

gasunie
crossing borders in energy



Verkenning 2050

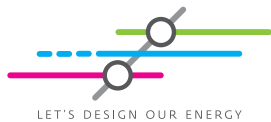
Discussiestuk

gasunie
crossing borders in energy

Verkenning 2050

Discussiestuk

Mei 2016



Inhoud

Voorwoord

Inleiding

1 Gasunie Verkenning 2050 - Discussiestuk

2 Onderbouwing

- Verlaging van de energievraag
- Energie-aanbod: zon en wind
- Energie-aanbod: geothermie
- Energie-aanbod: fossiele energie
- Energie-aanbod: WKK's
- Carbon Capture Transport and Storage (CCTS)
- Power-to-Gas
- Uitgangspunten en game changers
- Samenvatting van gevraagde inspanningen

Voorwoord

Het debat over de energietransitie heeft als doel te komen tot een CO₂-neutrale energievoorziening in Nederland in het jaar 2050. Deze Verkenning 2050 van Gasunie schetst hoe zo'n energievoorziening eruit zou kunnen zien.

Met deze verkenning willen wij deelnemers in de energiedialoog helpen zich een beeld te vormen van de omvang en aard van de maatregelen die ons inziens nodig zijn om in 2050 een CO₂-neutrale energievoorziening te bereiken. Het is een beeld dat gebaseerd is op onze kennis van nu. Met die kennis moeten we het nu eenmaal doen, ook al zal de werkelijkheid, zo veraf in de toekomst gelegen, waarschijnlijk anders zijn. Het gepresenteerde beeld is daarom vooral bedoeld als bijdrage aan de discussie over energietransitie die wij nu met elkaar voeren.

Het zijn die discussie en dialoog over keuzes en afwegingen in het heden die moeten leiden tot beleid, activiteiten en samenwerkingsvormen voor de beoogde CO₂-neutrale energievoorziening van de toekomst. Daar waar in dit stuk zelf ook al keuzes worden gemaakt, geven we dit duidelijk aan. Zo nemen we bijvoorbeeld aan dat Nederland ervoor kiest zijn industrie en bedrijvigheid te behouden en dat economische kansen worden verzilverd. Dat heeft vanzelfsprekend impact op het hier geschetste energiebeeld van 2050.

De dialoog over energietransitie kenmerkt zich door grote verschillen in inzicht en aanpak van verduurzaming, maar er zijn altijd drie centrale elementen te onderscheiden. Randvoorwaarden voor een geslaagde transitie vinden we stevast terug in de woorden *duurzaam, betrouwbaar en betaalbaar*. De uitdaging van de energietransitie is om weloverwogen keuzes te maken die rekening houden met alle drie de aspecten.

Onze verkenning laat zien dat een CO₂-neutrale energievoorziening gerealiseerd kan worden als we maximaal inzetten op hernieuwbare energiebronnen als zon-PV, wind en biomassa, maar ook op energiebesparing en CCS.

Dat zo'n energietransitie geld kost, weet iedereen. Wij willen dit (desondanks nog vaak onderbelichte) aspect concreet maken en in de dialoog betrekken. Goed zicht op de kosten van maatregelen helpt het maken van breed gedragen keuzes en daarmee het welslagen van de energietransitie. Om inzicht te bieden in de vraag wat een CO₂-neutrale toekomst financieel gezien voor Nederland zou betekenen, hebben wij het adviesbureau Berenschot, in samenwerking met Quintel, gevraagd ons beeld voor 2050 op financiële consequenties door te rekenen. Het rapport komt uit op een verdubbeling van kosten. In de komende periode zullen we in dialoog met elkaar verder moeten uitzoeken wat de slimste en meest gewenste aanpak is en tot welke bijstellingen van de kosten dat kan of moet leiden. Wij roepen iedereen die deelneemt aan het debat over energietransitie ook het kostenaspect mee te nemen.

Achterin het boekje vindt u een samenvatting uit het rapport van Berenschot. Het integrale rapport kunt u raadplegen via www.letsdesignourenergy.nl. Aanvullende of alternatieve inzichten zijn welkom via LetsDesignOurEnergy.nl.

Inleiding

In het kader van het Energierapport 2015 heeft Gasunie verkend hoe de energiesector in de toekomst CO₂-neutraal kan worden. Deze Gasunie Verkenning geeft een beeld van de Nederlandse energievoorziening in 2030 en 2050 die voldoet aan de Europese targets ten aanzien van CO₂-reductie. In dat beeld is de energiesector in Nederland in 2050 vrijwel volledig CO₂-neutraal¹.

In deze Verkenning wordt uitgegaan van bestaande technologieën. 'Lock in'-investeringen worden vermeden. Revolutionaire game changers worden buiten beschouwing gelaten. Toegepaste technologieën hoeven niet noodzakelijk al economisch rendabel te zijn.

Om in 2050 een 100% CO₂-reductie in de energiesector te realiseren moeten ingrijpende – en soms extreme – keuzes worden gemaakt ten aanzien van noodzakelijke energiebesparing, realiseerbare aanbodvolumes en capaciteiten uit duurzame bronnen, kostenniveau, maatschappelijke acceptatie van technieken en technologische innovatie. De te maken keuzes zullen slechts realiseerbaar zijn door zeer forse inspanningen: het plaatsen van grote aantallen windturbines en het slaan van veel putten ten behoeve van geothermie, het plaatsen van zeer grote aantallen warmtepompen in huizen en utiliteitsgebouwen en zeer forse inspanningen ten aanzien van isolatie van huizen en energiebesparingen in de industrie. Deze maatregelen zullen kosten² met zich meebrengen bij producent, transporteur en consument. De kosten die zijn gemoeid met het beeld in deze Verkenning zijn onafhankelijk berekend door Berenschot, in samenwerking met Quintel. Een samenvatting van deze analyse is te vinden achterin deze uitgave.

1. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het Energy Transition Model van Quintel (referentiejaar 2012), aangevuld met eigen berekeningen.
2. Kosten van de Gasunie Verkenning 2050. Kostenberekening van het energiesysteem in 2050 van de door Gasunie opgestelde 'Verkenning 2050' door Berenschot, eindrapport d.d. 27 mei 2016

Omwille van eenvoud zijn steeds eenduidige keuzes gemaakt, hoewel in de praktijk waarschijnlijk ook (tijdelijke) niche-markten zullen bestaan.

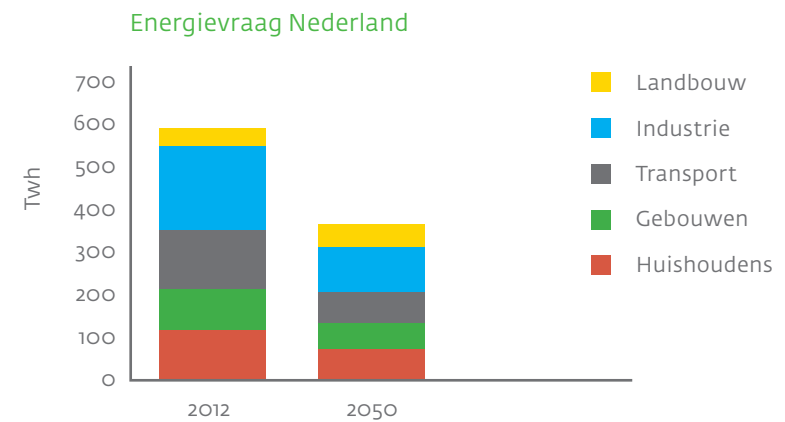
Het toekomstbeeld dat wordt geschetst in deze Verkenning wijkt significant af van de scenario's uit het door Gasunie Transport Services gepubliceerde Netwerk Ontwikkelings Plan (NOP)³. De reden hiervoor is dat de Gasunie Verkenning en het NOP verschillende doelstellingen nastreven. Het NOP beschouwt vanuit de huidige situatie ('forecasting') welke transportmaatregelen noodzakelijk zijn om aan een redelijkerwijs te verwachten toekomstige transportvraag te kunnen voldoen. Daarbij wordt de periode tot 2035 bechouwd en ligt de focus hoofdzakelijk op gas. De Verkenning daarentegen neemt een CO₂-neutrale energievoorziening in 2050 als uitgangspunt en onderzoekt van daaruit welke maatregelen getroffen moeten worden om dit te realiseren ('backcasting'). Daarbij ligt de focus veel breder dan alleen op gas; er wordt naar de energiesector als geheel gekeken. Het geschetste toekomstbeeld in deze Verkenning is dus geen verwachting of scenario, maar een verkenning van een energiesituatie die CO₂-neutraal is.

3. Gasunie Transport Services – Netwerk Ontwikkelingsplan 2015, 16 Juli 2015

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-energie). 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 4000uur
- 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 behoeft 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 omringende 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 P2G (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.

Deel 2

Onderbouwing

Verlaging van de energievraag

Een belangrijk aspect bij de reductie van CO₂ is een verlaging van de energievraag. Bij huishoudens wordt een forse daling van de energievraag (-38%) gerealiseerd:

- Door nieuwbouw van energiezuinige woningen, vergaande isolatie bij bestaande bouw, en het toepassen van efficiënte verwarmingstechnieken kan de energievraag voor ruimteverwarming fors dalen. Energiebesparingen in een range van 40% tot 60% zijn haalbaar⁴. Teneinde een volledig CO₂-neutrale energiesector te realiseren moet de bovenkant van de range worden nagestreefd, reden waarom Gasunie in deze Verkenning uitgaat van 60%. Dit vraagt forse inspanningen.
- De vraag naar warm tapwatergebruik hangt sterk af van het gedrag van de bewoners en is daarom constant verondersteld ten opzichte van 2015.
- Koken op gas kan alleen nog in huizen met een gasaansluiting. Het vormt slechts een klein deel van de energievraag van huishoudens en het aandeel blijft naar verwachting constant.
- Elektrische apparaten zullen aanzienlijk efficiënter worden. De ontwikkeling van efficiëntere elektrische apparatuur wordt teniet gedaan door groeiend gebruik van deze apparatuur. We veronderstellen derhalve dat de elektriciteitsvraag zal toenemen met de groei van de bevolking.

INSPANNING T.A.V. ISOLATIE VAN GEBOUWEN

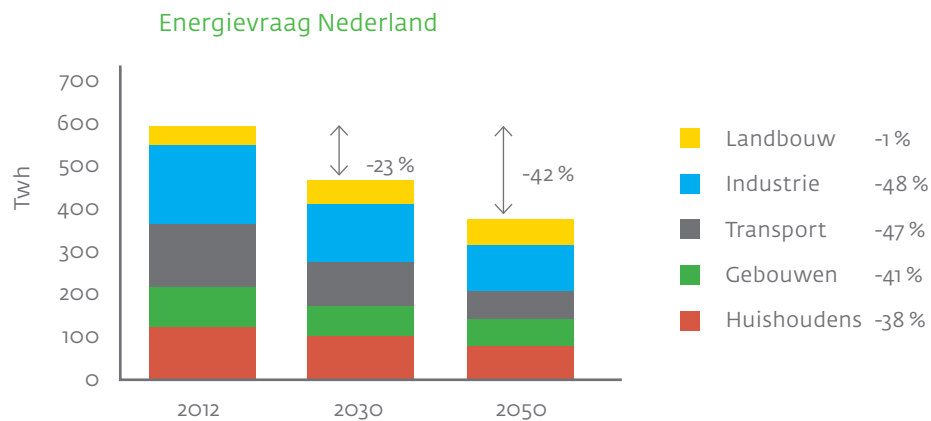
- Nieuwbouw EPC=0 of nog lager
 - bestaande bouw
 - 2030: minimaal RC2 isolatiegraad
 - 2050: Bestaande bouw vrijwel RC5 isolatieniveau (huidig isolatieniveau nul-op-de-meter woning)
 - Aantal gebouwen in 2050: circa 8,5 mln, waarvan
 - ca. 5 mln gebouwd voor 1991
 - ca. 1,5 mln gebouwd tussen 1991 en 2012
 - ca. 2 mln gebouwd na 2012
- 140.000 tot 190.000 woningen per jaar isoleren

