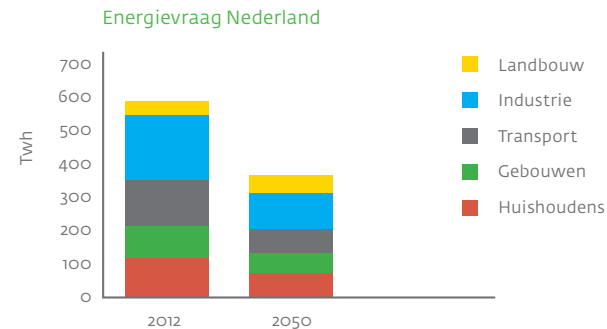


Deel 1

Verkenning 2050 -
een toekomstbeeld

Het is 2050. Nederland gebruikt aanzienlijk minder energie dan in 2015. Kolen en olie worden als te vervuilend beschouwd en zijn uit de samenleving verdwenen. Door isolatie van woningen, toepassing van efficiënte technieken in de industrie, de bebouwde omgeving, en de mobiliteit is de energievraag met ruim 40% gedaald ten opzichte van 2015. De CO₂-uitstoot in de energiesector is verwaarloosbaar, waarmee wordt voldaan aan de ambitie om de energiesector in Nederland in 2050 volledig CO₂-neutraal te maken.



Woningen en andere gebouwen zijn in 2050 zeer goed geïsoleerd. Ze worden vaak (via warmtenetten) verwarmd met geothermie en restwarmte. In nieuwbouwhuizen worden elektrische bodem-warmtepompen toegepast. In oudere huizen worden hybride warmtepompen (luchtwarmtepomp met HR-ketel) gebruikt, en blijft (groen) gas gebruikt worden. Het aantal elektrische apparaten in huishoudens is in 2050 fors toegenomen, maar door aanzienlijke efficiencyverbeteringen is de elektriciteitsvraag voor verlichting en apparaten ongeveer gelijk aan het niveau in 2015.

WONINGEN EN GEBOUWEN 2050

- Elektriciteitsvraag voor verlichting + apparaten (excl. warmtepompen) is ongeveer gelijk aan 2015.
- Warmtevraag daalt met 60%.
- Aanbod: 50% warmtenet, 25% all-electric warmte voorziening (bodem warmtepomp), 25% hybride warmtepomp (luchtwarmtepomp met HR-ketel).

De industrie gebruikt in 2050 door toepassing van best beschikbare technieken ruim 45% minder energie dan in 2015. De omvang van de industriële sector in Nederland in 2050 is vergelijkbaar met 2015.

INDUSTRIE 2050

- Omvang industrie in 2050 vergelijkbaar met 2015.
- Ruim 45% energiebesparing t.o.v. 2015 door gebruik van best beschikbare technieken.



Personenauto's rijden in 2050 volledig elektrisch, waardoor ook in deze sector duurzame energiebronnen kunnen worden ingezet. Voor vrachtwagens is overschakelen naar volledig elektrisch geen optie. Vrachtwagens zullen daarom in 2050 (grotendeels) op biobrandstoffen rijden.

MOBILITEIT 2050

- Auto's rijden in 2050 elektrisch (34 TWh); Een alternatief is waterstof met vergelijkbare CO₂-reductie.
- Vrachtwagens rijden in 2050 op biobrandstof (35 TWh), waarvan deels bio-LNG.
- Internationale lucht- en scheepvaart niet in target.



De eigen duurzame elektriciteit komt in 2050 grootschalig vanaf de ondiepe Noordzee, die zich heeft ontwikkeld tot de grootste windlocatie in Europa. Decentrale elektriciteit wordt eveneens op grote schaal geproduceerd (zonne-elektriciteit). In 2050 bevinden zich op elk gebouw in Noordwest-Europa zonnepanelen. Bovendien wordt 'nutteloze' publieke ruimte (langs snelwegen, bij vliegvelden, enzovoorts) zoveel mogelijk gebruikt als locatie voor zonnepanelen. Deze decentraal geproduceerde duurzame elektriciteit wordt aangevuld met een beperkte hoeveelheid elektriciteit uit windparken op het land.

