

Toekomst van het Nederlandse energie- systeem

Resultaten van een scenariostudie

Martin Scheepers



TNO innovation
for life

Agenda



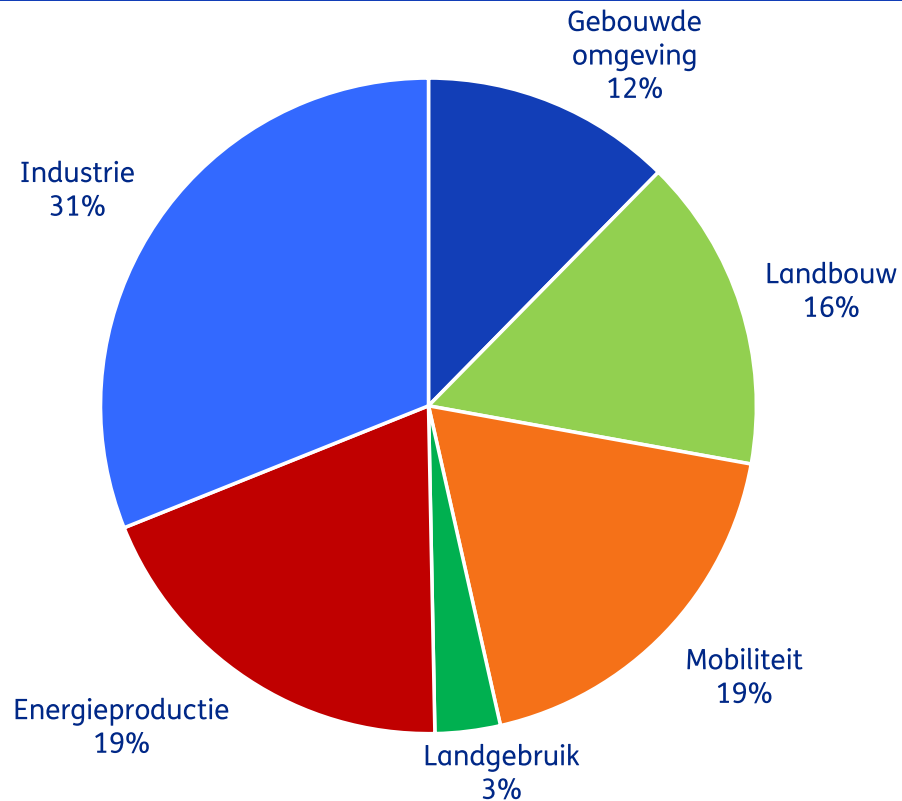
1. Wat is de uitdaging?
2. Lange termijn projecties
3. Resultaten scenariostudie
 - a. Aanbod en verbruik
 - b. Elektriciteit
 - c. Gebouwde omgeving en wegtransport
 - d. Kosten

Klimaatakkoord Parijs 2015

- Beperken opwarming van de aarde tot 1,5-2 °C
- EU:
 - 55% reductie broeikasgassen in 2030, klimaatneutraal in 2050
 - Fit-for-55, REPowerEU
- Nederland:
 - -55% in 2030 (sectorale streefwaarde -58%), klimaatneutraal in 2050
 - Implementatie EU-richtlijnen (o.m. REDIII, EED)



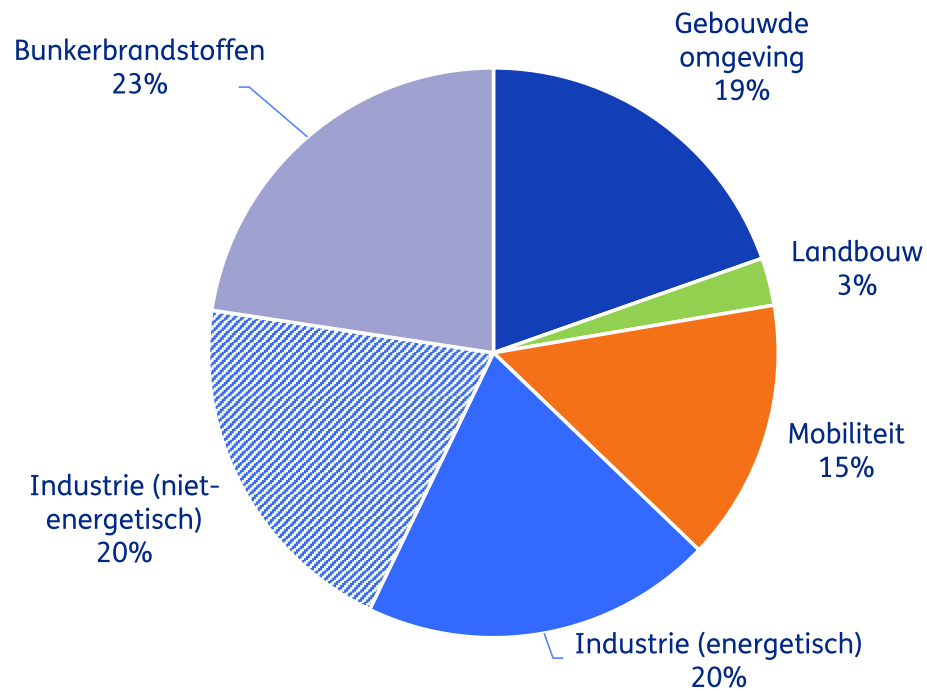
Broeikasgassen



- Gebouwde omgeving en mobiliteit zorgen voor ruim 40% van de broeikasgassen
- Industrie en energieproductie goed voor helft van de broeikasgassen

