

De planetaire grenzen, de energietransitie, de samenleving en de rol van kernenergie

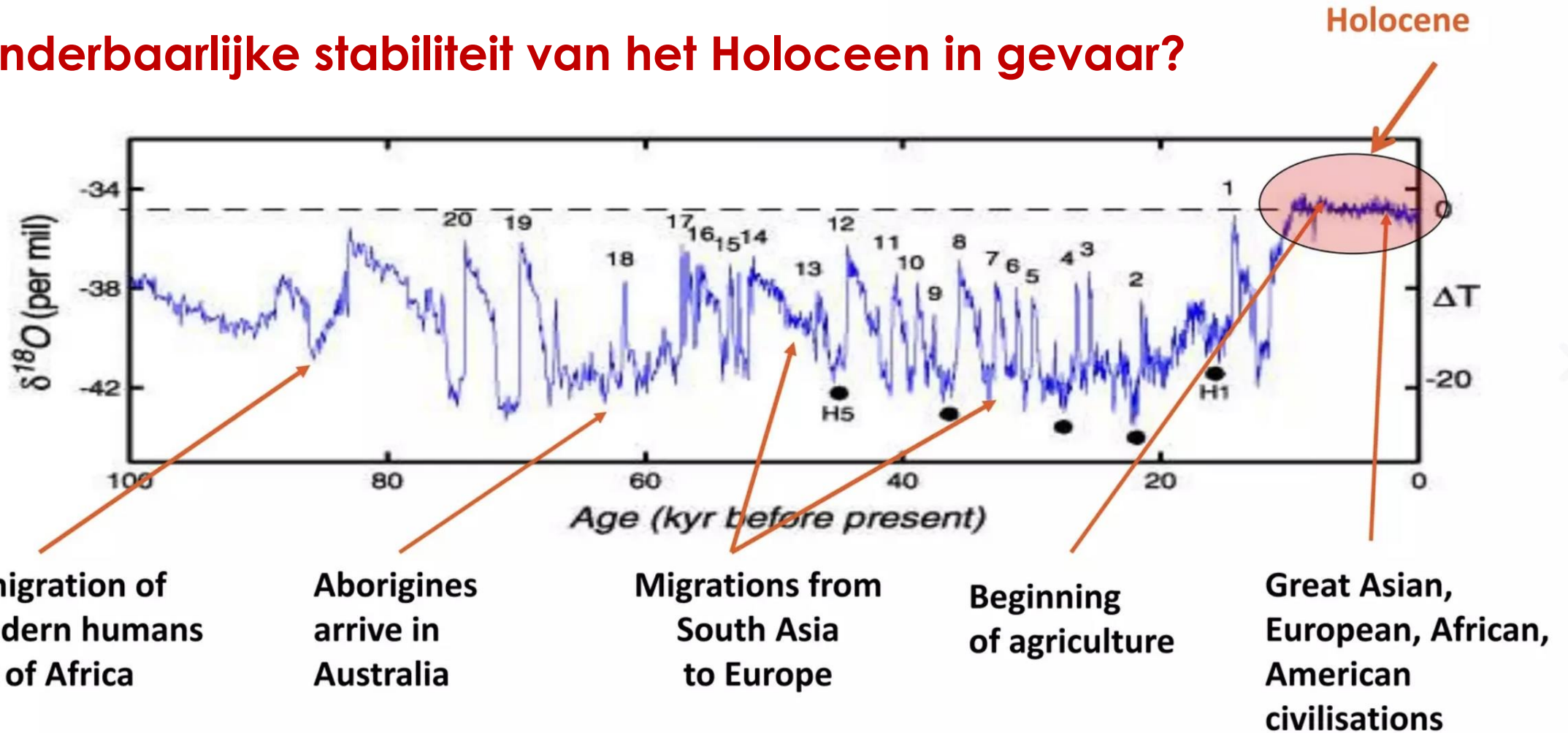
BIJEENKOMST TERNEUZEN TOT DE KERN,
22 OKTOBER 2025 HOEK
BERNARD TER HAAR



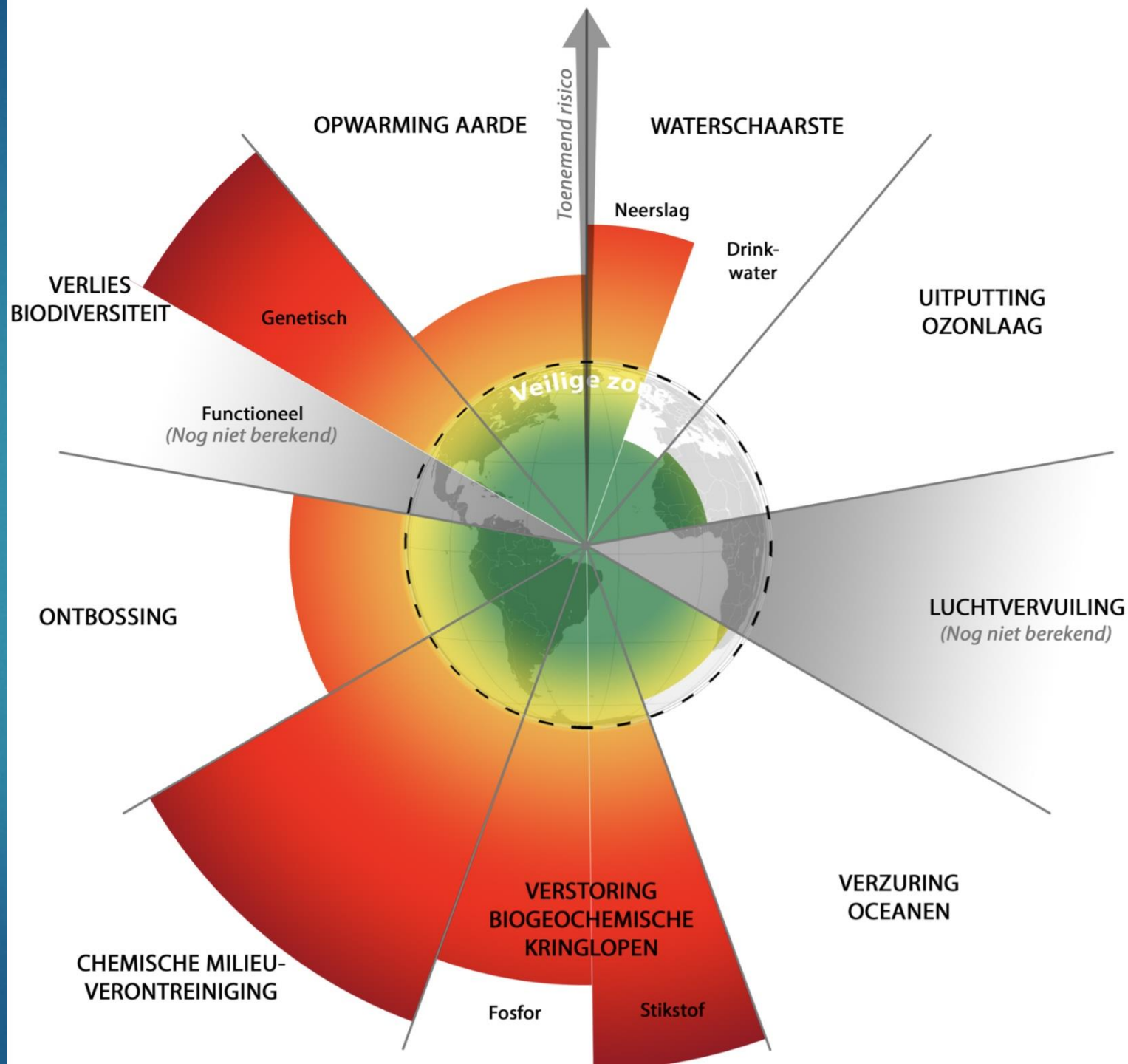
