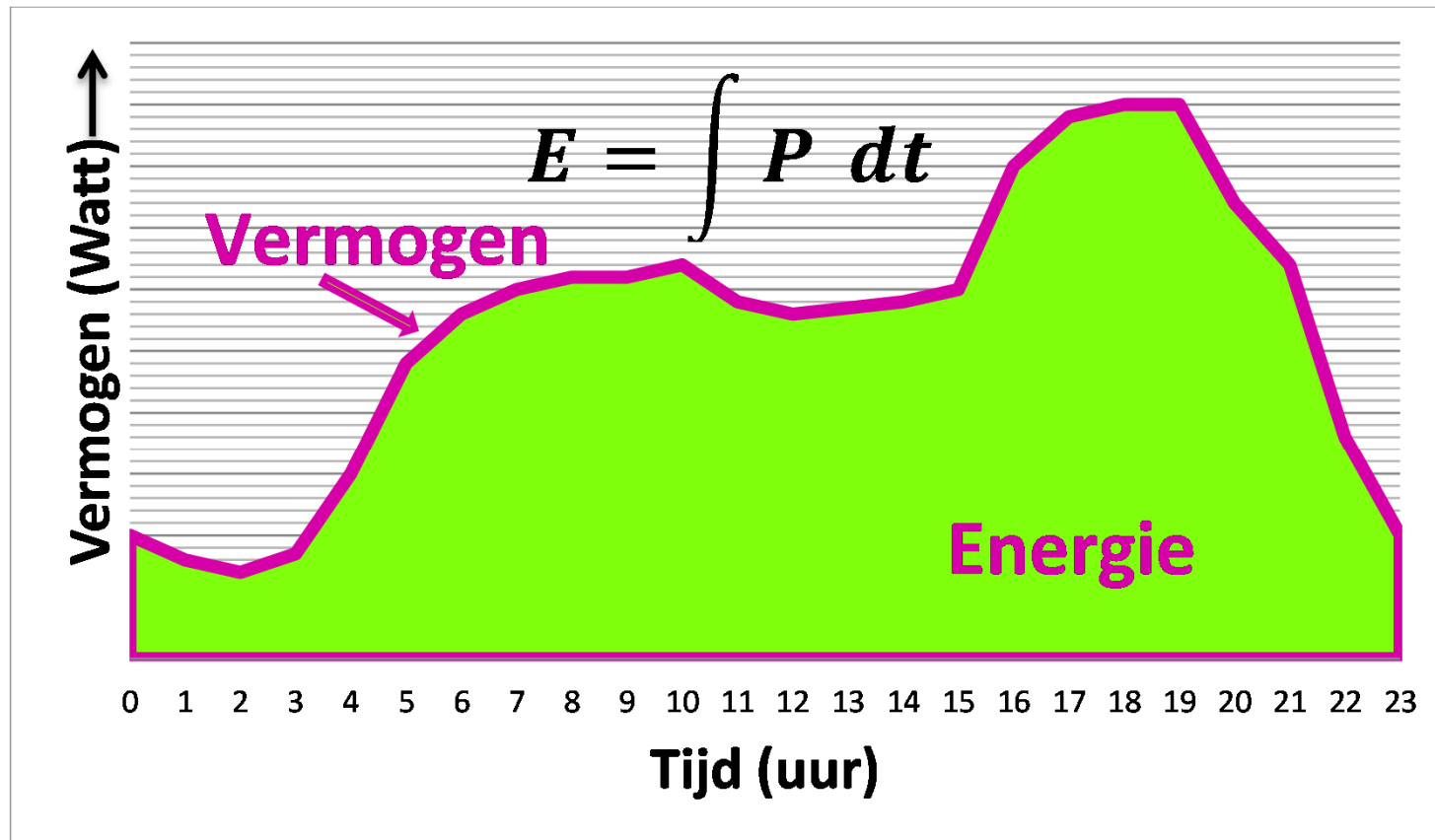
- Temperatuur in een modern, goed geïsoleerd pand is redelijk **constant**
- Binnen zekere grenzen kan de warmtepomp worden **gestuurd** zonder dat de temperatuur teveel fluctueert