CBS 2022

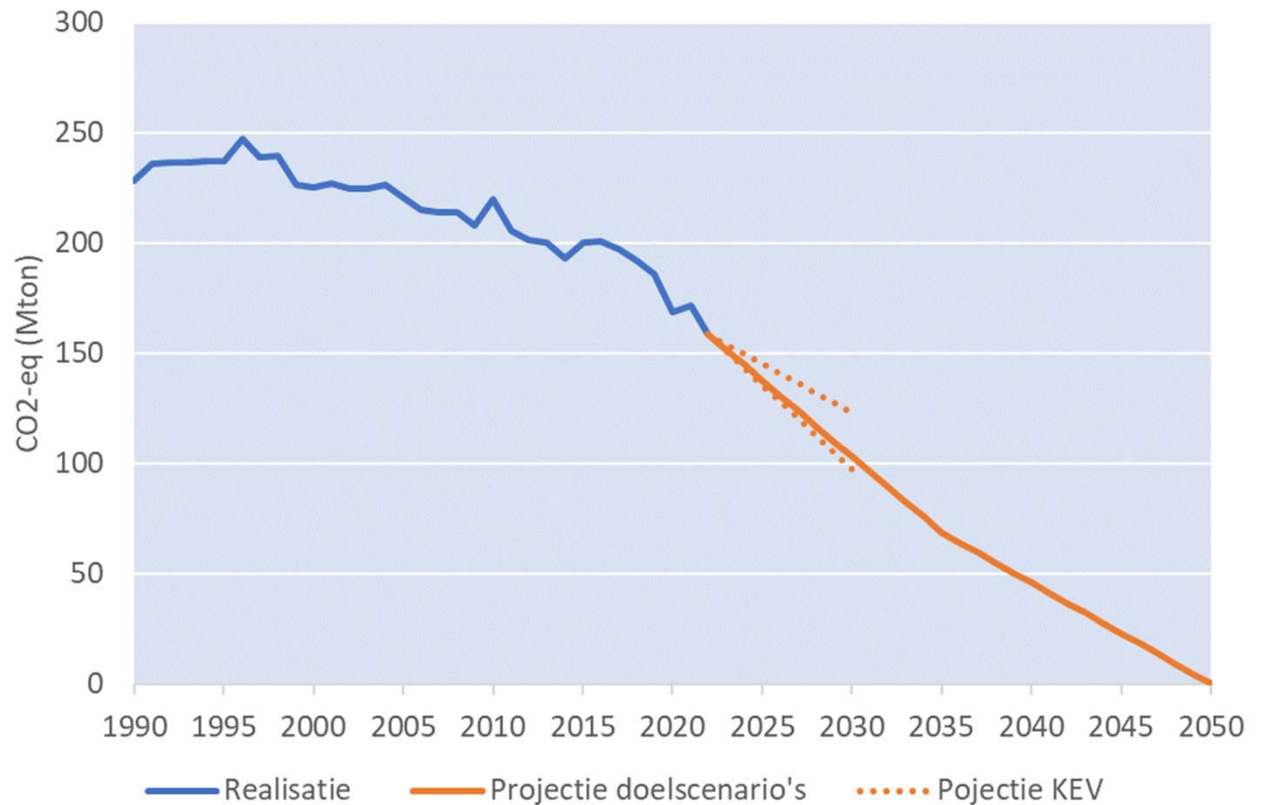
Finaal energieverbruik



- Goed voorspelbaar:
 - Gebouwde omgeving
 - Mobiliteit
 - Landbouw
- Onzeker:
 - Industrie
 - Bunkerbrandstoffen (zeeschepen en luchtvaart)

Nederlandse broeikasgas-emissie

- Realisatie (CBS)
- Projecties:
 - Klimaat- en energieverkenning (KEV) (PBL): raming op basis van het bestaande en voorgenomen energie- en klimaatbeleid.
 - Doelscenario's (TNO, PBL, Netbeheerders).



Scenario's

ADAPT:

- Behoud van de levensstandaard
- De industriële structuur blijft bestaan
- Aanpassing van het energiesysteem om doel te bereiken
- Fossiele brandstoffen blijven gebruikt worden in combinatie met toepassing van CO₂-opslag
- Geringe ambities om chemicaliën en plastics en bunkerbrandstoffen te verduurzamen

TRANSFORM:

- Sterk milieubewustzijn: gedragsverandering van consumenten leidt tot vermindering van de vraag
- Innovatieve EU en Nederland
- Burgers en bedrijven nemen initiatief
- Transformatie van het energiesysteem en de industrie
- Beperkte CO₂-opslag
- Chemicaliën en kunststoffen op basis van circulaire koolstof
- Bunkerbrandstoffen volledig duurzaam

OPERA-model

Invoerparameters:

- Vraag (energie, mobiliteit, producten)
- Doelstellingen (broeikasgassen, energiebesparing)
- Techno-economische data van technologieën
- Prijzen van commodities en halffabricaten die geïmporteerd worden

Beperkingen:

- Potentiëlen/plafonds
- Restricties in technologiegebruik

Kenmerken OPERA-model:

- Omvat het volledige Nederlandse energie- en broeikasgassensysteem
- Bepaalt een energiesysteem met de laagste maatschappelijke kosten, gegeven bepaalde doelen en randvoorwaarden.
- Berekent meervoudige energiebalansen ten behoeve van fluctuaties in vraag en aanbod.
- Onderscheidt verschillende regio's en houdt rekening met transportbeperkingen tussen deze regio's.
- Gaat uit van investeringen in eerdere jaren.