Human Development and Earth System Dynamics

Source: GRIP ice core data (Greenland) and S. Oppenheimer, "Out of Eden", 2004

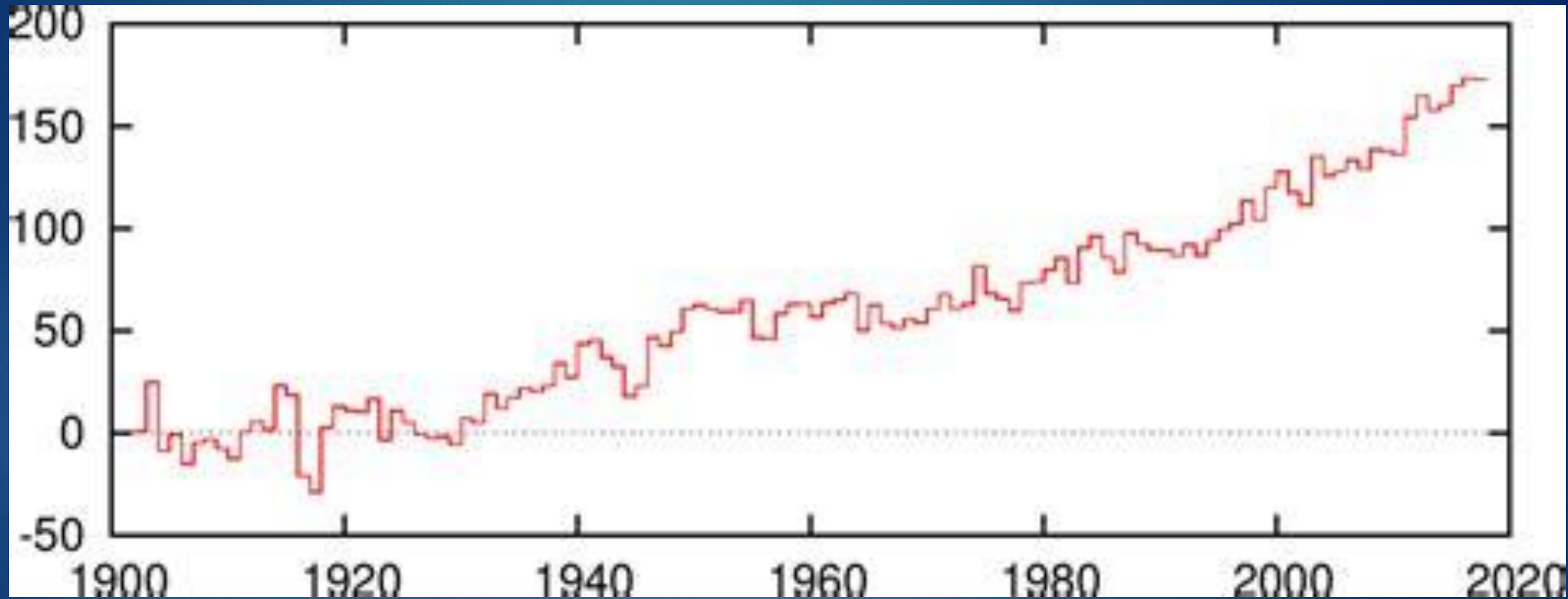
De wonderbaarlijke stabiliteit van het Holoceen in gevaar?



