

Wat is de beste bestemming voor de extra 10GW wind op zee capaciteit?

4 juli 2022

Bert Metz¹ en Eric Persoon²

Samenvatting

Het kabinet heeft besloten om uiterlijk in 2031 10GW extra wind op zee te realiseren ten behoeve van groene waterstof, elektrificatie van de industrie en nieuwe datacentra in de industriegebieden aan de kust. Deze opzet levert niet een maximale CO₂-reductie en ook niet voldoende flexibele stroomvraag om de piek en tekort van zon- en windenergie op te vangen. Door de kabels voor de extra windstroom verder het land in te trekken kan netcongestie worden vermeden en kan een flink deel van de extra windstroom worden ingezet voor elektrische auto's, warmtepompen bij huishoudens en bedrijven en elektrificatie van de industrie. Daarmee wordt meer CO₂-reductie en meer flexibele stroomvraag gerealiseerd. Voor groene waterstof zal in ieder geval een deel van de extra windstroom moeten worden gereserveerd in verband met EU-verplichtingen die er aankomen. Mogelijk omvat dat ook groene waterstof voor de ombouw van de Tata Steel ijzerfabricage, als er inderdaad een rendabel businessplan kan worden ontwikkeld zonder dat overmatige subsidies nodig zijn. In ieder geval zal import van minimaal 50% van de groene waterstof nodig zijn, gezien de kosten en de beperkte capaciteit van apparatuur om de komende jaren al groene waterstof te maken. Nieuwe grote datacentra kunnen, gezien hun beperkte bijdrage aan CO₂-reductie en de al aanwezige maatschappelijke weerstand, het best zoveel mogelijk worden vermeden.

Inleiding

Er is door het kabinet besloten om, boven op de afspraken uit het Klimaatakkoord, voor 2031 10GW extra wind-op-zee capaciteit te realiseren, goed voor ca 45 TWh extra groene stroom per jaar³. Daarbij is al direct gecommuniceerd dat deze capaciteit ten goede zou moeten komen van de vergroening van de Nederlandse industrie (via groene waterstof, elektrificatie van processen en nieuwe datacentra) en gezien de congestie op het elektriciteitsnet uitsluitend op de grote industriegebieden aan de kust, dicht bij de aanlanding van de extra windstroom⁴. Dit blijkt gebaseerd te zijn op een advies uit 2021 van de "Stuurgroep Extra Opgave"⁵. In dat advies wordt aanbevolen 27% van de extra op te

¹ Voormalig co-voorzitter IPCC Werkgroep Mitigatie en bestuurslid Stichting Grootouders voor het Klimaat

² Energie consultant en medeauteur van het KIVI energieplan 2050 : EnergyNL2050

³ <https://windopzee.nl/onderwerpen/wind-zee/wanneer-hoeveel/wind-zee-rond-2030/>

⁴ TNO, Extra opgave elektriciteitsvoorziening 2030, april 2022, https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2022Z11903&did=2022D24497

⁵ Advies Stuurgroep Extra Opgave, Ministerie EZK, april 2021, <https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2021/04/13/stuurgroep-extra-opgave>

wekken groene stroom in te zetten voor groene waterstofproductie, 26% voor nieuwe datacentra en 47% voor elektrificatie van industriële processen.

Hiermee wordt dus de keus te maken deze extra groene stroom niet in te zetten voor de vergroening van het huidige elektriciteitsgebruik van huishoudens, bedrijven en vervoer. De vraag is of dat verstandig is. Een belangrijk beoordelingscriterium zou kunnen zijn dat de toepassing met het grootste CO₂ effect prioriteit krijgt, conform de nadruk in het klimaatbeleid op CO₂-reductie en tegelijk ook rekening te houden met die keuzes die zo veel mogelijk flexibele stroomvraag mogelijk maken. We willen namelijk voorkomen dat er groene stroom verloren zou gaan op ogenblikken dat er veel aanbod is van wind en zon, wat in 2030 met de geplande capaciteit van wind- en zonne-energie zeker het geval zal zijn. Maar ook om het mogelijk te maken dat de gascentrales minder stroom moeten genereren bij te weinig aanbod van wind en zon.

In het algemeen kan men stellen dat een focus op alleen de 10 GW extra op zee geen optimale systeemoplossing biedt. Het is beter deze 10 GW te beschouwen tegelijk met de al eerder geplande 11 GW op zee en een verwachte 35 GW wind-op land en zonPV in 2030. Dat geeft ook meer mogelijkheden om de 10 GW extra wind nuttig te kunnen inzetten in de totale stroomvoorziening. We zullen ons echter hier om praktische redenen beperken tot alleen de inzet van de 10GW extra op zee.