Resultaten:

Fysiek

- Energieaanbod- en -vraagmix
- Technologiegebruik
- Import/export van energie
- Resterende broeikasgasemissies

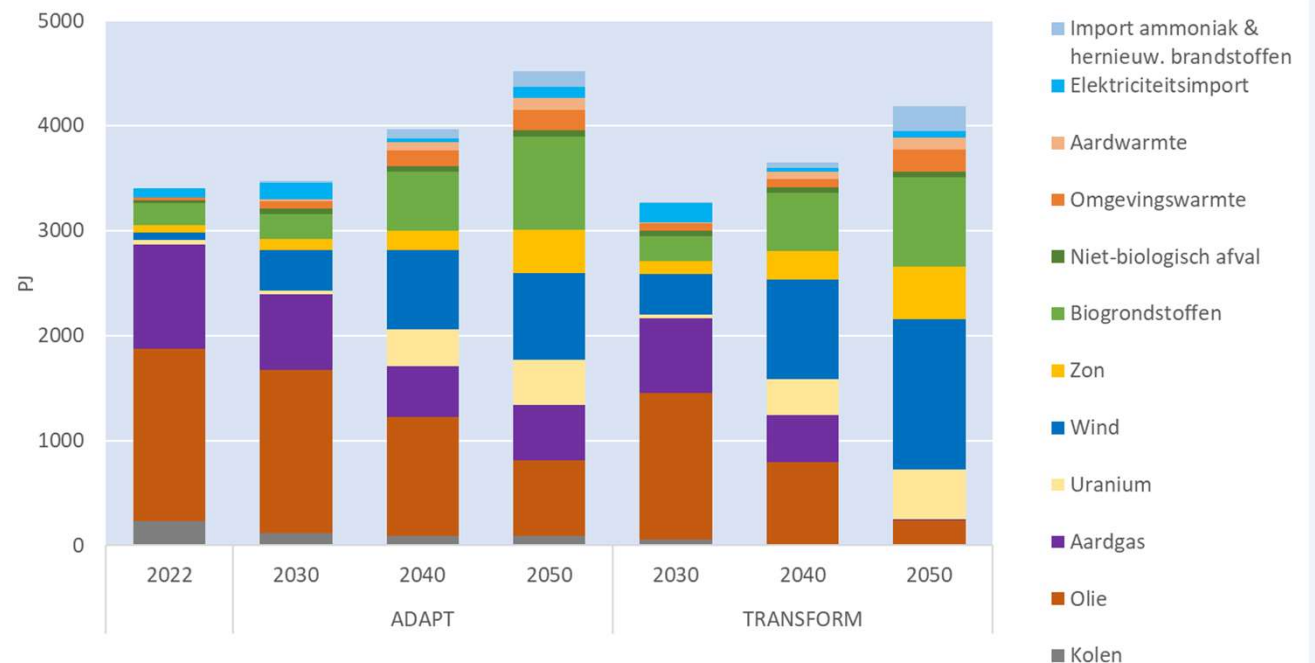
Economisch

- Totale jaarlijkse systeemkosten
- Jaarlijkse investeringen
- CO₂ schaduwprijs

Primaire energieaanbod

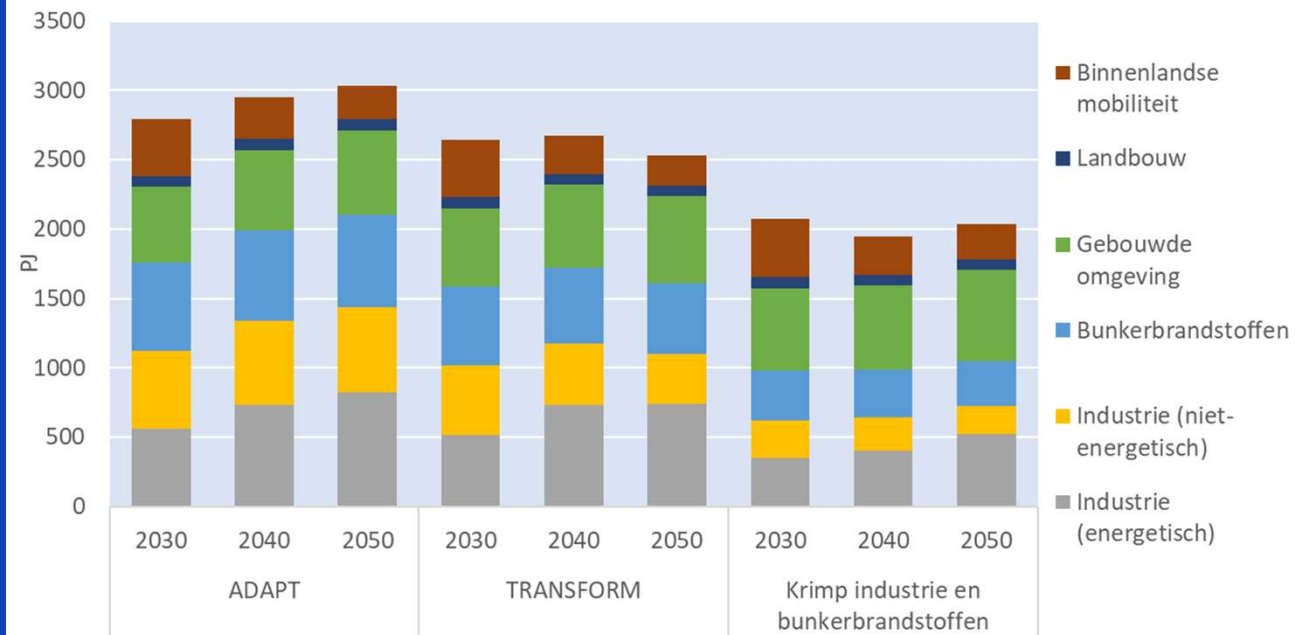
- Lager in TRANSFORM dan in ADAPT door consumentengedrag.
- Nieuwe technologie oorzaak van toename (bijv. CO₂ afvang, electrolyzers, kernenergie).
- Fossiel aandeel daalt van 85% in 2022 naar 29% in ADAPT in 2050 en 6% in TRANSFORM.
- In 2050 energie uit hernieuwbare bronnen (wind, zon, biograndstoffen en aardwarmte) en kernenergie.
- Importafhankelijkheid daalt van 75% in 2022 naar 50% in ADAPT in 2050 en 40% in TRANSFORM