INSPANNING T.A.V. (HYBRIDE) WARMTEPOMPEN 2030: ONGEVEER 750.000 HYBRIDE WARMTEPOMPEN

- 2050: 25% van 8,5 miljoen huizen = ruim 2 miljoen hybride warmtepompen, idem voor all electric pompen
- 100.000 (hybride) warmtepompen per jaar installeren

4. Bron: 'De systeemkosten van warmte voor woningen' van Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) en adviesbureau Ecofys, in samenwerking met onder andere netwerkbeheerders TenneT, Gasunie Transport Services en Alliander. November 2015. <http://www.ecofys.com/nl/press/keuze-verwarmingstechnologie-huishoudens-grote-invloed-op-netwerkkosten/>

Voor zogenaamde commercials (utiliteitsbouw) veronderstellen we een vrijwel zelfde ontwikkeling van de vraag naar elektriciteit en warmte als voor huishoudens. Door de snellere vervanging van dit type gebouwen en de aanzienlijke vraag naar koeling zal de toepasbare techniek mogelijk iets afwijken, maar gezien de grote variaties in gebouwen die binnen deze categorie vallen is voor de eenvoud dezelfde verhouding als bij huishoudens aangehouden.



Voor de industrie verwachten we door een verbetering van productietechnieken een verlaging van de vraag naar energie in 2050 met 48% ten opzichte van het huidige niveau⁵. Daarbij gaan wij uit van een omvang van de industriële sector in Nederland in 2050 die vergelijkbaar is met 2015. Sommige industrieën zullen zijn vertrokken of verdwenen. Andere industrieën, zullen zijn gegroeid. Deels zal Nederland in deze sectoren een exportpositie kunnen ontwikkelen. Ook zullen bepaalde industriële activiteiten, die in de 20e eeuw zijn verplaatst naar andere continenten, terugkomen naar Europa. Naast ontwikkelingen zoals 3D-printing en robotisering, spelen daarbij een belangrijke rol: productie overzee leidt niet tot een vermindering van de mondiale CO₂-uitstoot in het productieproces, maar verhoogt wel de mondiale CO₂-uitstoot van zeetransport.

De vraag naar agrarische producten zal, als gevolg van een mondiale bevolkingsgroei, in 2050 iets hoger liggen dan in 2015. De energievraag in de tuinbouw in Nederland zal eveneens licht toenemen.

5. Bronnen: (1) <http://pro.et-model.com> - Input openbare scenario's ETM model. Onze input is in lijn met de gemiddelde input, en is in lijn met de keuzes van VEMW; (2) Industriële energiebesparing vanuit bedrijfs perspectief, ECN-E-15-054, oktober 2015. MJA-convenant 2005-2020 verplicht deelnemers tot 2% energie-efficiency verbetering per jaar.

In de mobiliteitssector neemt de vraag naar energie fors af (circa 45%). Door overschakeling van auto's op benzine en diesel naar elektrisch wordt een aanzienlijke efficiencyverbetering gerealiseerd. Vrachtwagens rijden in 2050 grotendeels op biobrandstof, inclusief een deel bio-LNG, in plaats van diesel. Vanwege de eenvoud is in deze Verkenning gekozen voor volledige elektrificatie van auto's, maar ongetwijfeld zullen ook hybride oplossingen toepassing vinden. Daarnaast biedt waterstof eveneens goede mogelijkheden voor een verdere vergroening van het vervoer per auto.

Voor alle sectoren is verondersteld dat de verandering in de vraag naar (het type) energie tussen nu en 2050 zich lineair zal ontwikkelen. Dit geldt ook voor de elektrificatie van personenauto's, met dien verstande dat in de transitie in 2030 een deel van de auto's naar verwachting op bio-brandstof zal rijden.

Energie-aanbod: zon en wind

Een forse uitbreiding van geïnstalleerd vermogen aan zon-PV en wind is noodzakelijk om aan de gestelde CO₂-doelstellingen te voldoen. Deze inzet is zowel centraal (wind- en zonnevelden) als decentraal (zonnepanelen), maar roept tegelijkertijd een tweetal dilemma's op:

- Grote hoeveelheden wind en zon behoeven forse uitbreiding van het hoog- en middenspanningsnet.
- De marginale opbrengsten van additioneel geïnstalleerde capaciteiten nemen af, waardoor de business case niet meer uit kan en de uitbreidingen niet tot stand komen.

Tegen de achtergrond van forse investeringen is het eenvoudigweg weggooien van niet direct bruikbare elektriciteit niet acceptabel. Een forse uitbreiding van elektriciteit uit zon-PV en wind zal daarom slechts in combinatie met oplossingen voor de opslag en gebruik van elektriciteit via P2G, P2Heat en dag/nacht accu's kunnen plaatsvinden. Opslag kan mede bijdragen aan de noodzakelijke incentives om toekomstige forse investeringen in zon-PV en wind tot stand te doen komen. De elektriciteits- en gasinfrastructuur zal zo zijn ingericht dat de conversie van niet direct bruikbare hernieuwbare elektriciteit maximaal wordt gefaciliteerd. We veronderstellen voor 2050 een hoge inzet van zon-PV. In totaal gaan we uit van een geïnstalleerd vermogen van 66 GW op daken van huishoudens en gebouwen en in de vorm van zonnevelden. Hiermee wordt in 2050 58 TWh elektriciteit uit zon-PV opgewekt.



Voor de productie van elektriciteit uit wind veronderstellen we een geïnstalleerd vermogen van 42 GW, waarvan 34 GW op zee. Hiermee wordt in 2050 133 TWh aan elektriciteit uit wind opgewekt.