Vergelijking van mogelijke toepassingen

Een berekening is uitgevoerd van de CO₂-reductie per TWh opgewekte groene stroom voor 7 toepassingen:

1. Vergroening van het elektriciteitsgebruik van huishoudens en bedrijven
2. Vervanging van een brandstofauto door een elektrische auto
3. Vervanging van een aardgasketel door een warmtepomp voor verwarming van huizen
4. Groene waterstof ter vervanging van grijze waterstof
5. Groene waterstof ter vervanging van het hoogoven proces van Tata Steel
6. Elektrificatie van industriële processen waarvoor nu aardgas wordt gebruikt
7. Groene stroom voor datacentra

1. Vergroening elektriciteit huishoudens en bedrijven

De CO₂-reductie kan worden bepaald door de vermindering van de CO₂ voetafdruk van de opgewekte stroom.

Volgens het Klimaatakkoord, zonder de extra 10GW wind op zee, zal de totale elektriciteitsvraag in 2030 122 TWh bedragen⁶. Het aandeel duurzame elektriciteit hiervan is

⁶ Tennet, Elektrificatie en vraagprofiel 2030, CE Delft, september 2020, https://www.tennet.eu/fileadmin/user_upload/Company/Publications/Technical_Publications/Dutch/CE_Delft_190446_Elektrificatie_en_Vraagprofiel_TenneT.pdf

49TWh uit wind op zee en 35 TWh uit wind op land en zon PV⁷, totaal 84 TWh, ongeveer 70% van de in het Klimaatakkoord aangenomen vraag. Met de extra 10GW wind op zee komt daar 45 TWh bij, totaal dus 129 TWh. Maar ook de elektriciteitsvraag zal toenemen door toenemende elektrificatie, volgens CE/Tennet⁴ met 25 TWh, wat de totale vraag in 2030 brengt op 147 TWh. Voor de berekening van de CO₂ voetafdruk van de elektriciteit rekenen we daarom met een totale elektriciteitsvraag in 2030 van 147 TWh.

In een recent rapport komt TNO tot een hogere elektriciteitsvraag in 2030, te weten maximaal 206 TWh. Deze schatting gaat echter uit van 100% lokale productie van groene waterstof en maximale elektrificatie. Bovendien zal de capaciteit voor groene stroom niet verder kunnen groeien dan de 122 TWh die wij hanteren. De extra CO₂ uitstoot van een eventuele extra stroomvraag zal dan met andere middelen (energiebesparing, import, CCS bij gascentrales, biomassa) moeten worden teruggedrongen om aan het kabinetsdoel van 6.1 Mt CO₂ emissie door de elektriciteitssector in 2030⁸ te voldoen. Om deze redenen houden wij in de berekeningen vast aan het hierboven genoemde stroomverbruik van 147 TWh.

Zonder de extra 10GW wind op zee betekent dat een bijdrage van 49 TWh wind op zee, met 10gCO₂/kWh en 35 TWh wind en zonPV op land, met een gemiddelde van 15 gCO₂/kWh (aanname WOL/zonPV =50/50, WOL 10g/kWh en zonPV 20g/kWh⁹). De CO₂ voetafdruk van de opgewekte stroom (rest is aardgas, met 380gCO₂/kWh) is dan 170 gCO₂/kWh $\langle (49 \cdot 10 + 35 \cdot 15 + (147 - 84) \cdot 380) / 147 = 170 \text{ gCO}_2/\text{kWh} \rangle$.

Met de extra 10GW wind op zee (en met de aanname dat er geen sprake zal zijn van curtailment omdat er maatregelen zijn genomen dat te voorkomen) is de voetafdruk 56gCO₂/kWh $\langle (94 \cdot 10 + 35 \cdot 15 + (147 - 129) \cdot 380) / 147 = 56 \text{ gCO}_2/\text{kWh} \rangle$. Dat betekent een CO₂-reductie van 170- 56 gram CO₂ per kWh en derhalve 0,114 Mton per TWh indien alle extra groene stroom in het reguliere elektriciteitsnet wordt ingevoerd.

In theorie zou de gehele productie van de extra wind op zee capaciteit hiervoor kunnen worden ingezet, zodat het gehele stroomverbruik (ex groei) van 122 TWh in 2030 een voetafdruk van 56 gCO₂/kWh heeft. Dat zou dan een maximale CO₂-reductie opleveren van $122 \cdot 0,114 = 13,9$ Mt per jaar. Voorwaarde hiervoor is dat er voldoende flexibel inzetbare vraag aanwezig is, zodat er ook weinig curtailment zal optreden: 21 GW wind op zee, 7 GW wind op land en 26 GW PV¹⁰ levert regelmatig zeer hoge vermogens af.