Totale primaire energieaanbod, inclusief grondstoffen en bunkerbrandstoffen



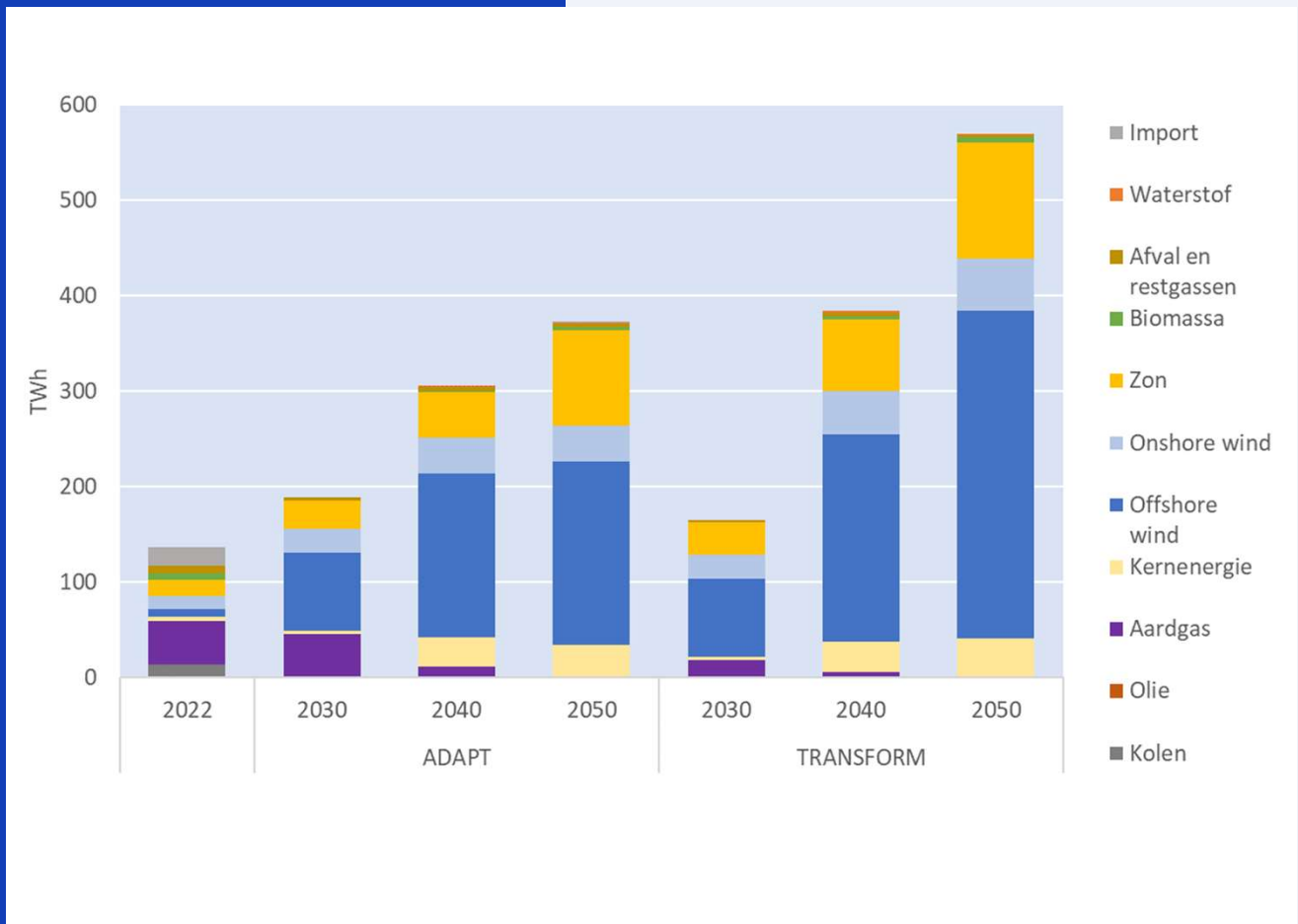
Finaal energie- verbruik

- Finaal energieverbruik is exclusief raffinaderijen.
- Aandeel industrie (energetisch en niet-energetisch) tussen 40 tot 50% in ADAPT en TRANSFORM; in industrievarianten 30%.
- Aandeel bunkerbrandstoffen tussen 20-25%;
- Bij krimp energie-intensieve industrie en lagere vraag bunkerbrandstoffen daalt aandeel industrie naar ca. 30% en bunkerbrandstoffen naar ca. 15%.