Energieneutraliteit en vermogensbalans

Energie is gelijk aan vermogen maal tijd:

$$E [J] \text{ of } [Ws] = P [W] * t [s]$$

Vermogen/Power en energie



Energieneutraliteit en vermogensbalans

Energie is gelijk aan vermogen maal tijd:

$$E [J] \text{ of } [Ws] = P [W] * t [s]$$

Energie-neutraliteit:

- In een bepaalde **tijdseenheid** (veelal een jaar) wordt in een gebouw of gebied evenveel energie geproduceerd als verbruikt
- Netkoppeling blijft noodzakelijk voor handhaving **vermogensbalans**

Vermogensbalans:

- Op **elk tijdstip** kan in de momentane/actuele energievraag (=vermogensvraag) voorzien worden
- Vereist voor **energie-autonomie/autarkie**

Agenda

- **Introductie Electrical Energy Systems TU/e**
- **Energie**
- **Energievoorziening**
- **Energietransitie**
- **Consequenties energietransitie**
 - **Maatschappelijk**
 - **Planologisch**
 - **Stedebouwkundig**
- **Toekomstperspectief**

Maatschappelijke consequenties energietransitie

- De energievoorziening komt letterlijk en figuurlijk “in beeld”
- Ruimtebeslag energievoorziening neemt toe; zoveel mogelijk combineren met andere vormen ruimtegebruik
- Politiek-maatschappelijke discussie over marktordening
- Complexiteit en kosten energievoorziening voor verbruiker nemen onherroepelijk toe
- Nieuwe technische oplossingen en bijbehorende dienstverlening ontstaan
- Toenemende keuzemogelijkheden voor verbruikers door differentiatie bij energieleveranciers (analogie met financiële dienstverlening en telefonie aanbieders)
- Privacy-aspecten

Planologische consequenties energietransitie

- Windenergie en productie van duurzaam gas (ruw biogas of Groen Gas) vergt **ruimte**
- **Combinatie van ruimtelijke functies** (windturbines langs (spoor- en water) wegen) kan perspectief bieden
- Afspraken op **nationaal en provinciaal niveau** kunnen op gemeentelijk niveau kaders scheppen en evt. belangentegenstellingen doorbreken
- **Reisbewegingen beperken** door combineren van functies wonen en werken

(Stede)bouwkundige consequenties energietransitie

- **Toenemende rol ICT in gebouwgebonden installaties**
- **Systeemintegratie over domeinen (ICT, installatietechniek, energietechniek) en over gebouwen (lokale energiesystemen, etc.)**
- **Energie-overwegingen in toenemende mate bepalend voor oriëntatie en exterieur gebouwen**
- **Energieneutraliteit/Passief bouwen**
- **Inpassing oplaadinfrastructuur elektrische auto's in gebouwen en in de openbare ruimte**
- **Inpassing (ondergrondse) Warmte/Koude Opslag-systemen (WKO)**