BRONNEN VOOR MAX POTENTIEEL WINDENERGIE

- ECN: 34 GW Wind-op-Zee, 8 GW wind-op-Land

INSPANNING VOOR 34 GW WINDENERGIE OP ZEE

- Gemiddelde capaciteit windturbine 5 MW
- Aantal benodigde windturbines (bij 34 GW) = 6800
- Constructieperiode ca 30 jaar
- 20 nieuwe turbines per maand, exclusief vervanging

Op basis van deze getallen en het Energieakkoord veronderstellen we een niet-lineaire ontwikkeling van zon- en windenergie:

	ZONNEPANELEN	ZONNEWEIDEN	WIND-OP-LAND	WIND-OP-ZEE
2014	1 GW		3 GW	0,2 GW
2030	8 GW	7 GW	8 GW	12 GW
2050	32 GW	34 GW	8 GW	34 GW

De niet direct bruikbare geproduceerde elektriciteit wordt deels opgeslagen in accu's, gebruikt als P2Heat en grootschalig opgeslagen via P2G. P2G heeft nog veel onderzoek en ontwikkeling voordat het economisch haalbaar is, en zal tot 2030 nog niet op grote schaal kunnen worden toegepast. Wel verwachten we dat de ontwikkeling van P2G in 2030 zo ver is, dat het in de jaren daarna economisch haalbaar wordt. In 2050 zal deze techniek grootschalig worden toegepast. In 2050 is er voldoende elektriciteit uit zon en wind beschikbaar voor de productie van 33 TWh aan waterstof uit niet direct bruikbare elektriciteit⁶.

6. Eigen berekeningen Gasunie. Daarbij veronderstellen we 12 GW aan P2G installaties met een bedrijfstijd van circa 4000 uur.

Energie-aanbod: biomassa

Biomassa is een schaars goed waarmee zorgvuldig moet worden omgegaan. Inzet van biomassa verloopt volgens het principe van cascadering. Onderdelen van biomassa vormen een uitstekende vervanger van olie en gas t.b.v. non-energetisch gebruik als grondstof in de energie. We gaan er in de Verkenning 2050 van uit dat één derde van de biomassa non-energetisch wordt gebruikt⁷. Het resterende deel wordt omgezet in energiedragers die kunnen worden opgeslagen en worden ingezet op momenten dat te weinig duurzame energiebronnen beschikbaar zijn. Dit betreft met name groen gas of brandstoffen voor mobiliteit (biodiesel, bio-ethanol), en geldt zowel voor geïmporteerde biomassa als voor Nederlandse biomassa.

BIOMASSA

- Efficiency vergisting ('natte' biomassa): 55%
- Efficiency vergassing ('droge' biomassa): 70%

2030

- 150 PJ binnenl. productie, 200 PJ import (totaal 97 TWh)
- Non-energetisch gebruik (1/3): 32 TWh
- Inzet als groen gas (1/3) @ 64% efficiency = 20 TWh
- Inzet als biobrandstof (1/3) @ 50% efficiency = 17 TWh

2050

- 200 PJ binnenl. productie, 600 PJ import (totaal 222 TWh)
- Non-energetisch gebruik (1/3): 74 TWh
- Inzet als groen gas (4/9) @ 66% efficiency = 68 TWh
- Inzet als biobrandstof (2/9) @ 50% efficiency = 25 TWh

Op termijn zal in Nederland 200 PJ biomassa van Nederlandse oorsprong beschikbaar zijn, meest 'natte' biomassa. De benodigde technieken om deze biomassa in te zetten voor energetisch en non-energetisch gebruik zijn al grotendeels voorhanden, ethische aspecten (inclusief milieu aspecten) en certificering behoeven nog wel de nodige aandacht. In onze Verkenning gaan wij er vanuit dat deze vorm van biomassa relatief snel kan worden ingezet, en in 2030 al 150 PJ beschikbaar is.

7. Eigen aanname. Hierdoor wordt circa 65% van de benodigde hoeveelheid gas en olie voor non-energetisch gebruik in de industrie in 2050 vervangen door biomassa.

Op basis van de mondiaal beschikbare hoeveelheid biomassa, de relatieve bevolkingsomvang in Nederland en inzet van biomassa in Nederland voor efficiënte en hoogwaardige toepassingen, gaan we er vanuit dat op termijn 600 PJ aan biomassa geïmporteerd kan worden⁸, meest 'droge' biomassa. Techniek, infrastructuur, oplossingen voor ethische vraagstukken en certificering moeten nog verder ontwikkeld worden, waardoor het nog tot 2050 zal duren voordat de volledige 600 PJ op de Nederlandse markt kan worden ingezet. Voor 2030 gaan wij uit van 200 PJ geïmporteerde biomassa.

Vergassingstechniek ('droge' biomassa) heeft nog veel onderzoek en ontwikkeling voordat het economisch haalbaar is. De ontwikkeling daarvan zal in 2030 zo ver zijn, dat het economisch toepasbaar is. In de jaren daarna vindt verdere opschaling plaats.

Energie-aanbod: geothermie

Warmtenetten zullen in warmte gaan voorzien op plaatsen waar restwarmte en/of warmte uit geothermie beschikbaar is en lokaal op economische wijze aan de markt beschikbaar kan worden gesteld. De beschikbaarheid van geothermie en ontwikkeling van warmtenetten op de juiste locatie zijn hierbij de bepalende factor.

WARMTENETTEN 2030:

- Input: 20 TWh geothermie
20 TWh restwarmte + bijstook
- Output: 20 TWh woningen+gebouwen
15 TWh tuinbouw
5 TWh efficiency-verlies (20%)

WARMTENETTEN 2050:

- Input: 45 TWh geothermie
10 TWh restwarmte + bijstook
- Output: 30 TWh woningen+gebouwen
15 TWh tuinbouw
10 TWh efficiency-verlies (20%)

8. Deze veronderstelling is in lijn met CE Delft en Urgenda.

Via warmtenetten kan op termijn 30% tot 50%⁹ van de totale warmtelevering aan huizen en utiliteitsgebouwen worden geleverd. Teneinde een CO₂ besparing van 100% in de energiesector te realiseren moet de bovenkant van de range worden nagestreefd, reden waarom we er in deze Verkenning vanuit gaan dat 50% warmtelevering aan huizen en utiliteitsgebouwen via warmtenetten zal geschieden in 2050. Dit vraagt forse inspanningen.