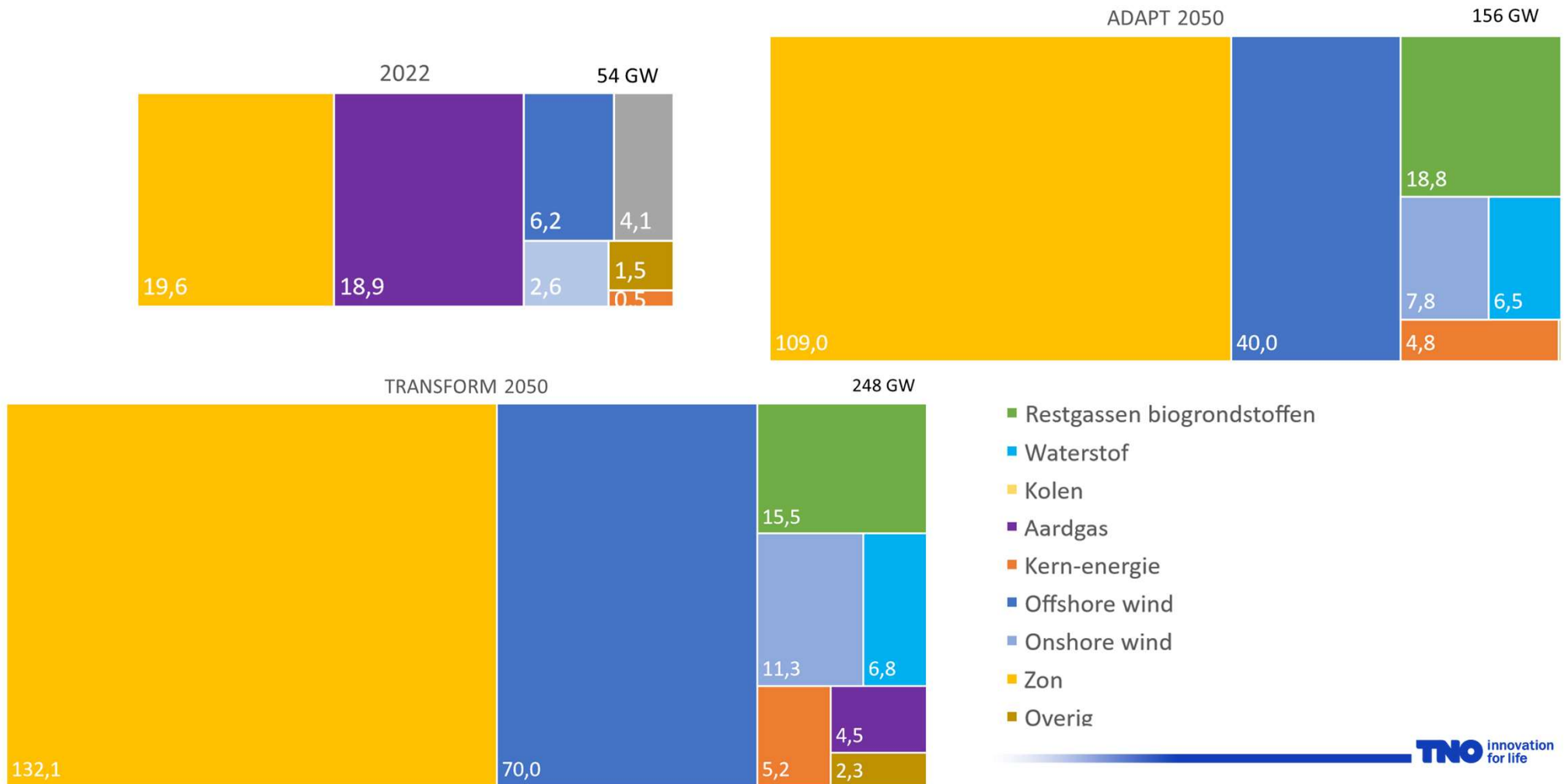


Elektriciteits- aanbod

- Elektriciteitsaanbod in 2050 in ADAPT factor 3,5 meer dan in 2022 en in TRANSFORM een factor 4,5. Dit komt door:
 - Elektrificatie van mobiliteit en warmteproductie.
 - Productie van waterstof; in 2050 goed voor bijna 30% van de elektriciteitsvraag.
- Aandeel hernieuwbare elektriciteit groeit naar 73-85% in 2030 en 90% in 2050.
- Door nieuwe kerncentrales neemt aandeel kernenergie toe van ca. 3% nu tot 7-9% in 2050.