Shandong, China



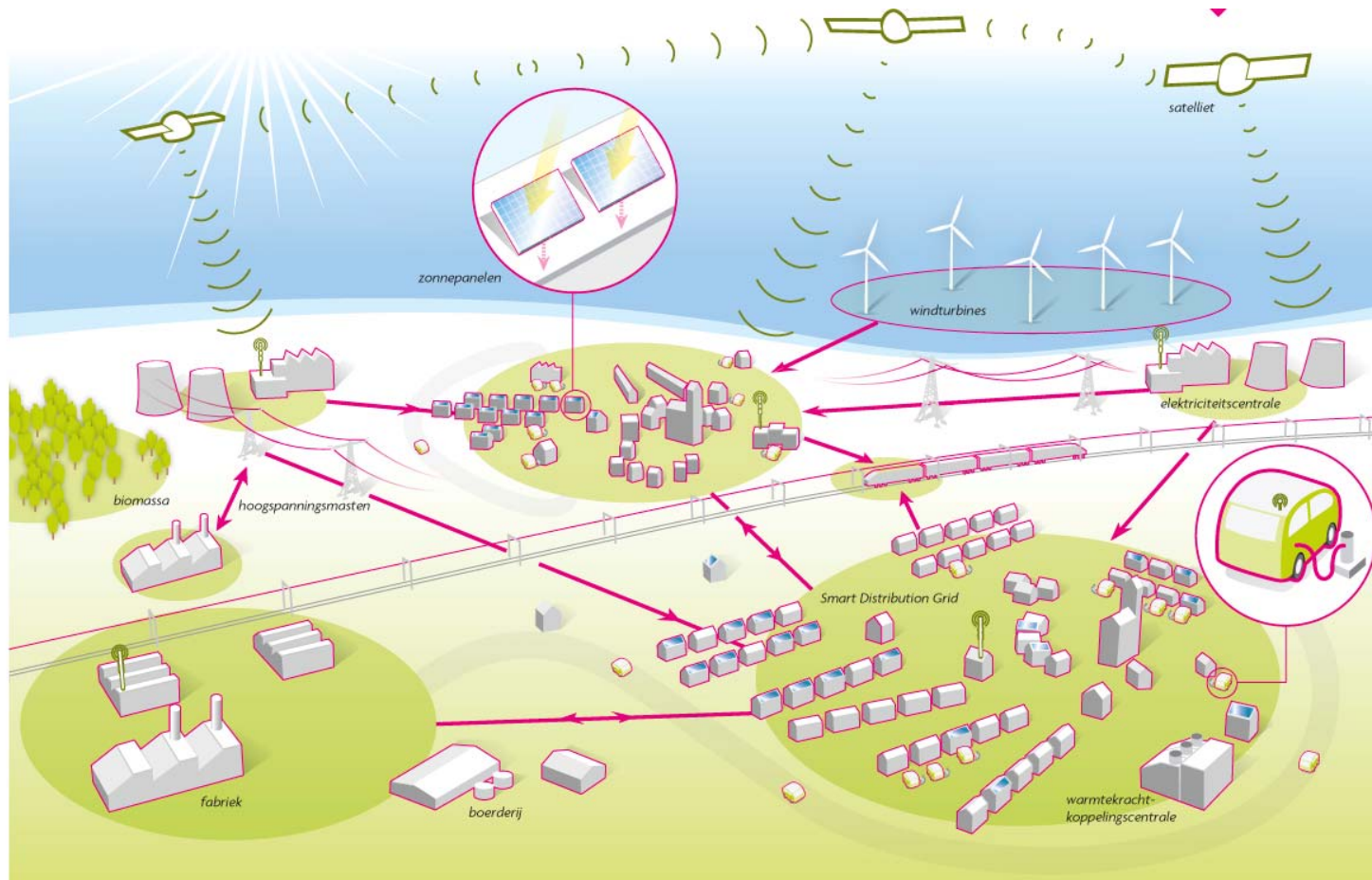
Bahrein World Trade Centre



Agenda

- **Introductie Electrical Energy Systems TU/e**
- **Energie**
- **Energievoorziening**
- **Energietransitie**
- **Consequenties energietransitie**
 - **Maatschappelijk**
 - **Planologisch**
 - **Stedebouwkundig**
- **Toekomstperspectief**

Smart Grids – Slimme/intelligente netten



Een definitie

Een Smart Grid (*Slim of Intelligent net*) is:

- een netwerk met technologieën die informatie beschikbaar maken over de energiestromen in en de toestand van het netwerk
- en de componenten waaruit dit is opgebouwd
- en die de energiestromen stuurbaar maken om op efficiënte wijze de energietransitie te faciliteren