⁷ Klimaatakkoord 2019, <https://www.klimaatakkoord.nl/actueel/nieuws/2019/06/28/klimaatakkoord-in-stukken>

⁸ Ministerie EZK, Uitwerking coalitieakkoord energie en klimaat, 2022, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/02/11/kamerbrief-over-uitwerking-coalitieakkoord-klimaat-en-energie>

⁹ Bellona, Electrolysis hydrogen production in Europe, April 2021, <https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/2021/04/Electrolysis-Hydrogen-Production-In-Europe-5.pdf>

¹⁰ PBL, Klimaat- en Energieverkenning 2020, <https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2020>

2. Elektrische auto

De elektrische auto vervangt het gebruik van benzine en diesel. Het verwachte aandeel van (volledig) elektrische auto's in 2030 is 28 miljard voertuigkilometers¹¹. Als we het huidige aandeel verwaarlozen, uitgaan van de huidige verdeling van het aantal kilometers tussen benzine- diesel- en lpg-auto's (resp. 75,8, 27,3 en 1,6 miljard vkm¹²) en het huidige gemiddeld brandstofverbruik (resp. 6,6, 5,5 en 9,2 l/100km¹³), dan is de CO₂ reductie daarvan 4,14 Mton. Dat is de CO₂ uitstoot van de benzine in de auto, maar bij het maken van de benzine komt daar nog 30% bij¹⁴, dus de reductie totaal wordt dan 5,38 Mton. Het stroomverbruik van die elektrische auto's met een aangenomen verbruik van 19 kWh per 100 km¹⁵ is dan 5,32 TWh en de CO₂ reductie is dan $5,38/5,32 = 1,011 \text{ MtCO}_2/\text{TWh}$. Met een uitstoot van 56 gCO₂/kWh van de netstroom in 2030 (zie boven) betekent dat een netto CO₂-reductie van 0,451 Mton CO₂ per TWh.

Met de geschatte voertuigkilometers elektrisch van 28 miljard in 2030 en de daarbij behorende stroomvraag van 5,32 TWh zou dus een totale CO₂-reductie van 2,40 Mt per jaar $<0,451 * 4,76 = 2,40 \text{ Mt}>$ in 2030 kunnen worden gerealiseerd.

De elektrische auto leent zich ook optimaal voor het afnemen van flexibel vermogen. De auto's moeten dan wel flexibel kunnen laden bij een hoog aanbod van groene stroom, er moeten voldoende laadpalen komen en de auto's moeten voldoende lang aan de laadpaal kunnen hangen.

3. Warmtepomp

Een gemiddeld huishouden verbruikt in 2022 1170 m³ aardgas¹⁶. In het Klimaatakkoord is als doel gesteld 1,3 miljoen woningen in 2030 met warmtepomp (all-electric en hybride). Met ca 200.000 reeds geplaatste warmtepompen in woningen¹⁷, een aanname van een 50-50 verdeling all-electric vs hybride, en een gemiddelde reductie van het aardgasverbruik met

¹¹ PwC, De haalbaarheid van 28 miljard elektrische autokilometers per jaar in 2030, maart 2021, <https://www.pwc.nl/nl/assets/documents/pwc-onderzoek-elektrisch-rijden.pdf>

¹² CBS, Verkeersprestaties personenauto's, november 2021, <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/80428ned/table>

¹³ Autoweek, Verbruiksmonitor, <https://www.autoweek.nl/verbruiksmonitor/>, geraadpleegd 28 mei 2022

¹⁴ <https://innovationorigins.com/nl/productie-benzine-en-diesel-kost-meer-co2-uitstoot-dan-gedacht/>

¹⁵ <https://www.anwb.nl/auto/elektrisch-rijden/wat-kost-het>

¹⁶ Planbureau voor de Leefomgeving, Energiebelasting 2022, <https://www.autoweek.nl/verbruiksmonitor/>, geraadpleegd 28 mei 2022

¹⁷ CBS, Warmtepompen, november 2021, <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82380NED/table>

een hybride warmtepomp van 60%¹⁸, betekent dat een reductie van het aardgasverbruik van iets meer dan 1 miljard m³ aardgas en een CO₂-reductie van 1,85 Mton.

Het stroomverbruik van een warmtepomp in een gemiddeld huis kan worden berekend door het aantal m³ aardgas te vermenigvuldigen met 10 (~10kWh/m³) en te delen door de COP van de warmtepomp. Het totale extra stroomverbruik voor de 1,1 miljoen extra warmtepompen bedraagt bij een aangenomen COP van 4,0 dan 2,57 TWh.