In het komende decennium moet diepe geothermie verder worden ontwikkeld en vormt restwarmte een belangrijke bron voor warmtenetten. Op de langere termijn zal, door afnemende inzet van centrales en efficiëntieverbeteringen in de industrie, de beschikbare hoeveelheid restwarmte afnemen en worden deze warmtebronnen vervangen door geothermie. Schattingen omtrent het potentieel aan diepe geothermie variëren¹⁰. We gaan in deze Verkenning er vanuit dat in 2050 ten minste 45 TWh aan geothermie en 10 TWh aan restwarmte¹¹ beschikbaar is, waarmee 50% warmtelevering aan huizen en utiliteitsgebouwen via warmtenetten kan worden gerealiseerd¹².

INSPANNING VOOR 45 TWh GEOTHERMIE

- Thermisch vermogen per put à 10 MW: ~80 GWh
- 2030
 - Aantal benodigde putten (bij 20 TWh): 2 x 250
 - Constructieperiode tot 2030: 15 jaar
 - 3 nieuwe putten per maand
- 2050
 - Aantal benodigde putten (bij 45 TWh): 2 x 560
 - Constructieperiode tot 2050: 35 jaar
 - 3 nieuwe putten per maand

9. Bron: CE Delft 2015 *Op weg naar klimaat neutrale gebouwde omgeving 2050*. CE Delft stelt dat in 50% van de warmtevraag voorzien kan worden met warmtenetten. Voor de eenvoud is dit geïnterpreteerd als 50% van de huizen en utiliteitsgebouwen.

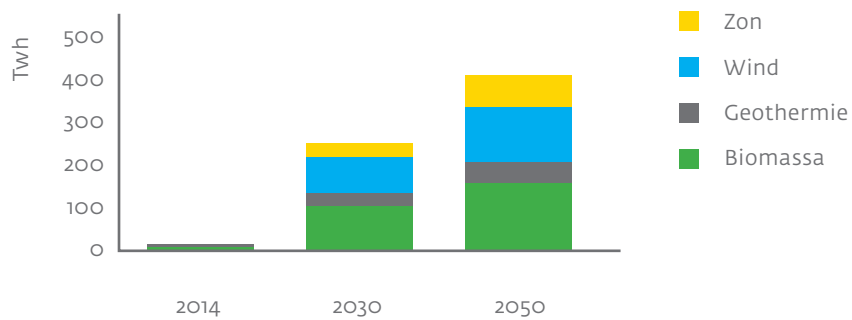
10. Bronnen voor diepe geothermie in 2050: ECN 7-28 TWh, DNV-GL 63 TWh, TNO/Ecofys 63-90 TWh.

11. Bronnen voor restwarmte in 2050: CE Delft 60 PJ (18 TWh), PBL 45-90 PJ (14-27 TWh).

12. Warmtevraag 2050 huishoudens 50 TWh, waarvan (o.b.v. 50% aansluiting op warmtenetten) 23 TWh via warmtenetten (bron: BDH). Voor utiliteitsgebouwen hebben we eenzelfde verhouding verondersteld, resulterend in 14 TWh warmte via warmtenetten.

De benodigde hoeveelheid (groen) gas voor de piekvraag van warmtenetten is 20% van de totale volumevraag van het warmtenet¹³.

Groene energie aanbod Nederland (input)

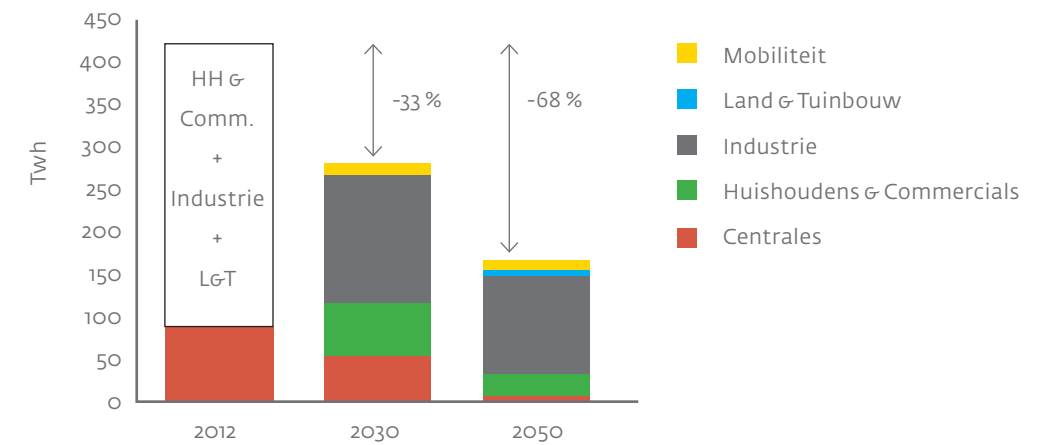


Grondgebonden all-electric warmtepompen voorzien 25% van de huizen en utiliteitsgebouwen (voornamelijk nieuwbouw en vrijstaande huizen) van warmte. De resterende 25% van de huizen en utiliteitsgebouwen hebben in 2050 een hybride warmtepomp (een luchtwarmtepomp in combinatie met een HR-ketel)¹⁴. Hybride warmtepompen wekken circa 85% van de warmte met elektriciteit op, (groen) gas wordt voor de resterende circa 15%¹⁵ ingezet. Dit is nodig om ook bij zeer koude weersomstandigheden (wanneer de luchtwarmtepomp onvoldoende warmte aan de buitenlucht kan onttrekken) voldoende warmte te kunnen genereren, zonder grote verzwaren van het elektriciteitsnet. Deze hybride input draagt bij aan de betrouwbaarheid van de energievoorziening.