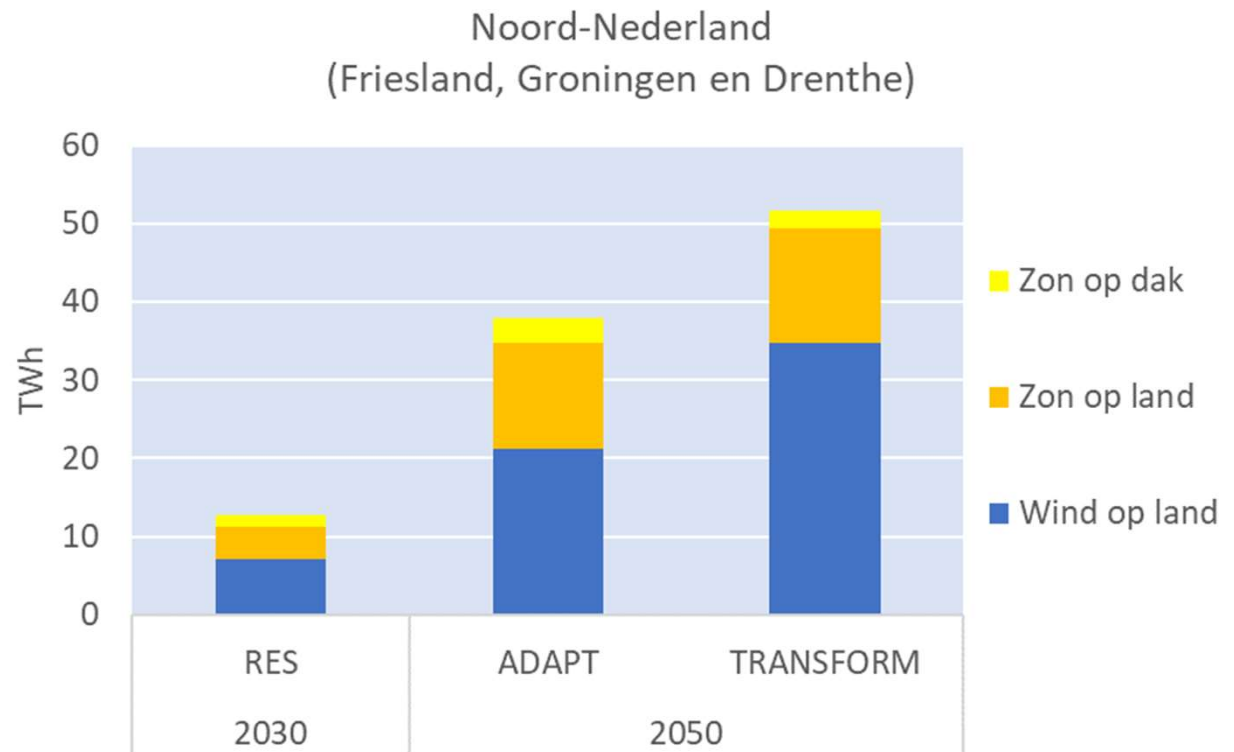


Groei capaciteit elektriciteitsproductie



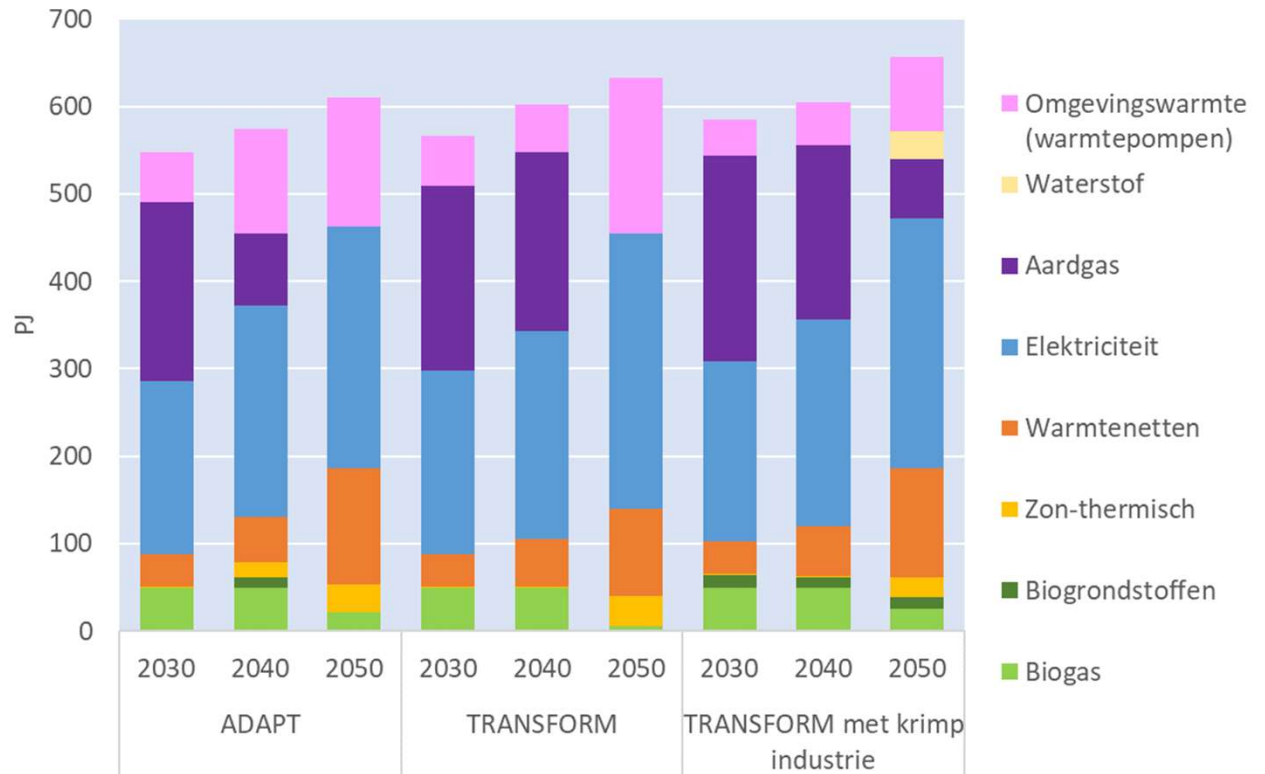
Regionale productie wind en zon

- Ten opzichte van RES 2030 :
 - In 2050 3 tot 5 keer meer windenergie
 - In 2050 3 keer meer zonne-energie
- Zonne-energie:
 - Op dak: woningen en bedrijfsgebouwen
 - Op land: zonne-weides, zon-PV op water, zon-PV op geluidsschermen.



