

# Omvang en ombouw van regelbaar vermogen in 2035

Eindrapport (openbare versie)

Bert den Ouden, Wouter Verbeek, Robert de Kler  
& Sebastiaan Hers

**PUBLICATIEDATUM: 29 SEPTEMBER 2023**

**INHOUDELIJKE GEGEVENS TOT: 24 JANUARI 2023**

# Inhoudsopgave

1. Aanleiding en aanpak [03](#)
  2. Regelbaar vermogen in Nederland [06](#)
  3. Bepalende factoren [08](#)
  4. Resultaten [09](#)
  5. Inzichten naar aanleiding van gesprekken met producenten [17](#)
  6. Conclusie [18](#)
- Gehanteerde bronnen [19](#)



# Aanleiding

Dit rapport is opgesteld in het kader van de begeleiding door Berenschot bij het werk van Netbeheer Nederland inzake Fase 2 van de II3050 studie. De in dat kader gemaakte klimaatneutrale energiemogelijkheids scenario's 2030-2050 in het Energie Transitie Model (ETM) geven het benodigde totale regelbare vermogen als getal, nog niet gespecificeerd naar:

- Grootte van de opwekunits (grootschalig / kleinschalig) en/of aantal units
- Aard van de units (STEG, Gasturbine, Gasmotor-WKK, overige)
- Locatie van de units (dus ook niet capaciteit reserve-/noodvermogen)

## **De infrastructurele gevolgen kunnen hier zeer van afhangen.**

- Grootschalige invulling met centrales: gevoed vanuit hoofdnets met waterstof; van belang op de middellange termijn is dan mede, welke centrales het gemakkelijkste op waterstof zijn om te bouwen, dit kan mede bepalend zijn voor de prioriteiten in de waterstofinfrastructuur.
- Voor het waterstofnet kan ook van belang zijn of een huidige opweklocatie voor elektriciteit over zekere tijd blijft bestaan. Afgezien van andere afwegingen speelt hierbij ook of de centrale ook warmte levert, aangezien dit een rede kan zijn om op deze locatie te blijven produceren.
- Kleinschalige invulling met WKK en of lokaal back-up vermogen. Deze infrastructuur kan mede afhangen van andere lokale oplossingen zoals batterijen, lokale waterstofopwekking en waterstofvoeding voor hulpketels warmtenetten, bedrijven etc.

## **Dit verkennende rapport concentreert zich met name op de bestaande gascentrales, mogelijk om te bouwen op waterstof.**

Het onderzoek is een "quick scan", primair bedoeld om zicht te krijgen op de infrastructurele gevolgen voor de gas- en waterstofinfrastructuur. Naar tal van andere aspecten is niet of zeer beperkt gekeken.

## **De voorliggende rapportage is een openbare rapportage, geanonimiseerd.**

In het achterliggende onderzoek hebben we ook gekeken naar de individuele productielocaties, en deze informatie is ook als input voor II3050 van Netbeheer Nederland gebruikt. In deze openbare rapportage bespreken we de bevindingen, in een vorm waarbij de resultaten niet terug te leiden zijn naar individuele productielocaties of centrales, alleen de totalen in categorieën.



# Bestaand vermogen en vrijheidsgraden in toekomstig regelbaar vermogen

De behoefte aan transportcapaciteit is mede afhankelijk van (de ruimtelijke verdeling van) het beschikbare regelbare vermogen. Belangrijk is om vast te stellen hoeveel van het huidige regelbare vermogen er in 2035 en 2050 nog staat en waar. Dit bepaalt mede, met vermogensbehoefte uit ETM, de omvang en vrijheidsgraden aan nieuwe invulling.