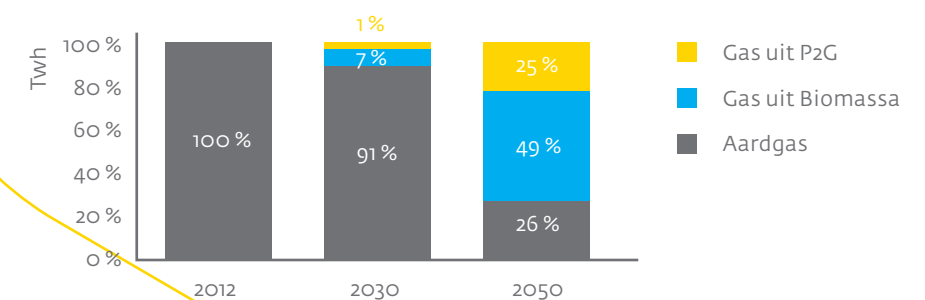
Energie-aanbod: fossiele energie

Uit de hierboven veronderstelde vraag en aanbod van energie kan worden berekend dat er in 2050 onvoldoende hernieuwbare energie beschikbaar is om de energievoorziening volledig te verduurzamen. Om de uitstoot van CO₂ zoveel mogelijk te vermijden wordt een beperkte hoeveelheid aardgas als minst vervuilende fossiele brandstof ingezet. Kolen en olie zijn te vervuilend en zoveel als mogelijk uit de samenleving verdwenen. Een uitzondering hierop vormt het gebruik van olie in de internationale lucht- en scheepvaart. Daarnaast wordt in sommige industriële productieprocessen nog beperkt kolen gebruikt.

Binnenlandse gasvraag



Ontwikkeling gas mix Nederland



13. 20% aanname o.b.v. waargenomen realisaties warmtenet door GTS.

14. Alleen de "grote" technieken zijn benoemd. Onder warmtenet vallen ook wijk-WKK, WKO etc., en binnen de groep hybride warmtepompen ook brandstofcellen, HR-ketels etc.

15. Bron: energie adviesburo Business Development Holland (BDH).

Energie-aanbod: WKK's

WKKs vormen een efficiënte methode voor de productie van energie, mits er voldoende gelijktijdige vraag naar warmte en elektriciteit is. Centrale WKKs en WKKs in de industrie worden in het algemeen alleen dan ingezet, wanneer zeker gesteld kan worden dat eventuele 'must-run' situaties niet tot verspilling van geproduceerde elektriciteit of warmte leiden. Op momenten van overvloedige zon en wind is er een overaanbod aan hernieuwbare elektriciteit. Er is dan geen vraag naar elektriciteit uit WKKs, maar in het algemeen bestaat er wel een vraag naar warmte vanwege de continuïteit van industriële processen. Dit leidt tot 'must run' situaties en de productie van overbodige elektriciteit. Daarom gaan we er in onze Verkenning vanuit dat centrale WKKs en WKKs in de industrie niet worden gebruikt¹⁶.

In de tuinbouw is sprake van inzet van flexibele WKKs. Ook hier staat, als gevolg van een toekomstig overschot aan duurzame elektriciteit, de business case voor nieuwe WKKs onder druk, maar zullen als gevolg van de mogelijkheden tot flexibele inzet de effecten geringer zijn. In onze Verkenning gaan we er van uit dat de inzet van WKKs in de tuinbouw tot 2030 zal halveren, en daarna constant blijft.

Carbon Capture Transport and Storage (CCTS)

Om aan de zeer uitdagende target van 100% CO₂-reductie in de energiesector in 2050 te kunnen voldoen is inzet van CCTS een onontkoombare keuze. Vanuit kosten oogpunt is CCTS alleen haalbaar indien een voldoende hoge bedrijfstijd kan worden gerealiseerd. Dat is met name in de industrie het geval. Of afvang van CO₂ in de industrie economisch zinvol kan worden toegepast is afhankelijk van het productieproces (één of meerdere punten van verbranding, bedrijfstijd). Europees onderzoek¹⁷ laat zien dat CCTS bij circa 35% van de installaties in de industrie kan worden toegepast.

CCTS

- Geen inzet bij centrales vanwege lage bedrijfstijd.
- Inzet in industrie: 2030 - 10% vd installaties, 2050 - 35% vd installaties.
- Inzet bij productie van groen gas, afvang-percentage 40% bij vergisting, 14% bij vergassing.
- Theoretische opslagcapaciteit NL exclusief Groningen: 2340 MTON CO₂ waarvan ruim 50% op zee, voldoende voor tientallen jaren.
- Ter vergelijking: CO₂ uitstoot NL 1990 = 152 MTON.
- Andere landen zijn minder goed geoutilleerd.

CO₂

16. Naar verwachting worden er nog wel wijk WKKs ingezet, maar hiervoor bestaan ook alternatieven.

17. Bron: Roadmap ECF 2050.

De beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit en accu's is voldoende om een groot deel van het jaar aan de elektriciteitsvraag te kunnen voldoen, maar soms zijn ook andere bronnen nodig. Met name gascentrales bieden in 2050 flexibiliteit op momenten dat onvoldoende hernieuwbare elektriciteit beschikbaar is, en opereren met een zeer lage bedrijfstijd. Inzet van CCTS is vanuit economisch oogpunt om die reden niet haalbaar¹⁸.