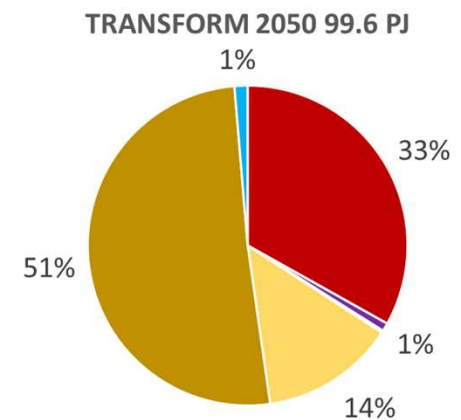
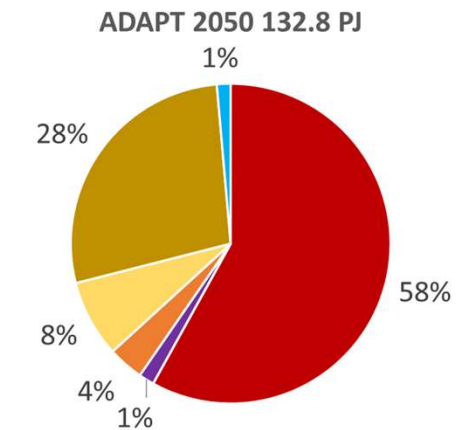
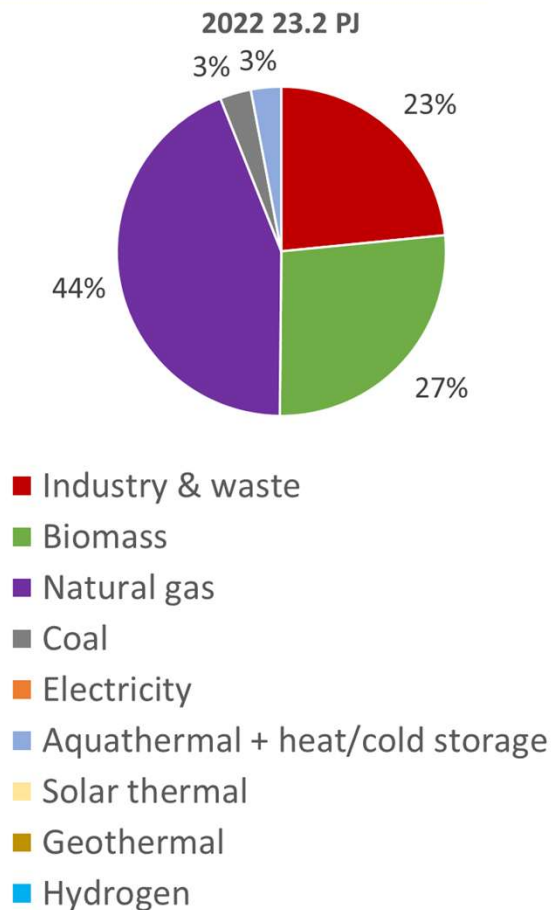
Gebouwde omgeving

- Warmte: aardgas wordt vervangen door warmtepompen en warmtenetten
- Bij krimpende industrie:
 - Gasdistributie op met aardgas, groen gas en waterstof
 - Restemissies CO₂ worden gecompenseerd met negatieve emissies (BECCS).



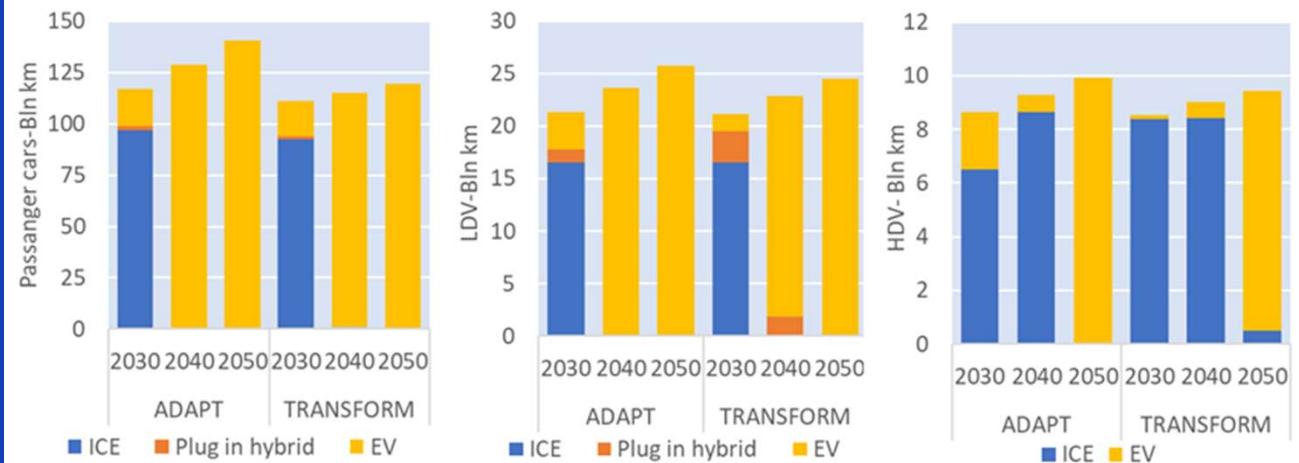
Warmtenetten

- Ten opzichte van 2022 groeit omvang van warmtenetten in 2050 in ADAPT met factor 5,7 en in TRANSFORM met factor 4,3