ZON EN WIND 2050

- Zon-PV: 66 GW, 60 TWh/y
- Wind-op-Zee: 34 GW, 119 TWh/y
- Wind-op-Land: 8 GW, 14 TWh/y



Met name in de zomer wordt veel niet direct bruikbare zonne- en windelektriciteit geproduceerd. De elektriciteits- en gasinfrastructuur is zo ingericht, dat deze elektriciteit kan worden omgezet in waterstof (P₂G) om elders te worden benut of te worden opgeslagen, zodat het op een later tijdstip gebruikt kan worden. Opslag in accu's is voor een deel van de niet direct bruikbare elektriciteit mogelijk, en kan dienen ter overbrugging van dag/nacht onbalans. Daarnaast kan elektriciteit worden omgezet in warmte (P₂Heat) voor zowel lage als ook hoge temperatuurwarmte. Gebruik van de allerhoogste pieken aan elektriciteitsproductie is niet rendabel, deze pieken worden daarom niet gebruikt.

INZET NIET DIRECT BRUIKBARE DUURZAME ELEKTRICITEIT

- P₂G: 35 TWh/y; minimale bedrijfstijd 4000 uur
- P₂Heat: 25 TWh/y
- Accu's: 10 TWh/y



Biomassa is een schaars goed waarmee zorgvuldig moet worden omgegaan. Via de Nederlandse havens komen in 2050 grote hoeveelheden biomassa naar Nederland die worden ingezet volgens het principe van cascadering. Een deel wordt niet-energetisch gebruikt als grondstof in (tussen) producten, de rest wordt omgezet in energiedragers die kunnen worden opgeslagen en worden ingezet op momenten dat te weinig andere duurzame energiebronnen beschikbaar zijn. Dit betreft bijvoorbeeld groen gas of biobrandstoffen voor mobiliteit. Verder wordt biomassa in de vorm van bio-LNG en groen pijpleidinggas uit regio's zoals Scandinavië en Oost-Europa geïmporteerd.

BIOMASSA NEDERLAND 2050

- Gebruik voor NL: 800 PJ waarvan 600 PJ import
- Gebruik: 33% non-energetisch, 44% t. b.v. groen gas, 66% efficiëntie 22% t. b.v. biobrandstof



Op plaatsen waar restwarmte en/of diepe geothermie beschikbaar is en lokaal via warmtenetten aan de markt beschikbaar kan worden gesteld, speelt deze vorm van energie een belangrijke rol in de warmtevoorziening voor woningen, utiliteitsgebouwen en voor de tuinbouw. Initieel zal de nadruk op restwarmte liggen, maar rond 2050 zal geothermie de belangrijkste warmtebron voor warmtenetten zijn. Voor de piekvraag is (groen) gas beschikbaar.

GEOTHERMIE EN RESTWARMTE 2050

- *Input warmtenetten: 45 TWh geothermie
10 TWh restwarmte en bijstook*
- *Output warmtenetten: 25 TWh woningen+gebouwen
20 TWh tuinbouw
10 TWh efficiency-verlies (20%)*

Het variabele aanbod van duurzame elektriciteit uit zon en wind moet op de vraag naar elektriciteit worden afgestemd. Niet alleen op jaarbasis, maar ook op uurbasis of korter moeten vraag en aanbod met elkaar in balans zijn. Typisch tijdens windstille winterweken, maar ook op grauwe of mistige dagen wanneer het aandeel zon en wind onder een bepaald niveau zakt, is er onvoldoende aanbod aan elektriciteit uit wind en zon, en wordt (bij voorkeur groen) gas bijgeschakeld voor elektriciteitsproductie. De inzet van aardgas gebeurt in 2050 alleen als er geen andere opties meer zijn.