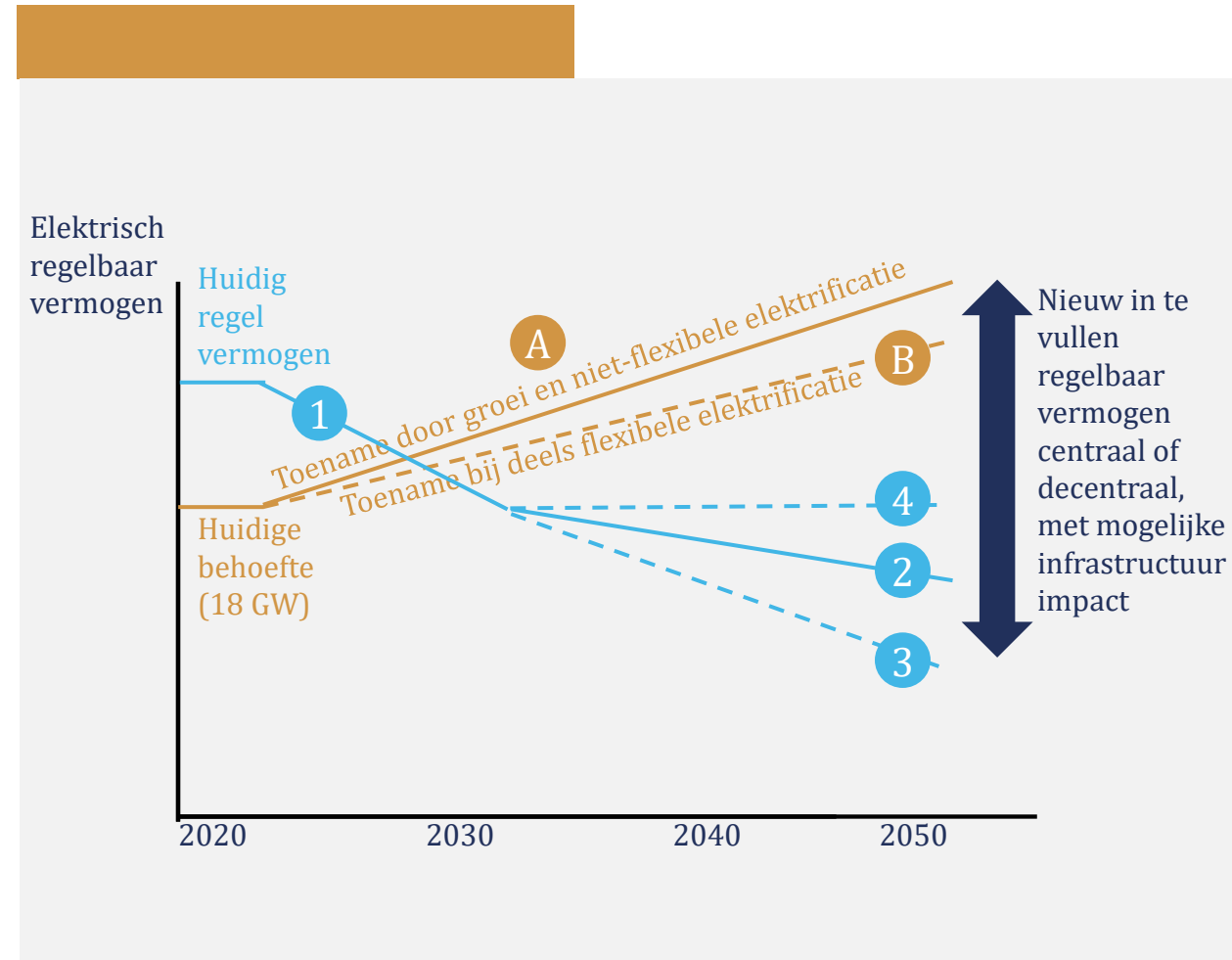
Aan de vraagzijde wordt het regelbaar vermogen bepaald door:

- A. Toename piekvraag door groei en elektrificatie
- B. Mitigatie door flexibilisering

Aan de productiezijde gaat het om:

1. Afbouw van kolenvermogen
2. Buitenbedrijfstelling oud gasvermogen
3. Afbouw gasvermogen van centrales die niet geschikt gemaakt kunnen worden voor waterstof
4. Vervanging door nieuw regelvermogen op zelfde grootschalige opweklocaties

**In dit project inventariseren we de belangrijkste factoren die bepalen hoeveel van het huidige regelbare vermogen er in 2035 nog staat en waar. We richten ons dus alleen op de productiezijde.**



# Doel en aanpak

## Doel van het onderzoek

Bepalen op welke locaties voor regelbaar vermogen het het meest waarschijnlijk is dat waterstof benodigd is, zodat hiermee rekening kan worden gehouden bij de berekeningen met betrekking tot de benodigde gas- en waterstofinfrastructuur in II3050.