De reductie van aardgas levert dus $1,85 / 2,57 = 0,72$ Mton per TWh op, maar met een CO₂ gehalte van de stroom in 2030 van 56 gCO₂/kWh (zie boven) levert dat een extra CO₂ uitstoot op van 0,56 Mton per TWh. Netto wordt dus bij een COP=4 de CO₂ uitstoot per TWh door het gebruik van warmtepompen 0,160 Mton per TWh lager.

Als een COP van 4,8 kan worden gehaald, dan neemt de besparing per TWh toe tot 0,304 Mt CO₂/TWh

Bij de huidige situatie van aardgas (geen aardgas meer uit Rusland en dus hogere prijzen) zal er bij consumenten nog meer ingezet worden op hybride warmtepompen. Volgens Natuur & Milieu kunnen er tot 2030 1 miljoen extra hybride warmtepompen worden geplaatst¹⁹. Ook het Ontwerp Beleidsprogramma Klimaat²⁰ van het kabinet gaat uit van 1 miljoen extra hybride warmtepompen tot 2030. Met de aangenomen aantallen woningen die van warmtepompen worden voorzien leidt dat dan tot een totale CO₂-reductie van 0,41-1,31Mt per jaar in 2030.

Warmtepompen kunnen ook heel goed bijdragen aan flexibel opgenomen vermogen om groene stroom op te nemen bij een hoger aanbod dan de reguliere vraag, vooral de hybride warmtepompen. Daarvoor is het nodig een warm water vat in de woning te hebben.

4. Groene waterstof ter vervanging van grijze waterstof

Voor 1 kg groene waterstof is 57 kWh aan energie nodig (58% efficiency²¹). Dus met 1 TWh elektriciteit kan 17417 ton groene waterstof worden gemaakt. Met een CO₂-emissie van 0,5tCO₂/tH₂ levert dat een CO₂ uitstoot op van 8709 ton; dit aftrekkend van de CO₂ uitstoot van grijze waterstof van 10,9 tCO₂/tH₂²² levert een CO₂-reductie per TWh van 0,181 Mton.

¹⁸ Milieu Centraal, Hybride warmtepomp, <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-verwarmen-en-koelen/hybride-warmtepomp/>, geraadpleegd 28 mei 2022

¹⁹ Natuur en Milieu, Klimaatdoelen: voor 2030 minstens 1-miljoen hybride warmtepompen, <https://natuurenmilieu.nl/nieuws-artikel/klimaatdoelen-voor-2030-minstens-1-miljoen-hybride-warmtepompen/>

²⁰ Ministerie EZK, Ontwerp Beleidsprogramma Klimaat, 2 juni 2022, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/06/02/ontwerp-beleidsprogramma-klimaat>

²¹ CE Delft, 50% green hydrogen for Dutch industry, March 2022, https://ce.nl/wp-content/uploads/2022/03/CE_Delft_210426_50_percent_green_hydrogen_for_Dutch_industry_FINAL.pdf

²² Bellona, zie boven

De totale grijze waterstofproductie in Nederland bedraagt 98 PJ per jaar²³. Dat komt, met een energie-inhoud van 33,3 kWh/kg, overeen met 817000 ton/jaar. Met een electrolyzer efficiency van 58% leidt dat tot een stroombehoefte van 57 kWh/kg. Voor de totale vervanging van alle grijze waterstof door groene stroom is dan 47 TWh nodig zijn. Als aangenomen wordt dat, conform het besluit van de EU Milieuraad²⁴, 35% van het waterstofgebruik in 2030 groen moet zijn (en 50% in 2035) en volgen we de berekeningen van CE²⁵ voor het middenscenario, maar zonder Tata Steel (want apart berekend onder punt 5), dan zou er 46PJ aan groene waterstof moeten worden geproduceerd. Als dat allemaal op de Noordzee zou worden geproduceerd, dan vraagt dat $46/98 \cdot 47 = 22$ TWh aan groene stroom. Dat zou dan, op basis van een directe aansluiting van de electrolyzers op een of meer windparken, een totale CO₂-reductie opleveren van 4 Mt/ jaar.

Berekeningen van CE²⁶ laten zien dat bij een 50% norm er heel veel groene waterstof in Nederland nodig is en dat dan een combinatie van lokale productie en import noodzakelijk lijkt om daarin te voorzien. Dat zal met een 35% norm in 2030 en 50% in 2035 niet veel anders zijn. We nemen daarom aan, in overeenstemming met de waterstofstrategie van de Europese Commissie²⁷, dat de helft van de benodigde groene waterstof wordt geïmporteerd, hoewel het zeer onzeker is hoeveel er internationaal beschikbaar is tegen die tijd²⁸. Dat betekent een groene stroom behoefte van 11 TWh en een totale CO₂-reductie van 2 Mton per jaar. Wellicht zou ook meer groene waterstof kunnen worden geïmporteerd, voor zover dat mogelijk is. Dat kan voor 2030 aantrekkelijk zijn.