CENTRALES & WKKs 2050

- *Kolencentrales: uitgefaseerd*
- *Gascentrales: 22 GW vermogen, 4 TWh productie*
- *WKKs: 2 GW vermogen, 7 TWh elektrisch + 8 TWh heat productie*

De industrie heeft grote hoeveelheden energie voor de opwekking van hogetemperatuurwarmte. Duurzame elektriciteit en geothermie bieden hiervoor onvoldoende oplossing. Biomassa, waterstof en groen gas kunnen een oplossing bieden, maar hiervan is ook in 2050 nog onvoldoende beschikbaar om de industrie volledig te verduurzamen. Om de uitstoot van CO₂ zoveel mogelijk te vermijden wordt aardgas als minst vervuilende fossiele brandstof ingezet. De industrie wordt beleverd door een mix van groen gas en aardgas, waarbij CO₂-emissies zoveel mogelijk afgevangen en opgeslagen worden. CO₂-emissies bij omzetting van biomassa naar groen gas worden eveneens afgevangen en opgeslagen, wat leidt tot negatieve CO₂-emissies. Lege gasvelden (op zee) worden in 2050 benut voor de opslag van CO₂ die vrijkomt bij de verbranding van (aard)gas.

CCTS

- *Geen inzet bij centrales vanwege lage bedrijfstijden.*
- *Wel inzet in de industrie op 35% vd installaties.*
- *Inzet CCTS bij productie van groen gas.*
- *Nederland heeft in lege velden op zee voor tientallen jaren CO₂-opslagcapaciteit.*

Als gevolg van vaak overvloedig beschikbare elektriciteit worden in 2050 nog nauwelijks grootschalige industriële WKK-installaties gebruikt. Alleen in de tuinbouw en de bebouwde omgeving wordt nog beperkt gebruik gemaakt van flexibele WKKs.

Op nationaal niveau is sprake van verregaande systeemintegratie en zijn gas, warmte en elektriciteit maximaal met elkaar vervlochten via onder andere Power-to-Gas (P2G), Power-to-Heat (P2Heat), hybride warmtepompen, elektriciteitscentrales (centraal en in de wijk) en gas voor de piekvraag van warmtenetten. Hierdoor heeft Nederland ook in 2050 een zeer solide en betrouwbare energie-infrastructuur, waarbij veranderingen in de aanvoer of de productie van energie, of technische storingen, gemakkelijk binnen het systeem (electriciteit, gas, warmte) kunnen worden opgevangen. Het Nederlandse elektriciteitsnet is daartoe verder uitgebouwd in pentalateraal verband, en het vormt - net zoals het gasnet - een geheel met omliggende landen. De netten worden gezamenlijk met de andere Europese landen beheerd, energie stroomt vrijelijk door geheel Europa en aangrenzende gebieden. Dankzij koppeling met de Zuid-Europese netwerken kan zuidelijke zonnestroom naar Noord-Europa stromen. Waterstof, via zonne-energie geproduceerd, wordt vanuit Noord-Afrika ingevoerd in het Europese energiesysteem.

Door prijsprikkels worden burgers en bedrijven dagelijks gestimuleerd energie te besparen en de energievorm te kiezen die het meest beschikbaar is. Mede hierdoor wordt verspilling van beschikbare energie zo veel mogelijk voorkomen.

Het gastransportnet transporteert in 2050 aanzienlijk minder gas dan in 2015, maar vormt nog altijd de ruggengraat voor een ongestoorde energievoorziening. De rol van gas verschuift daarbij meer naar het leveren van flexibiliteit. Volgens een eerste analyse bedraagt het gasverbruik in Nederland in 2050 circa 133 TWh, en bestaat uit een mix van aardgas (35 TWh), groen gas (65 TWh) en waterstof uit P2C (33 TWh). Dit is een forse daling (-68%) ten opzichte van het huidige gasverbruik. Maar in perioden van hoge energievraag en weinig aanbod van duurzame energie (zon, wind) kan veel gas worden getransporteerd en, indien nodig, in elektriciteit of warmte worden omgezet.

BINNENL. GASVRAAG (VOLUMES TWH/Y)	2015	2030	2050
Centrales	80	62	7
Huishoudens & commercials	↓	61	22
Industrie	338	143	89
Land- & tuinbouw	↓	12	4
Mobiliteit	0	0	10
TOTAAL	418	278	133
		-33%	-68%

De capaciteitsvraag van gas daalt veel minder snel dan de volumevraag, omdat de rol van gas verschuift van bulk naar flexibiliteit. De capaciteit voor gas blijft daarbij nodig om (weliswaar minder) gas op maat te kunnen leveren.