## Onderzoeksvraag

- Hoe ontwikkelt het bestaand regelbaar vermogen zich richting 2035 in omvang en in termen van locatie?
- Hoe kijken producenten aan tegen nieuw regelvermogen? Welke aspecten zijn volgens hen relevant?

## Onderzoeksmethode

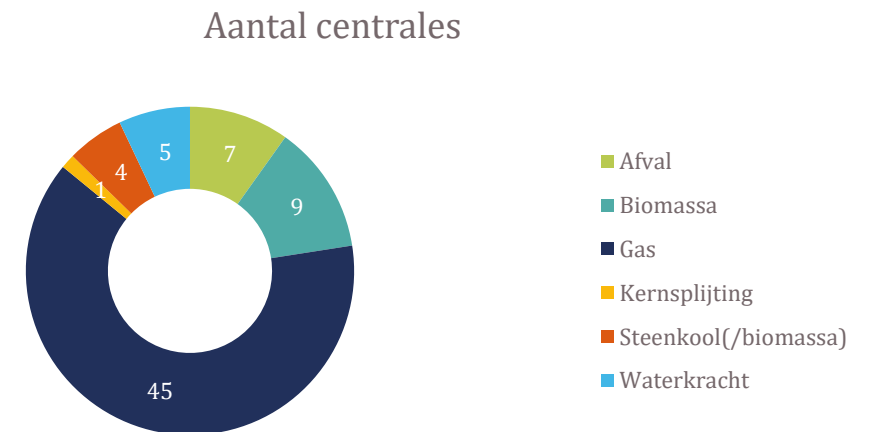
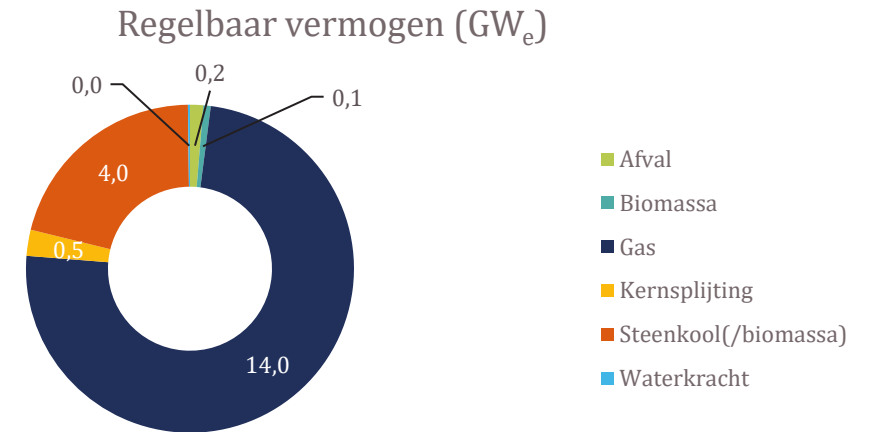
- We willen nagaan of bestaande productielocaties gesloten zouden worden.
- Het benodigde regelvermogen groeit sterk (circa verdubbeling) in II3050, in alle scenario's. Daardoor is het onwaarschijnlijk dat productielocaties voor regelbaar vermogen verdwijnen.
- We gaan na welke factoren de kans op het verdwijnen van een locatie met regelbaar vermogen verder verkleinen.

## Uitgangspunten

- We gaan uit van de bestaande locaties voor regelbaar vermogen. Bepalend is of deze locaties belangrijk zijn/blijven voor de infrastructuur, want dan moeten ze aangesloten blijven c.q. worden op deze grootschalige infrastructuur.
- We kijken in deze analyse alleen naar de technische en fysieke aspecten en niet naar de economische afwegingen die producenten hebben.

# Regelbaar vermogen in Nederland

- Onze dataset (zie [Gehanteerde bronnen](#)) bevat 70 elektriciteitscentrales met een elektrisch vermogen van meer dan 1 MW.
- Hiernaast is een onderverdeling gemaakt naar type.
- In totaal beslaat de dataset zo'n 19 GW aan (enigszins) regelbaar vermogen
- Regelbaar vermogen is voornamelijk beschikbaar bij de 45 gascentrales en WKK's en de 4 kolencentrales in ons land. Daarnaast kent Nederland 1 kerncentrale (Borsele).
- Het regelbare vermogen dat de 21 afval-/biomassa- en waterkrachtcentrales kunnen leveren is verwaarloosbaar.
- De gemiddelde kolencentrale heeft meer vermogen dan de gemiddelde gascentrale (990 MW vs 335 MW).
- In dit onderzoek richten we ons primair op de huidige 45 gascentrales.