5. Groene waterstof voor Tata Steel

Tata beoogt een van de twee hoogovens in 2030 vervangen te hebben door een DRI-installatie, die voor maximaal 80% op waterstof draait²⁹. Volgens het CE-rapport³⁰ over de behoefte aan groene waterstof in 2030 zal voor Tata ca. 10PJ/jr aan groene waterstof nodig zijn, waarvoor 4,79 TWh aan groene stroom nodig is. Dat komt overeen met 83420 ton waterstof. De CO₂ uitstoot hiervan bedraagt 41712 ton/jr³¹. Volgens het rapport van Roland

²³ CE Delft, zie boven

²⁴ Besluit Europese Milieuraad juni 2022, <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/06/27/fit-for-55-council-agrees-on-higher-targets-for-renewables-and-energy-efficiency/>

²⁵ CE Delft, zie boven

²⁶ CE Delft, zie boven

²⁷ European Commission, Hydrogen Accelerator, May 2022, https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-system-integration/hydrogen_en

²⁸ <https://nos.nl/artikel/2432543-rotterdamse-haven-maakt-wereldwijd-jacht-op-waterstof>

²⁹ Roland Berger, Haalbaarheidsstudie klimaatneutrale paden TSN IJmuiden, november 2021, <https://www.fnv.nl/getmedia/91110cd9-b455-4025-96e6-5387dbb8f98d/Eindrapport-klimaatneutrale-paden-Tata-Steel-Nederland-211118.pdf>

³⁰ CE Delft, zie boven

³¹ Bellona, zie boven

Berger³² wordt met 80% waterstof een CO₂-reductie bij Tata bereikt van 3,8 Mton/jr in 2030. De 0,04 Mton CO₂ emissie van de waterstofproductie op basis van een directe aansluiting op een of meer windparken, is in dat verband verwaarloosbaar. Per TWh gebruikt voor groene waterstof voor Tata levert dit dus $3,8/4,79 = 0,79$ Mt CO₂ reductie op. Met een totaal stroomverbruik van 4,79 TWh levert dat een CO₂-reductie op van 3,8 Mton per jaar. Als we aannemen dat ook voor deze waterstof de helft afkomstig is van import, dan zou het stroomverbruik dalen tot 2,4 TWh en de CO₂-reductie tot 1,9Mt per jaar.

6. Elektrificatie van industriële processen

Elektrificatie van de industrie houdt in dat de inzet van fossiele brandstoffen in processen wordt vervangen door elektriciteit. Dit heeft vooral betrekking op de behoefte aan warmte. Voor lage temperatuur warmte (<200 graden³³) kunnen industriële warmtepompen worden gebruikt. Voor boilers tot een temperatuur van ca 350-500 graden kan direct elektriciteit worden gebruikt. Voor hogere temperaturen liggen waterstofbranders meer voor de hand. Verder gaat het om vervanging van gasturbines door elektrische compressoren.

Bij warmtepompen en elektrische boilers is er een mogelijkheid voor flexibele afname. Waterstofbranders die ook weerstanden hebben kunnen flexibel hoge temperaturen aanmaken door te kunnen kiezen tussen elektriciteit (als die in overvloed beschikbaar is) en waterstof en kunnen daarmee ook bijdragen aan flexibele vraag.

De elektrificatie in de industrie tot 2030 wordt, in overeenstemming met afspraken uit het Klimaatakkoord, door Tennet geschat op 15 TWh, waarvan verreweg het grootste deel door direct gebruik van elektriciteit. Slechts 0,5 TWh zou via warmtepompen worden ingezet en kan daarmee verwaarloosd worden. Voor de gehele 15 TWh elektriciteit wordt daarom een COP=1 aangenomen.

Met een aanname dat elektriciteit de thermische energie van aardgas (10,2 kWh/m³) vervangt, kan worden uitgerekend hoeveel aardgas kan worden vervangen door 1 TWh groene stroom; dat is ruim 98 miljoen m³. Met een gerealiseerde CO₂ voetafdruk van 56 gCO₂/kWh van de netstroom in 2030 en 1,8kgCO₂/m³ aardgas levert dat een CO₂-reductie van 0,120 Mt per TWh.