Vanwege het niet-duurzame karakter en het efficiency-verlies als gevolg van de inzet van CCTS beschouwen we CCTS¹⁹ als de "least preferred" doch noodzakelijke optie. Bij de productie van groen gas uit biomassa ontstaat ook CO₂. Omdat dit gas toch al verwijderd wordt is het relatief eenvoudig om de CO₂ ook te transporteren en op te slaan. Omdat de CO₂ in de biologische kringloop eerder al uit de atmosfeer is gehaald is hier zelfs sprake van negatieve CO₂-emissies. Dit is een voordeel van het gebruik van vergassing en vergisting om biomassa om te zetten in groen gas. Overigens is voor de afvang van CO₂ een separaat transportsysteem noodzakelijk. Een deel van dit transportsysteem wordt overbodig indien een veld "vol" is of wanneer de beschikbaarheid van voldoende groen gas CO₂-afvang overbodig maakt. Naast Carbon Capture Transport en Storage kan ook Carbon Capture Utilization worden overwogen, in combinatie met duurzame energie en het sluiten van de CO₂-kringloop zou dan wel een duurzame oplossing kunnen ontstaan. Tot op heden bestaat er weinig perspectief hiervoor, en zullen innovatiesprongen / game changers nodig zijn.

Nederland is goed geoutilleerd wat betreft de opslagcapaciteit voor CO₂. Theoretisch bedraagt de opslagcapaciteit in Nederland 2340 MTON CO₂ (exclusief Groningen 7000 MTON) waarvan ruim 50% op zee. De CO₂ uitstoot in Nederland bedraagt actueel circa 150 MTON per jaar, waarvan grofweg 35% in de industriële sector. Hiervan kan bij circa 35% van de installaties CO₂ afgevangen worden, hetgeen neerkomt op 20 MTON per jaar. Indien we abstraheren van efficiency-verbeteringen en zelfs een beperkte afvang van 10 MTON CO₂ bij centrales veronderstellen, dan nog is de Nederlandse opslagcapaciteit op zee voldoende voor ruim 40 jaar. Andere landen zijn minder goed geoutilleerd.

18. Wij veronderstellen in deze Verkenning 2050 slechts inzet van CCTS in de industrie, maar niet bij centrales, dit in tegenstelling tot sommige deskundigen (zoals Prof. Dr. W.C. Turkenburg) die van mening zijn dat CO₂-afvang ook bij centrales moet worden toegepast.

19. Bron: IEA ETSAP October 2010 CO₂ Capture & Storage: efficiency 85%, efficiency loss: 10% (kolencentrale van 45% naar 35%). Volgens een internetdiscussie Shell bron zou die 20% in de toekomst 10% worden (dus van 45% naar 40%). Overigens vangen CCS-technieken niet alle CO₂ af, maar moet worden uitgegaan van een afvangpercentage van circa 90%.

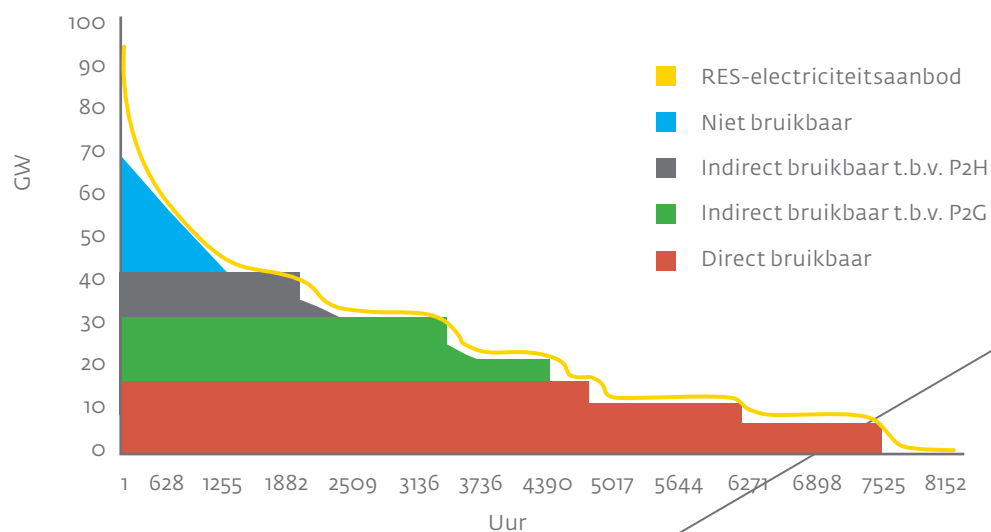
Power-to-Gas

De in deze Verkenning gehanteerde hoeveelheden opgesteld vermogen aan zon-PV en wind resulteren in een Load Duration Curve voor de elektriciteitsproductie zoals weergegeven in de grafiek.

Conclusies:

- Er blijven flinke perioden met tekorten. Deze treden typisch op in de winter (geen zon en periodes met minder wind), of in de nachten in een deel van de flankmaanden (accu's worden overdag onvoldoende opgeladen).
- Daarnaast is er sprake van langdurige elektriciteitsproductie die boven de vraag ligt.
- De capaciteitspieken die ontstaan liggen met 93 GW een factor 5 boven de huidige piekvraag naar elektriciteit, die ongeveer op 18 GW ligt. Zelfs als de toenemende elektrificatie leidt tot netverzwaring (wat hier ook verondersteld is) zal veel van het elektriciteitsoverschot lokaal moeten worden omgezet in andere vormen van energie of als elektriciteit moeten worden opgeslagen.
- Er is ruimte voor het plaatsen van 12 GW aan P2G capaciteit. Daarbij is verondersteld dat P2G-installaties economisch rendabel kunnen worden ingezet bij een bedrijfstijd van 4000 uur.
- Naast de conversie van niet-direct bruikbare elektriciteit via P2G kan circa 25 TWh gebruikt worden voor P2Heat. Daarbij is uitgegaan van een maximaal inzetbare capaciteit aan P2Heat in de industrie van 10 GW.
- Meer zon-PV en wind bijzetten leidt uiteindelijk alleen tot de productie van meer elektriciteitsoverschotten en beperkte, maar economisch onrendabele P2G-opbrengsten.