Wegtransport

- Personenauto's en bestelbusjes:
 - Na 2030 volledig geëlektrificeerd.
- Vrachtauto's
 - Ook elektrificatie.
 - Vrijwel volledige elektrificatie na 2040.
 - Geen rol voor waterstof.

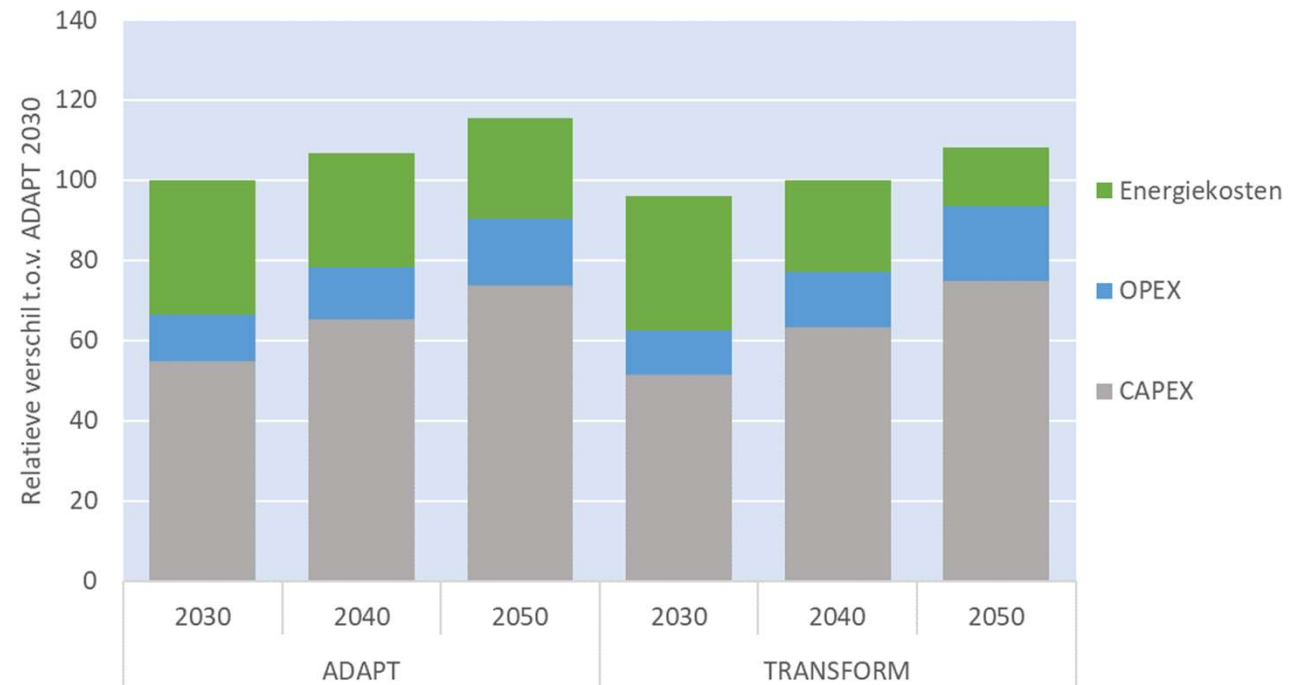


ICE: internal combustion engine

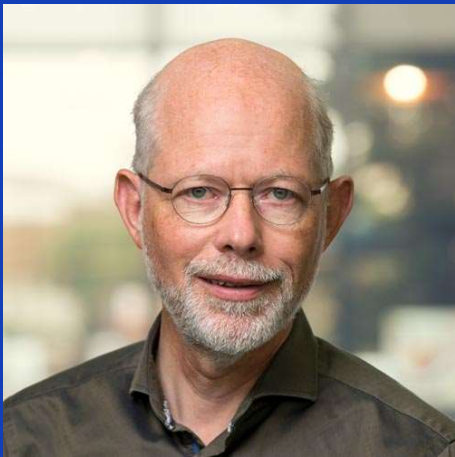
EV: electric vehicle

Systeemkosten

- Systeemkosten: kapitaalskosten, operationele kosten, kosten energie-infrastructuur en kostensaldo van energie-import en -export.
- Systeemkosten TRANSFORM lager dan ADAPT door lagere energievraag.
- ADAPT is meer afhankelijk prijsontwikkelingen fossiele brandstoffen vanwege groter aandeel.
- Kosten eindgebruikers afhankelijk van:
 - Verdeling van de kosten over sectoren
 - Heffingen, subsidies, etc.



Bedankt voor uw aandacht



Contact

Martin Scheepers

Senior consultant energy transition

✉ martin.scheepers@tno.nl