Hierbij is dus aangenomen dat elektrificatie op basis van netstroom plaats vindt en niet via directe aansluiting op een windpark. Het argument van het kabinet dat netcongestie dit noodzakelijk maakt ontkent de mogelijkheden om via doortrekken van de aanlandingskabels

³² Roland Berger, zie boven

³³ DNV, Elektrificatie cruciaal voor een duurzame industrie: Routekaart elektrificatie in de industrie, oktober 2021, https://www.dnv.nl/Publications/routekaart-elektrificatie-in-de-industrie-208982?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=15920021939&utm_term=&gclid=CjwKCAjwkMeUBhBuEiwA4hpgECVuYrCkXTAi88jIvcJQRaH6FfG6qzWO41jgB6RUPcM5nCJz355WhRoCBMwQAvD_BwE

van de windparken over land³⁴ of via de grote rivieren en het IJsselmeer^{35,36} deze netcongestie te omzeilen. Wij gaan er daarom van uit dat er ten behoeve van elektrificatie van de industrie wel gebruik wordt gemaakt van netstroom.

Met de schatting van CE/Tennet dat er in 2030 ca 15 TWh stroom nodig is voor de elektrificatie van de industrie en de glastuinbouw levert dat een totale CO₂-reductie op van 2,72 Mt per jaar in 2030.

7. Datacentra

Voor nieuwe datacentra geldt dezelfde berekening als voor huishoudens, want ze draaien feitelijk op netstroom, ook al hebben ze “virtueel” groene stroom gecontracteerd. Met de 10GW extra groene stroom gaat de CO₂ voetafdrak van de elektriciteit in Nederland omlaag van 170 naar 56 gr CO₂ per kWh. Dat betekent een CO₂-reductie van 0,114 Mt CO₂ per TWh.

Door Tennet/CE wordt geschat dat er in 2030 nieuwe datacentra maximaal 15 TWh extra stroom zullen vragen. Dat betekent dat de totale CO₂-reductie dan uitkomt op 15*0,114= 1,71 Mton. In recente schattingen van TNO³⁷, mede in het licht van nieuw rijksbeleid voor hyperscale datacentra, wordt die extra vraag veel lager ingeschat, namelijk 2,3 TWh.

Overzicht

De vergelijking van de CO₂-reductie van de zeven opties, waarbij aangenomen is dat er geen overtollige groene stroom in het systeem optreedt, is dan:

	Optie	CO ₂ reductie per TWh (Megaton)	Totaal TWh max	Totale CO ₂ reductie max (Mton)	Bijdrage aan flexibele vraag
1	Vergroening elektriciteit (netstroom)	0,114	122	13,9	n.v.t.
2	Elektrische auto (netstroom)	0,451	4,76	2,40	++
3	Warmtepomp (COP 4-4.8, netstroom)	0,160- 0,304	2,57-4,32	0,41-1,31	++
4	Grijze naar groene waterstof (eigen windstroom)	0,181	11	2	+

³⁴ HVDC over land, <https://second.wiki/wiki/suedlink>

³⁵ <https://engineeringnet.be/nl/nieuws/item/12565/vlaams-nederlands-akkoord-over-megakabels-onder-de-schelde>

³⁶ <https://www.commissiener.nl/projectdocumenten/00008851.pdf>

³⁷ TNO, zie boven

5	Groene waterstof voor Tata Steel (eigen windstroom)	0,793	2,4	1,9	+
6	Elektrificatie industrie (netstroom)	0,120	15	2,72	?
7	Nieuwe datacentra	0,114	15	1,71	--

Randvoorwaarden

Tata Steel

Bij Tata Steel is duidelijk dat inzet van groene waterstof een hoge CO₂-reductie per TWh oplevert, dat de hoeveelheid benodigde waterstof voor fase 1 ca. 80000 ton/jaar bedraagt en dat de hoeveelheid groene stroom voor de eerste fase 2,4 TWh is. Wat niet duidelijk is of er een goede business case is voor de ombouw van Tata Steel en welke subsidies nodig zijn. Hierover moet eerst duidelijkheid komen.

Continuïteit waterstofaanbod

Voor vrijwel alle toepassingen van waterstof is een continue toevoer nodig. Electrolyzers, direct aangesloten op een of meer windparken, zullen gezien het fluctuerend windaanbod sterk wisselende waterstofstromen opleveren, die technisch gezien geen problemen hoeven te geven. Opslag van waterstof in zoutcavernes zal daarom nodig zijn om dit probleem op te lossen. Gasunie is gestart met een proefproject daarvoor in Groningen en voorziet een grootschalig opslagsysteem in zoutholten in Noord-Nederland en onder de Noordzee³⁸. Beschikbaarheid van voldoende opslag in 2030 is nog wel onzeker.