netbeheer  nederland

energie in beweging

Fundament voor een duurzame energievoorziening

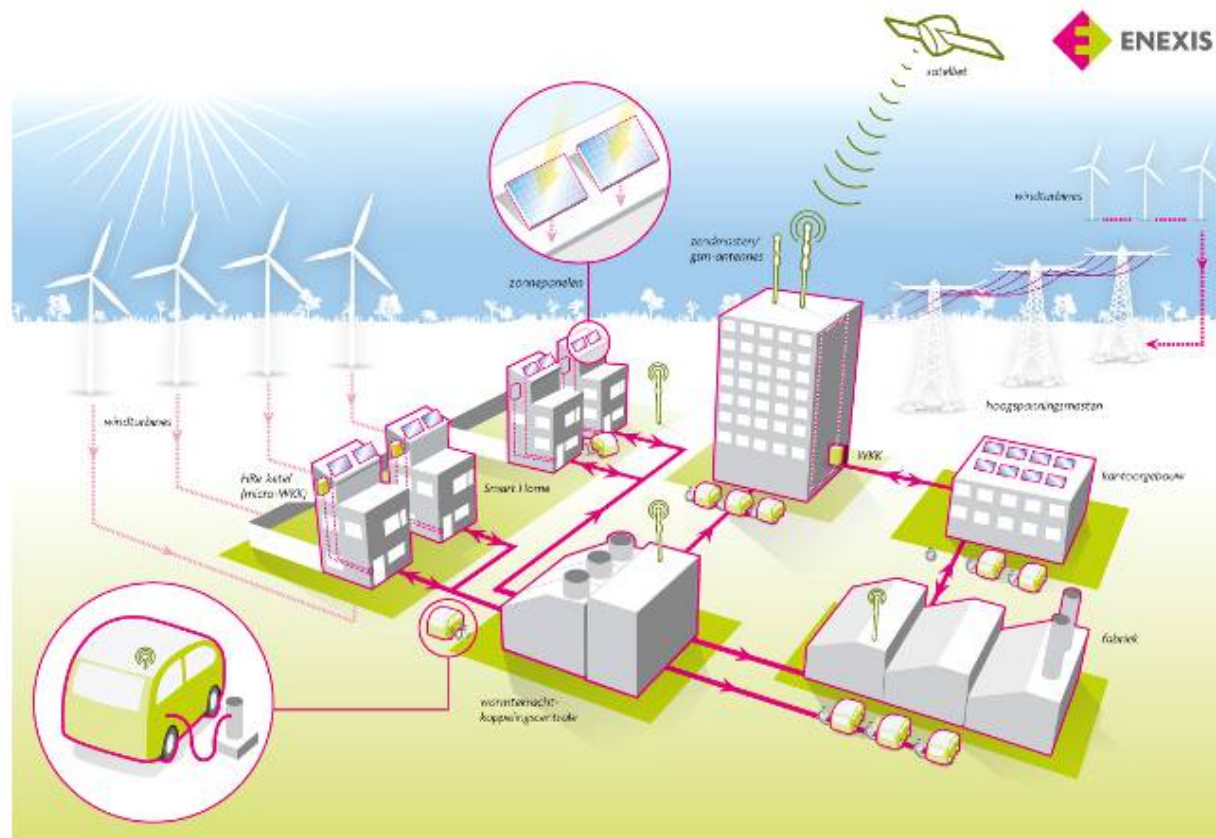
Smart Grids zijn noodzakelijk voor:

- **Informatie-uitwisseling** tussen verbruikers m.b.t. actuele vraag- en aanbodsituatie / actuele prijzen op de energiemarkt
- **Ondersteunen (duurzame) energie-coöperaties**
- **Afstemmen** beschikbaar flexibel verbruik op verwachte productie van duurzame energiebronnen
- **Terugkoppeling** aan verbruikers m.b.t. hun energieverbruik
- **Nieuwe commerciële proposities en meer keuzevrijheid**

Smart Grids en Smart/Slimme Meters

- **Functionaliteit Smart Meters:**
 - Energieverbruik meten met hoge resolutie (bijv. elke 5 of 15 min.)
 - Op afstand uitleesbaar
 - Lokale communicatie met randapparatuur (PC, touchscreen)
- **Aanvullende functionaliteit Smart Grids:**
 - Tweeweg communicatie: mogelijkheid tot communiceren dynamische tarief- of stuurinformatie
 - Mogelijkheid tot locatie-specificiteit: verwerken lokale netcapaciteit en energieproductie in dynamische tarief- of stuurinformatie
 - Mogelijkheid tot actief en specifiek ingrijpen bij uitzonderlijke situaties (overbelasting, storing, etc.)

Our common future*



* Titel van een rapport dat in 1987 werd uitgegeven door de World Commission on Environment and Development (WCED), dat algemeen beschouwd wordt als het startpunt van de duurzaamheidsdiscussie