Load duration curve



Uitgangspunten en game changers

In deze Verkenning 2050 wordt met voorrang uitgegaan van bestaande technologieën en "no regrets". "Lock in" investeringen moeten worden voorkomen. Volledige game changers worden buiten beschouwing gelaten. Toegepaste technologieën hoeven niet noodzakelijk al economisch rendabel te zijn. Gegeven de tijdshorizon (2050) kunnen thans economisch niet haalbare ideeën zich zeer wel ontwikkelen tot economisch bruikbare technieken. Meer specifiek hanteren we enkele concrete uitgangspunten:

- Accutechnologie ontwikkelt zich voldoende (forse kostendaling) voor elektromobiliteit en het overbruggen van de dag-nacht-opslag in de elektriciteitsmarkt. Seizoensopslag met accu's is dan nog steeds niet haalbaar.
- Thermochemische technieken (hydreren van zout) bieden mogelijk op lange termijn mede een oplossing voor seizoensopslag van warmte. In 2050 is dit grootschalig nog niet haalbaar.
- P2G technologie kent een forse daling van de kosten waardoor economische toepassing zinvol wordt (bij voldoende grote bedrijfstijd van de elektriciteitsoverschotten).

Samenvatting van gevraagde inspanningen

Teneinde in Nederland te kunnen voldoen aan de Europese targets ten aanzien van CO₂-reductie worden zeer forse inspanningen gevraagd, waaronder:

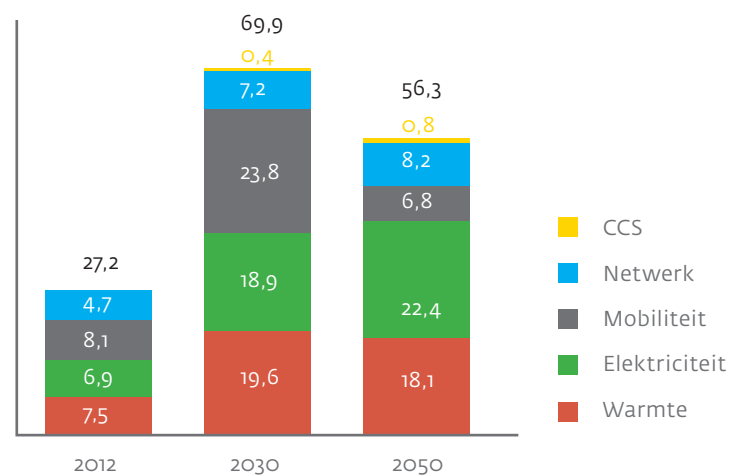
- Nieuwbouw: EPC=0 of nog lager
- Bestaande bouw: komende 35 jaar isolatie van 140.000 tot 190.000 woningen per jaar
- Installatie van 100.000 (hybride) warmtepompen per jaar
- Installatie van 20 nieuwe windturbines (5 MW) per maand
- Installatie van 66 GW zon-PV op daken en zonneweiden (totaal vermogen in 2014: 1 GW)
- Ontwikkelen biomassaproductie en import: 350 PJ (100 TWh) in 2030, 800 PJ (220 TWh) in 2050
- Ontwikkelen van biogasproductie: 20 TWh in 2030, 68 TWh in 2050
- Geothermie: constructie 3 nieuwe putten per maand
- Aanleg warmtenetten ten behoeve van 50% van de warmtebehoefte in huishoudens
- Aanleg CCTS netwerk ten behoeve van afvang en transport CO₂ (met name afvang industrie vanaf 2020)
- Ontwikkelen P2G ten behoeve van toepassing vanaf 2030

Om inzicht te bieden in de vraag wat een CO₂-neutrale toekomst financieel gezien voor Nederland zou betekenen, hebben wij het adviesbureau Berenschot, in samenwerking met Quintel, gevraagd ons beeld voor 2050 op financiële consequenties door te rekenen. Het rapport komt uit op een verdubbeling van kosten. Hieronder vindt u een samenvatting uit het rapport van Berenschot. Het integrale rapport kunt u raadplegen via www.letsdesignourenergy.nl.

Samenvatting conclusies Berenschot:

- De totale jaarlijkse kosten voor het energiesysteem komen in 2050 volgens de Verkenning van Gasunie uit op €56,3 miljard. Een groot deel van deze kosten zijn afkomstig van elektrificatie (o.a. Wind op zee, zon PV en extra netwerkinvesteringen). De kosten voor elektriciteitsproductie bedragen in 2050 dan ook ruim €22 miljard.
- De kosten voor de eindproductie van warmte zijn divers. Hoewel isolatie- en brandstofkosten een aanzienlijk deel van de €18,1 miljard/jaar in beslag nemen (voornamelijk door de kosten isolatie en brandstoffen), worden ook kosten verondersteld voor onder andere warmtepompen en geothermie.
- De hogere kosten voor het netwerk in 2050 zijn voornamelijk afkomstig van verzwaringen in het elektriciteitsnet door de hoge mate van elektrificatie. Ook het warmtenet wordt duurder vergeleken met 2012. De kosten voor de gasinfrastructuur nemen af.
- Voor de technieken die elektriciteitsoverschotten opvangen worden in de toekomst aanzienlijke kostendalingen verondersteld. Niet alleen accu's zullen richting 2050 goedkoper worden, ook Power2Gas zal (met name door de adoptie van nieuwere technieken) in prijs dalen. Relatief gezien blijven accu's echter duurder dan de Power-to-Gas en Power-to-Heat.
- In 2030 liggen de kosten voor het energiesysteem aanzienlijk hoger dan in 2050. Dit komt met name door de adoptie van elektrisch vervoer (wat een verlaging in brandstofkosten met zich meebrengt) en door de kostendalingen van overige technieken.

Totale kosten voor het energiesysteem: 2012 - 2030 - 2050 (in €mrd)



Colofon

N.V. Nederlandse Gasunie
Concourslaan 17
9727 KC Groningen
050 – 521 9111
www.gasunie.nl
www.letsdesignouenergy.nl

Vormgeving

Graphic Design Gasunie, Groningen

Vragen naar aanleiding van deze
publicatie?
communicatie@gasunie.nl

Mei 2016