De continuïteit kan ook worden gewaarborgd met geïmporteerde groene waterstof, aannemende dat die in voldoende hoeveelheden beschikbaar is. Ook hiervoor zal opslag nodig zijn in de vorm van opslagtanks voor vloeibare waterstof, ammoniak of in andere vorm³⁹.

Kosten waterstof

De kosten voor groene waterstof zijn een belangrijk punt bij de inschatting van het potentieel, voor zover de EU-regelgeving (zie boven) niet dominant zal zijn. Recente schattingen⁴⁰ geven aan dat, met de huidige CO₂ prijzen en de sterk gestegen aardgasprijs, grijze waterstof in Europa op dit moment zo'n €5/kg kost (was kortgeleden nog ca €2/kg),

³⁸ Gasunie, Hystock, <https://www.hystock.nl>

³⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_storage

⁴⁰ Rocky Mountain Institute, Strategic advantages of green hydrogen imports for the EU, 2022, https://rmi.org/insight/strategic-advantages-of-green-hydrogen-imports-for-the-eu/?_ga=2.49964774.1707988598.1653033478-1284023859.1642751839

dalend naar ca €4/kg in 2025. Blauwe waterstof in 2025 zou ook bijna €4/kg gaan kosten. Groene waterstof moet in 2025 iets meer dan €3/kg kosten, waarbij geïmporteerde waterstof een klein beetje goedkoper is dan in Europa geproduceerde. Conclusie: groene waterstof is in 2025 concurrerend en hoeft dus niet gesubsidieerd te worden, een en ander natuurlijk afhankelijk van de ontwikkeling van de aardgas- en CO₂ prijs.

Aanlanding van de extra windstroom

Zoals hierboven aangegeven gaat het kabinetsbesluit uit van gebruik van de volle 45TWh aan extra windstroom op industrieterreinen aan de kust, dicht bij de aanlandingsplekken van de windstroom. De gelijkstroom hoogspanningskabels die voor het transport van de verderaf gelegen windparken worden gebruikt kunnen echter, zonder veel verliezen, worden doorgetrokken naar plekken verder in het binnenland, zoals trouwens in het huidige plan van Tennet⁴¹ al gebeurt met aanlanding in Geertruidenberg. Door de kabels via de grote rivieren en het IJsselmeer op meer plaatsen door te trekken kan netcongestie worden voorkomen. Daarmee kan een flink deel van de extra windstroom (behalve het deel voor groene waterstofproductie dat wel aan de kust of eventueel op zee wordt gebruikt) in het net worden ingevoed. Daarmee kan dan meer CO₂-reductie en een grotere flexibele vraag worden gerealiseerd.

Voorzieningen nodig om “curtailment” tegen te gaan

Met een voorziene capaciteit van 127 TWh aan variabele groene stroom uit wind op zee en land en zonPV zal er in 2030, zonder extra voorzieningen, een flinke hoeveelheid stroom niet kunnen worden gebruikt in perioden van piekaanbod (“curtailment”). De piekcapaciteit van alle duurzame bronnen is dan 54 GW, wat veel meer is dan de in 2030 verwachte vraag van 17 GW⁴², zelfs met het compleet afschakelen van de dan nog aanwezige gascentrales en ook als we bedenken dat een combinatie van veel wind en maximaal zon maar af en toe optreedt. Dat zou leiden tot een flinke aanslag op de verduurzaming van de elektriciteitsvoorziening.

Er zijn veel mogelijkheden dat probleem te voorkomen of te beperken, zoals:

- Slim laden van elektrische auto's op tijden van piekaanbod van groene stroom, wat in principe technisch al mogelijk is⁴³.
- Het voorzien van warmtepompinstallaties van de mogelijkheid met behulp van een buffervat extra warmte op te slaan op tijden van piekaanbod van groene stroom
- Het aan- (en uit-) zetten van daarvoor geschikte installaties in de industrie die op elektriciteit draaien (“demand side management”)⁴⁴
- Het extra produceren van groene waterstof met overtollige stroom uit het reguliere net, in aanvulling op de waterstofproductie die is aangesloten op specifieke

⁴¹ <https://www.tennet.eu/nl/tinyurl-storage/nieuws/routekaart-windenergie-voor-aanvullende-opgave-voor-rond-2030/>

⁴²https://www.tennet.eu/fileadmin/user_upload/Company/Publications/Technical_Publications/Dutch/CE_Delft_190446_Elektrificatie_en_Vraagprofiel_TenneT.pdf

⁴³ <https://incharge.vattenfall.nl/kennis/smart-charging>

⁴⁴ <https://www.koudeenluchtbehandeling.nl/verdieping/vrieshuis-buffert-energie-en-ontlast-netbeheerder-105163>

windparken op zee (voor zover de EU-regelgeving die hierboven besproken is dat toelaat).