Waar is de wereld vastgelopen ?



Wereldwijde toename extreem weer



ENERGIESYSTEEM 2050

Rechtvaardig, duurzaam en robuust

2050

Koolstof

Elektriciteit & waterstof

Lokale energie-systemen

Anders wonen, werken en reizen

Brede welvaart en Rechtvaardigheid

Meer focus op welzijn

Stiller, schoner, socialer en groener

Gesloten kringlopen

CO2-afvang

Duurzame en rechtvaardige ketens

Een andere industrie

Lage temperatuur

Netwerken

Openbaar vervoer

Bepaalt waar we wonen en werken

Infrastructuur is sturend

Op lokale basis zelf aan de slag

Klimaatneutrale gebouwen

Deel vervoer

Lokale voedselproductie

Elektrificatie van verwarming en betere isolatie

Lokaal inkopen

Lokaal energieneutraal

Aanbod

Waterstof

Warmte

Elektriciteit

70%

10-15%

10-15%

Kleinere energievraag

Elektriciteit loopt voorop

Juiste koers door mix van beleidsinstrumenten

We moeten nu starten!

2023

2035

2040-45

2050

Elektriciteitsnet CO2-neutraal

Energiesysteem CO2-neutraal

Nederland klimaatneutraal

Juiste keuzes = minder hobbels

2050 is het uitgangspunt

Wat vinden jullie belangrijk?

Dit vinden wij belangrijk

Dit is ons perspectief

Meenemen in besluitvorming

Transparantie

Samenleving centraal

Hoofdelementen:

- Rechtvaardig, duurzaam en robuust
- Elektriciteit wordt dominante energie
- Lokale energiesystemen bieden kansen
- Andere industrie: de nieuwe koolstofketen

Dat zijn dus drie grote verbouwingen

Schaarste in Nederland

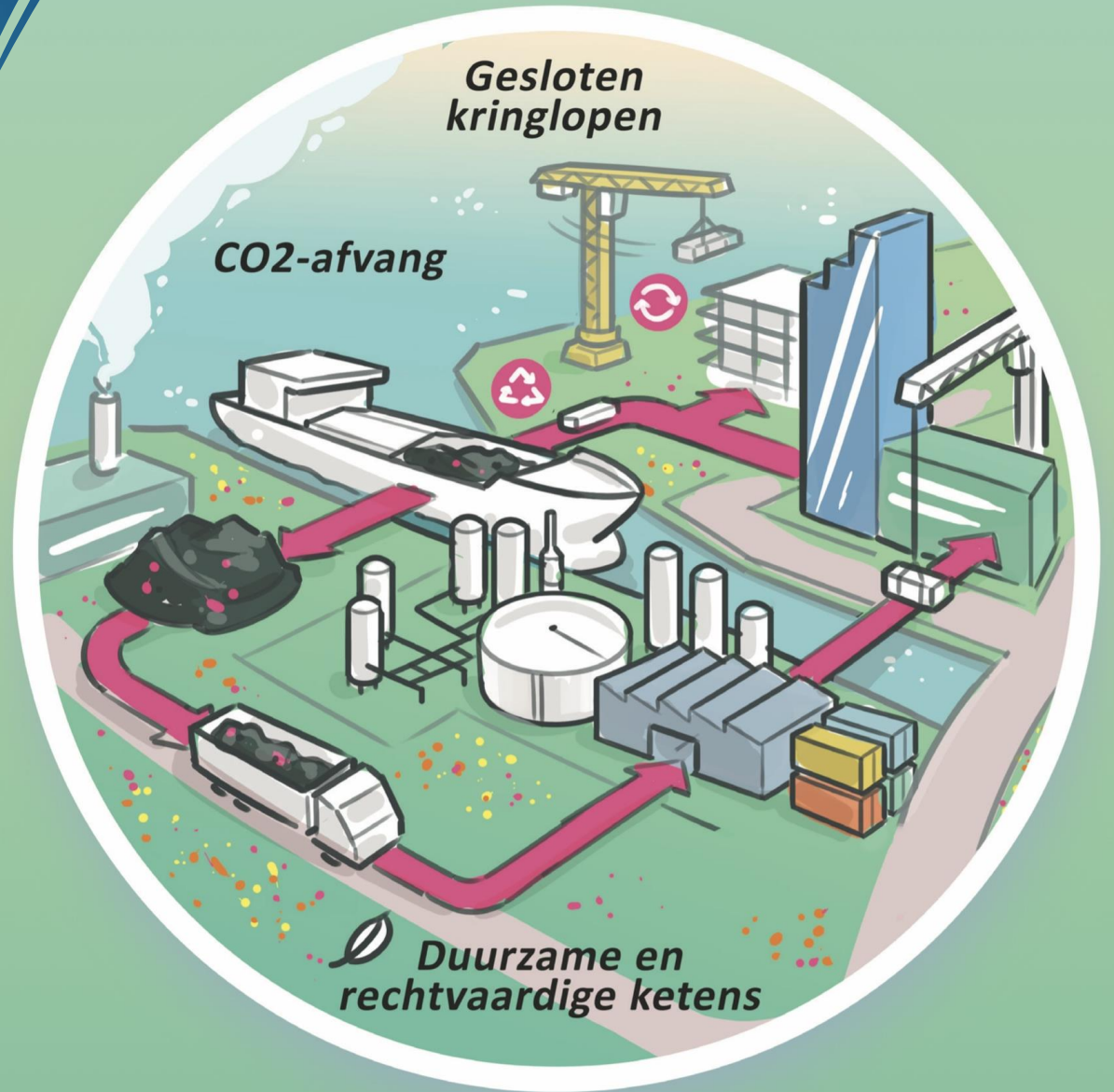
- Overheidsmiddelen
- Ruimte
- Arbeidsmarkt
- Energie-infrastructuur
- Visie
- Systemoplossingen