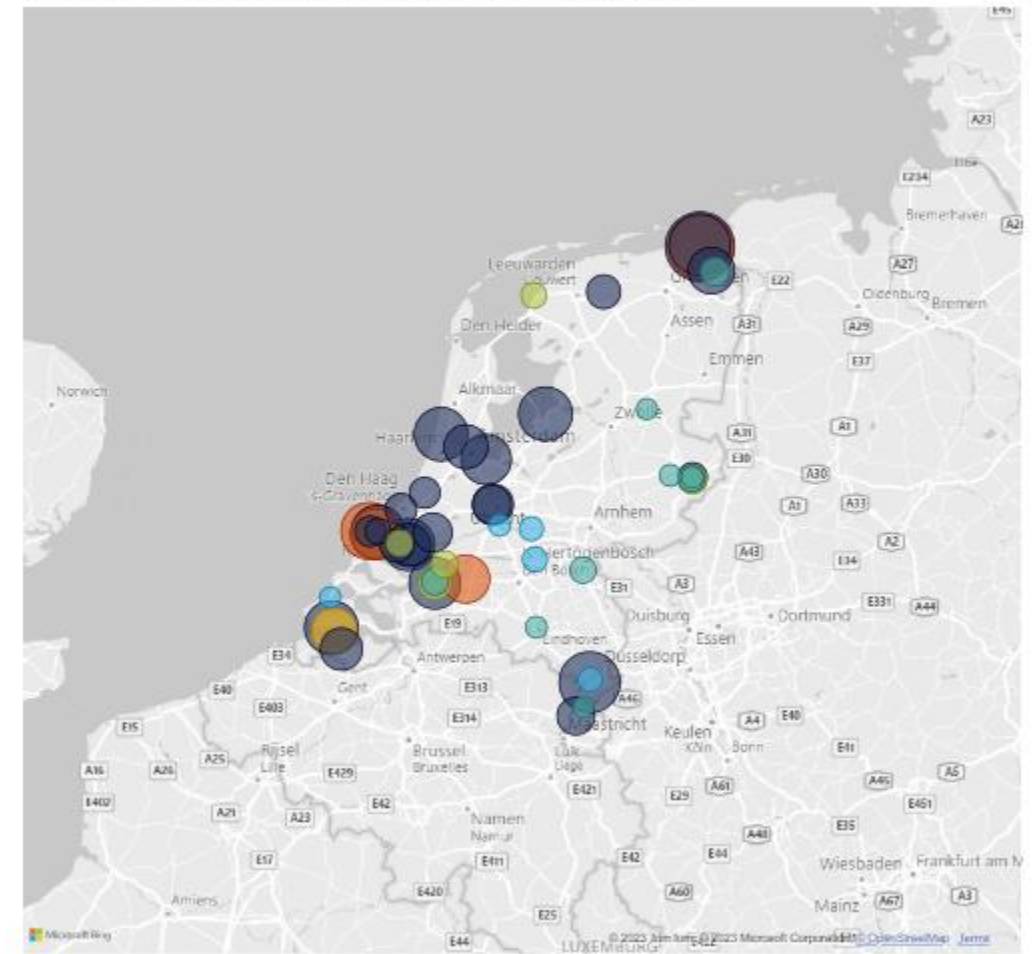


# Regelbaar vermogen in Nederland

Hiernaast hebben we de centrales op de kaart van Nederland weergegeven.

Regelbaar vermogen in Nederland

Type ● Afval ● Biomassa ● Gas ● Kernsplijting ● Steenkool/biomassa ● Waterkracht



Kaarten, Regelbaar vermogen in Neder...

# Bepalende factoren voor handhaving locaties voor regelvermogen

Het is dus zeer onwaarschijnlijk dat productielocaties voor regelvermogen verdwijnen, maar deze kans daalt verder voor locaties waar sprake is van (een combinatie van) een aantal kenmerken.