- Het plaatsen van batterijen dicht bij de opwekinstallaties van groene stroom

Het is belangrijk dat hierop beleidsmatig sterk wordt ingezet, temeer omdat het probleem van curtailment in de jaren na 2030 nog aanzienlijk groter wordt, wanneer er steeds minder aardgascentrales zijn die kunnen worden afgeregeld. Tussen 2030 en 2040 moeten er namelijk nog eens 20 GW op zee bijkomen en 20 GW PV op land⁴⁵. We moeten dus nu al maatregelen nemen de flexibiliteit van de vraag flink te verhogen⁴⁶. Er moet bijvoorbeeld een systeem komen waarbij woningen en laadpalen eenvoudig geïnformeerd kunnen worden over de ogenblikken dat er veel groene stroom beschikbaar is. Op die momenten kan de woning en de laadpaal extra elektriciteit gaan gebruiken. Dat is een ideale vorm om wijdverspreid groene stroom te gaan gebruiken op de juiste momenten⁴⁷.

Wat betekent dit voor de toedeling van de extra groene stroom?

Op basis van bovenstaande tabel zou het voor de hand liggen de toedeling van de extra groene stroom te doen op basis van de hoogste CO₂-reductie per TWh, totdat de 45 TWh is bereikt. De volgorde zou dan zijn:

- Groene waterstof voor Tata Steel,
- Groene stroom voor elektrische auto's,
- Groene stroom voor warmtepompen in huishoudens,
- Groene waterstof ter vervanging van grijze waterstof
- Elektrificatie van de industrie
- Vergroening stroom huishoudens en groene stroom voor datacentra.

Een complicatie is dat het gebruik van groene stroom voor auto's en warmtepompen niet los kan worden gezien van het algemeen huishoudelijk gebruik, omdat dit via invoeding in het algemene elektriciteitsnet verloopt, waar trouwens ook industrieverbruikers en datacentra op zijn aangesloten.

Daarom is de meest praktische aanpak om een reservering te maken voor groene stroom voor Tata Steel (als de business case voldoende perspectief biedt) en de vervanging van grijze waterstof door groene waterstof, op basis van nog uit te onderhandelen EU-regelgeving (op basis van het Raadsstandpunt van 35% groene waterstof in 2030 en de positie van het Europees Parlement), met een aangenomen aandeel import van minimaal 50% en het resterend vermogen in het algemeen elektriciteitsnet in te voeden ten behoeve van huishoudens, industrie en bestaande datacentra.

⁴⁵ https://www.kivi.nl/uploads/media/5f5cad18b3ca1/EnergyNL2050_implementation%20and%20verification-final-16%20oktober2020_titel%20pagina%20update%2019-02.pdf

⁴⁶ <https://www.tennet.eu/nl/tinyurl-storage/nieuws/flexibiliteit-van-industrie-van-grote-waarde-in-een-systeem-met-groot-aandeel-zon-en-windenergie/>

⁴⁷ <https://carbonintensity.org.uk/>

Gezien de beperkte CO₂-reductie van toedeling aan datacentra en de maatschappelijke weerstand die er inmiddels is gegroeid ten aanzien van grote datacentra kunnen nieuwe grote datacentra het best worden vermeden. Het aangekondigde rijksbeleid om hyperscale datacentra alleen nog in twee gemeenten in Nederland toe te laten⁴⁸ wijst al in deze richting en de bijgestelde schattingen van de extra stroomvraag voor datacentra van 2,3 TWh (TNO²) bevestigen dat.

Op basis van de stroombehoefte zoals in bovenstaande tabel weergegeven en uitgaande van een EU-eis van 35% groene waterstof en 50% import zou dat betekenen dat 13,4TWh van de extra groene stroom (30% van de 45 TWh) voor waterstofproductie zou worden ingezet en de rest, zo'n 32 TWh, in het net zou worden ingevoerd ten behoeve van huishoudens, elektrische auto's, warmtepompen en elektrificatie van de industrie. Nieuwe grote datacentra worden dan niet of nauwelijks toegestaan. Dat is een radicaal andere verdeling dan het advies van de Stuurgroep Extra Opgave inhoudt.

Referenties

⁴⁸ Ministerie van BZK, Ontwerpbesluit vestiging hyperscale datacentra, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/06/10/aanbiedingsbrief-bij-ontwerpbesluit-met-regels-voor-vestiging-hyperscale-datacentra>