Figuur 11 Overzicht van benodigd publiek geld, arbeid en ruimte voor onze ambities in Nederland

		Publiek geld (in €) ^A	Arbeid	Ruimte	Jaar ^C
Zorg en welzijn	OPEX	+55 mld. (in 2035) +110 mld. (in 2045)	+260.000 fte (in 2035)	+10 km ²	Structureel
Defensie	OPEX	+10 mld. (in 2035) +15 mld. (in 2045)	+40.000 fte (in 2035)	+150 km ²	Structureel
Aanpakken van klimaatverandering	CAPEX	+23 mld.	+156.000 fte	+5000 km ²	2050
Voorbereiden op klimaatverandering	CAPEX	+2 mld.	+8.000 fte	+120 km ²	2050
Woningbouw	CAPEX	+5 mld.	GEEN ^B	+250 km ²	2035
Infrastructuur	CAPEX	+16 mld.	+125.000 fte	+100 km ²	2030
Huidige activiteit (2024)		486 mld.	8.300.000 fte	33.670 km ²	2024

Kijk naar industrie
in 2050, niet naar
industrie
vandaag.
Niet alles kan.
Circulariteit plastic
keten is essentieel.



**Een andere
industrie**



Hoe te wonen in 2050 begint vandaag al bij het bouwen
-> Sociale wijken met lokale energiesystemen

We zitten middenin de verbouwing!

Het oude energiesysteem:

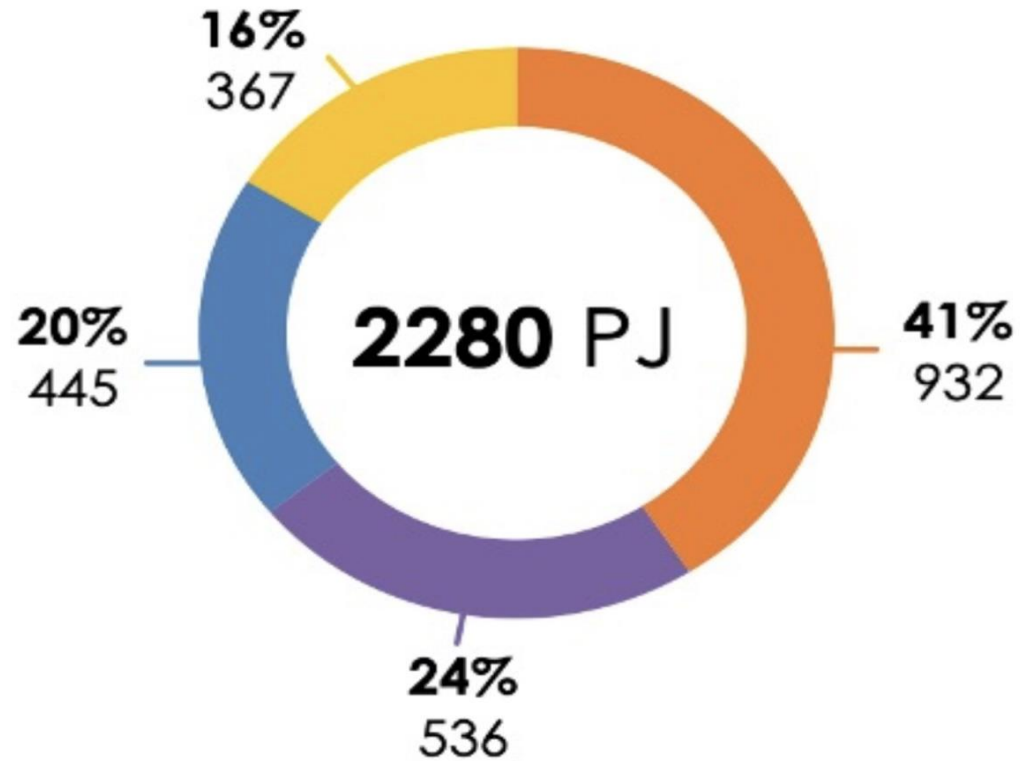
5/6 moleculen (kolen, olie, gas),
1/6 elektriciteit

Het nieuwe energiesysteem:

2/3 duurzame elektriciteit, 1/6
waterstof, 1/6 overig

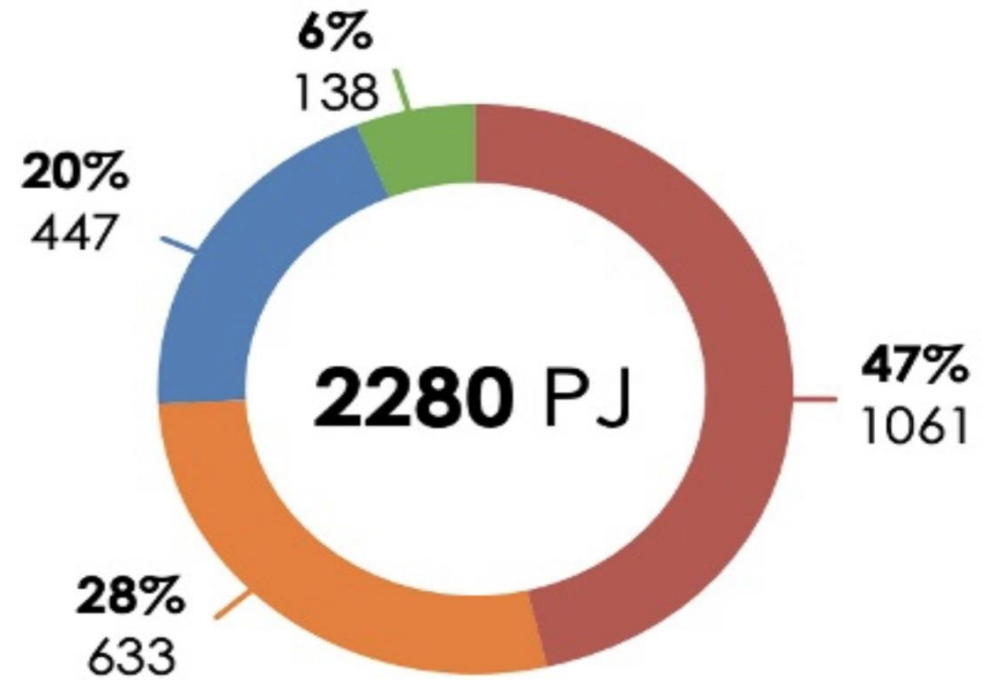


Toepassing



- Warmte
- Grondstoffen
- Mobiliteit
- Elektriciteit

Sector



- Industrie
- Gebouwde omgeving
- Mobiliteit
- Landbouw

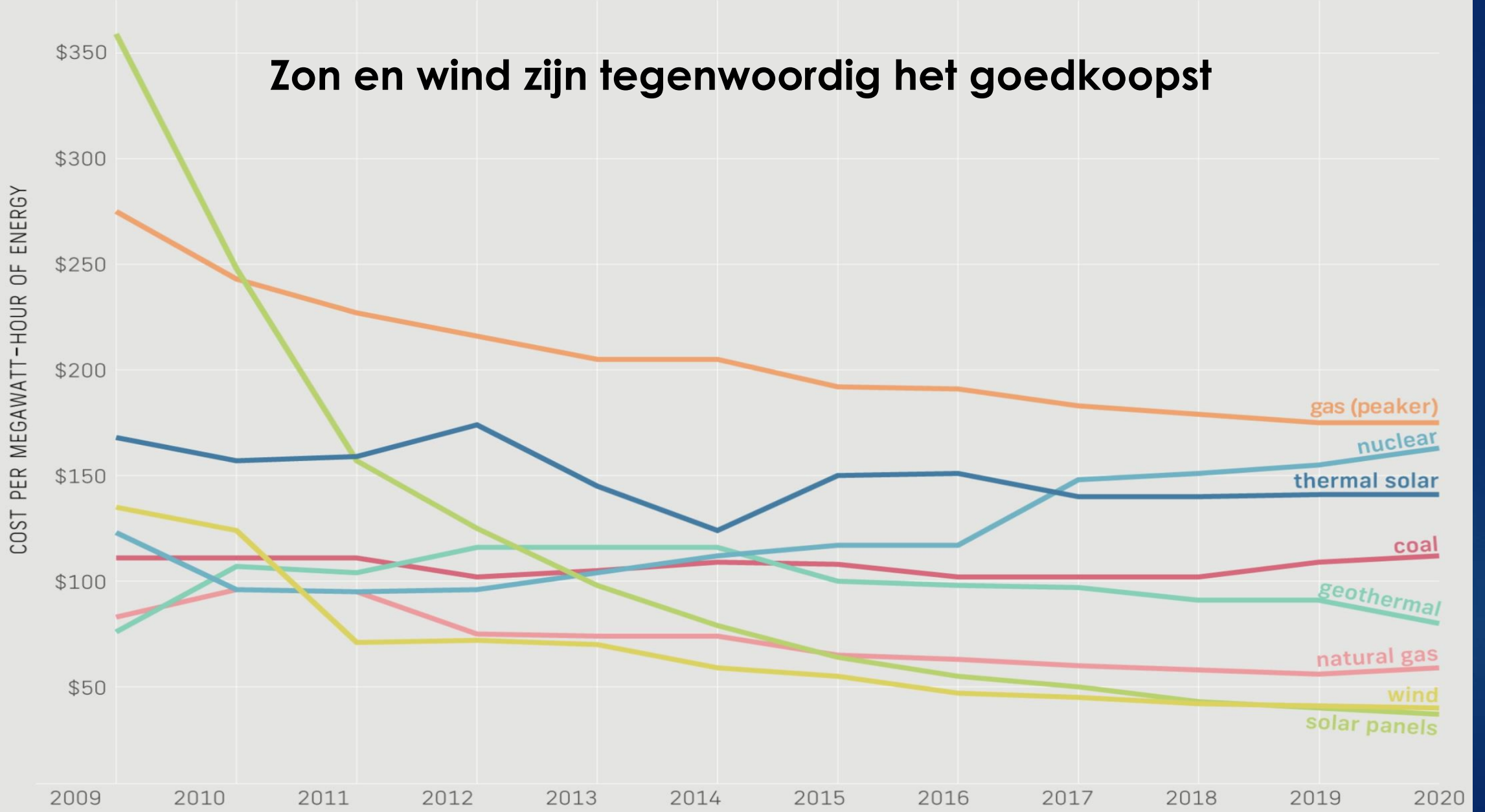
Figuur 1: Energiegebruik in NL 2020. Bron Energie Beheer Nederland

De tijdschaal van de energietransitie is belangrijk

- Synchroniciteit van vraag, aanbod en infra
- 2035 elektriciteit CO₂ neutraal
- 2040-2045 energiesysteem CO₂ neutraal
- 2050 Nederland klimaatneutraal
- ...
- *(nieuwe kerncentrales vanaf 2045?)*

The cost of renewable energy has plummeted in the last decade

Zon en wind zijn tegenwoordig het goedkoopst

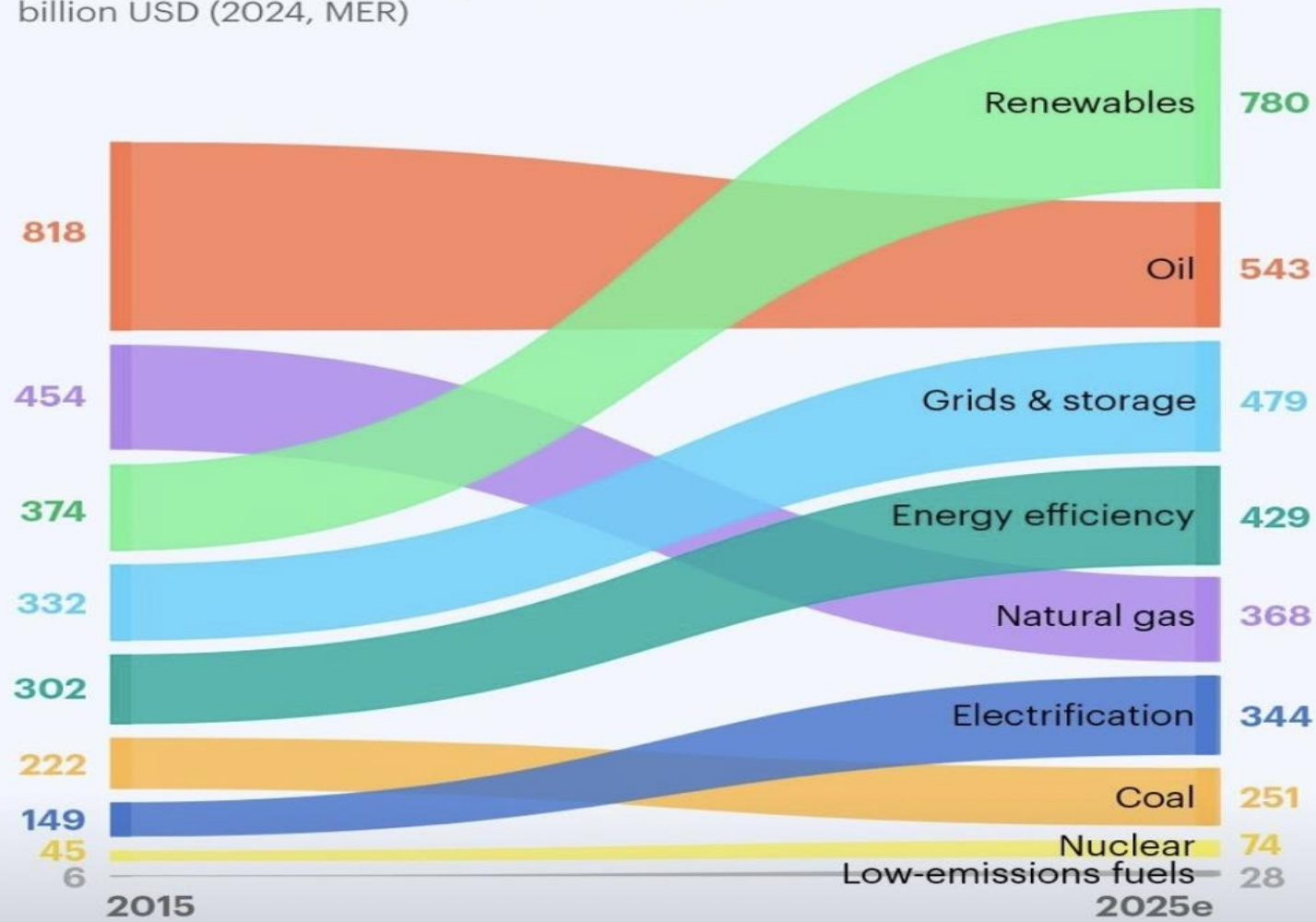


source: Lazard Levelized Cost of Energy Analysis, version 14.0

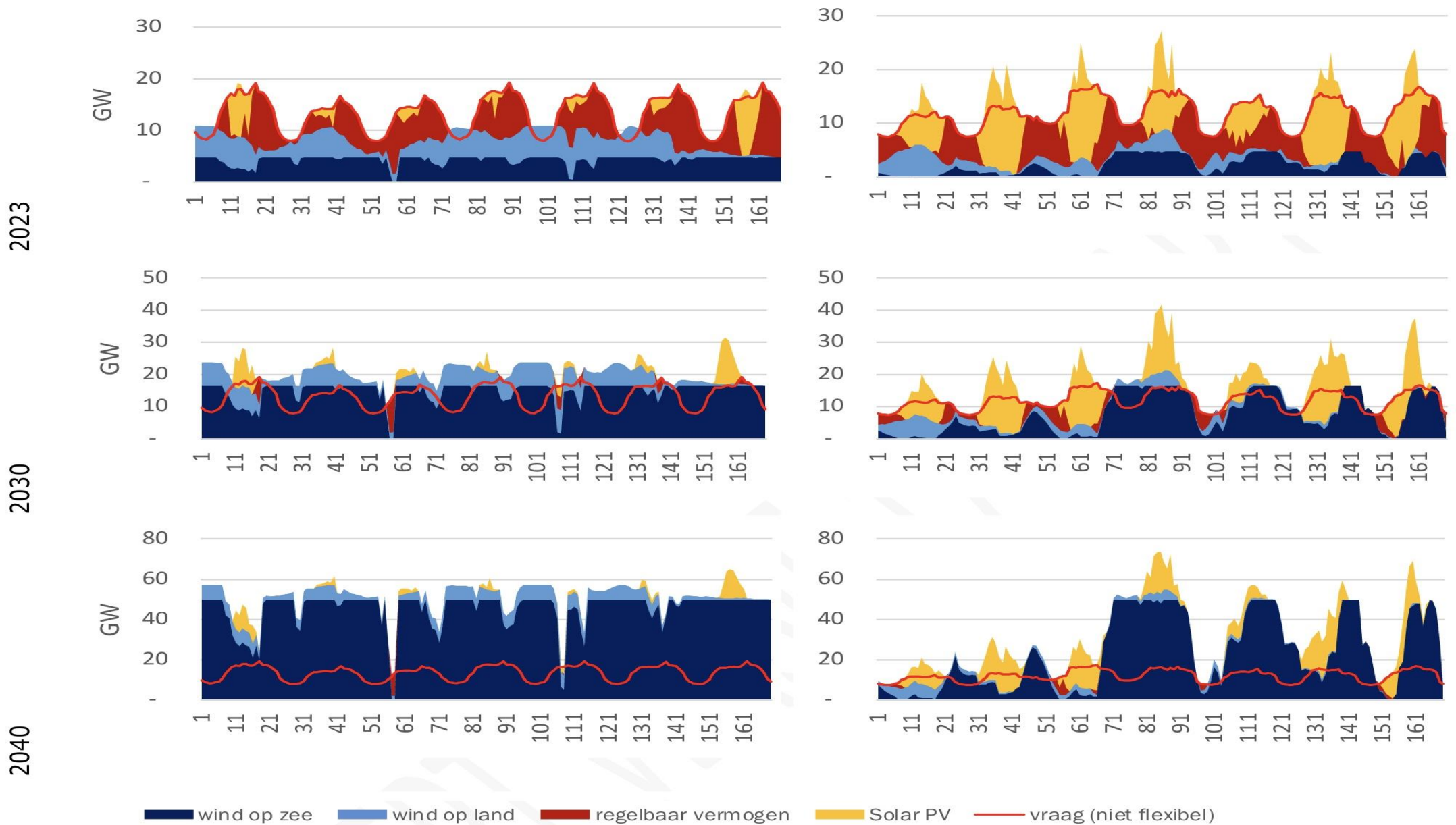


The energy investment landscape is changing

Evolution of global energy investment
billion USD (2024, MER)

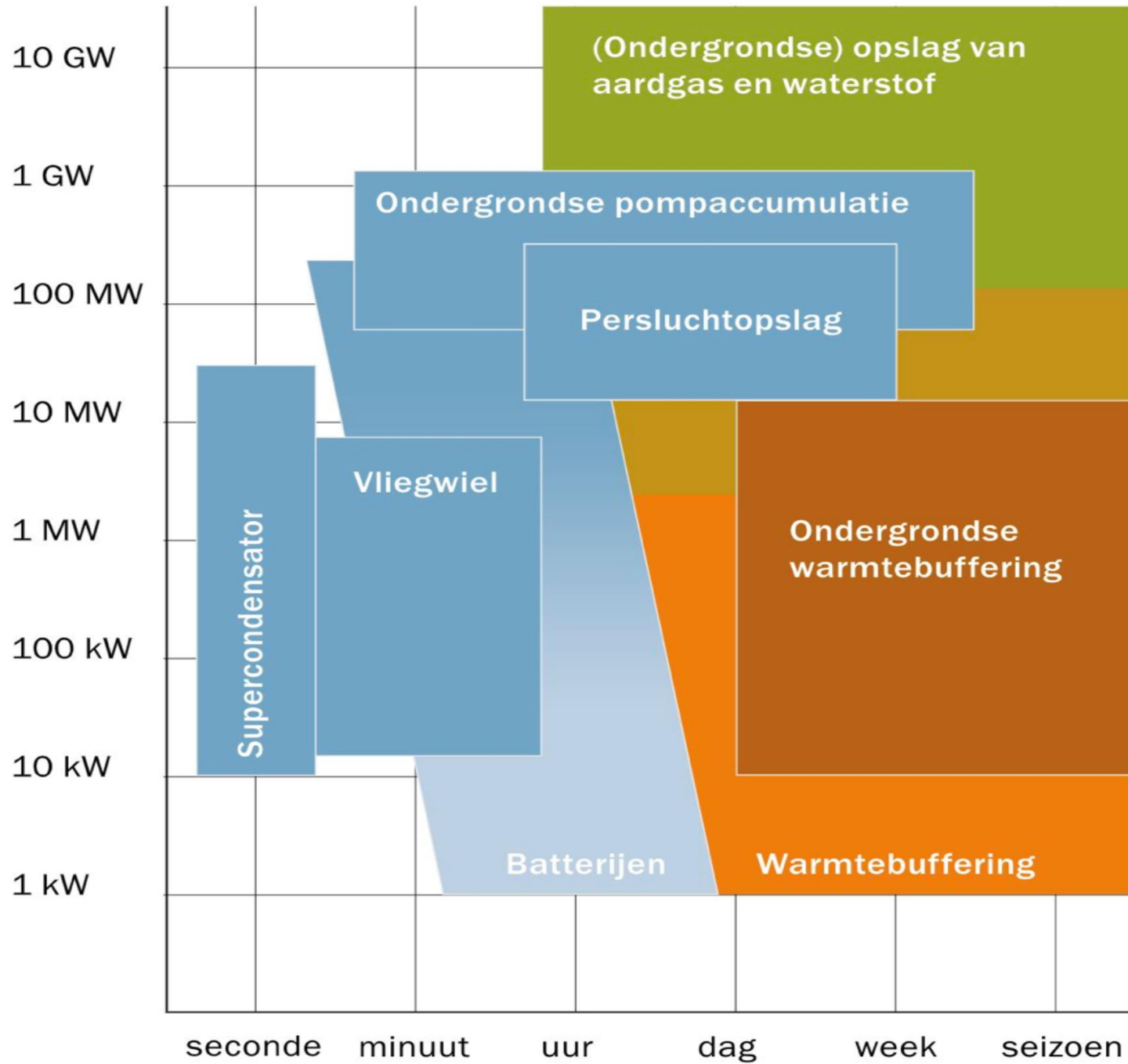


Note: e = estimate



Figuur 3.1. Illustratie van ontwikkeling van elektriciteitsproductie uit wind op zee, wind op land en zon-PV in vergelijking tot de vraag (niet flexibel) en regelbaar vermogen als invulling van residuele vraag, op basis van vooruitzichten voor 2023, en 2030 en de richtdoelen wind op zee voor 2040

We moeten veel meer investeren in opslag



Het CO₂ –vrije elektriciteitssysteem moet in 2035 draaien

Wat zijn de totale systeemkosten?

- Kosten aan de bron (zon en wind het goedkoopst)
- Infrastructuur elektriciteit fors verzwaren
- Internationale verbindingen versterken
- Investeren in langdurige opslag
- Regelbaar vermogen in stand houden
- Infra waterstof aanleggen



Hebben we in Nederland kerncentrales nodig?



Een paar ruwe getallen voor het overzicht:

- Grote windmolen: 15 MW -> 0,05 TWh
- *(SMR kleine centrale 10-300 MW)*
- Borssele 480 MW -> 3,8 TWh
- Nieuwe kerncentrale 1600 MW -> 12 TWh
- Elektriciteitsvraag 2040 300 TWh (?)

Berekeningen van de totale systeemkosten met en zonder kernenergie

- Witteveen en Bos : kernenergie heeft een rol, mits kosten en bouwtijd niet worden overschreden;
- Univ. Utrecht: Met verwachtbare kostenontwikkeling valt kernenergie er uit;
- TNO (okt '25): onder aannames is systeem met kernenergie ongeveer even duur als zonder, bij lagere vraag of tegenvallers is kernenergie duurder;
- Conclusie: qua kosten geen overduidelijk scenario,
- ***Onzekerheid over kosten en timing maken kerncentrales lastig inpasbaar in het nieuwe energiesysteem.***

Recente ervaringen:

- *Finland: Olkiluoto (1,6 GW), vertraging 14 jaar, kosten €11 mrd i.p.v. €3 mrd*
- *VK: Hinkley Point C (3,3 GW), vertraging > 7 jaar?, kosten €54 mrd i.p.v. €21 mrd*
- *Frankrijk: Flamanville 3 (1,6 GW), vertraging 12 jaar, kosten €13 mrd i.p.v. €3,5 mrd.*

Microreactor
1 MW – 20 MW



Small Modular
Reactor
20 MW – 300 MW



Large-Scale
Reactor
300 MW – 1,000+ MW



De toekomst van kernenergie??

Small modular reactors zijn bij politici heel populair, maar we hebben nog weinig idee wanneer ze beschikbaar komen, wat ze kosten en wat ze kunnen:

- *SMR* 10-300 MW
- *Generatie III (+) (huidige)*
- *Generatie IV (na 2040)*
- *Thorium/gesmolten zout (tja, wanneer?)*



Dank voor uw aandacht!