Voor 2035 is waarschijnlijk één factor primair relevant:

## 1. Locaties met regelbaar vermogen waarbij ombouw naar waterstof technisch haalbaar is.

Volgens het TNO-rapport 'Naar een CO<sub>2</sub>-vrije elektriciteitsvoorziening in 2040' vormt hergebruik van bestaande assets – kolencentrales op biomassa en/of groengas- en waterstof-gestookte CCGT's en WKK's – waarschijnlijk een kosteneffectieve invulling van de behoefte aan CO<sub>2</sub>-vrij regelbaar opwekvermogen.

Daarnaast en voor 2050 kunnen ook nog de volgende factoren een secundaire rol spelen, situatie-afhankelijk:

## 2. Locaties met regelbaar vermogen wat nu gebruikt wordt als bron van warmtenetten.

Deze warmtenetten voor de gebouwde omgeving moeten gevoed blijven worden met energiebesparende en/of duurzame warmte:

- a. Dat betekent in veel gevallen dat ook een centrale met regelbaar vermogen daar moet blijven.
- b. Zelfs als dit niet zo is (bij overgaan op biomassa, afval, geothermie, grote WP of warmte-afstandstransport) blijven hulpwarmteketels/centrales nodig op die locatie en/of vlak erbij. Die kunnen alleen gevoed worden met groen gas of waterstof. Dat betekent dat er gas/H<sub>2</sub> infrastructuur moet (blijven) bestaan, met de benodigde en substantiële (winter)piekcapaciteit.

## 3. Locaties waarbij de centrales WKK-stoom levert die wordt gebruikt door industriële partijen.

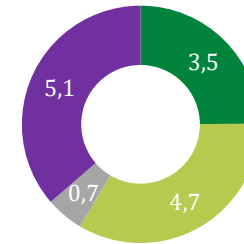
Ook hier is de centrale belangrijk voor de warmtelevering, en dat kan een reden zijn voor handhaving van die centrale of opweklocatie. En ook wanneer er geen stoom uit elektriciteitsopwekking beschikbaar zou zijn, moet de betreffende industriestoom op een andere wijze opgewekt worden, waarschijnlijk ook met waterstof. Dit is wel een meer onzekere factor in vergelijking met warmtenetten voor gebouwde omgeving, omdat de aard of de aanwezigheid van de industrie en de daarmee samenhangende stoomvraag onzekerder is dan bij warmtenetten voor de gebouwde omgeving.



# Belangrijkste factor voor 2035: Technische haalbaarheid ombouw gasturbines naar H<sub>2</sub>

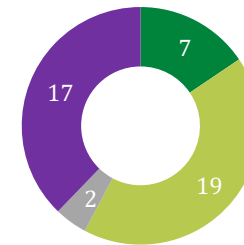
- De eerste en belangrijkste factor betreft de technische haalbaarheid van ombouw van gasturbines om vrijwel volledig op waterstof te opereren.
- Voor het bepalen van de geschiktheid van waterstof van de turbines heeft TNO een inschatting gemaakt op basis van het type turbine. TNO heeft de inschatting gebaseerd op het rapport ETN Global getiteld [Hydrogen Gas Turbines](#) (2020), beschikbare informatie van turbineleveranciers over ombouwmogelijkheden en eerder uitgevoerde projecten (zoals bijvoorbeeld de H-vision feasibility study).
- In de praktijk zijn met name voor sommige typen turbines goede ombouwplannen beschikbaar. Voor sommige andere typen turbines geldt dit niet of is dit nog onvoldoende bekend.
- Partijen die nu al beschikken over een turbine die geschikt is voor meer dan 90% waterstof beschouwen we als technisch geschikt. Ook partijen die al concrete plannen hebben aangekondigd voor ombouw beschouwen we in deze categorie. Het gaat hierbij dus om gascentrales waarbij we (vrijwel) zeker zijn dat ze kunnen worden omgebouwd. Van 2 centrales is het niet goed mogelijk een inschatting te maken.
- We zien dat meer dan de helft van de centrales goed om te bouwen zijn (26/45=58%) en zij ook meer dan de helft van het regelbaar vermogen vertegenwoordigen (58%). Hierbij wordt wel opgemerkt dat dit de technische geschiktheid betreft. Dit zegt nog niets over economische haalbaarheid.
- Het bovenstaande geldt voor de ombouw op (vrijwel) zuivere waterstof. De vrijheidsgraden worden groter als men bijmengen van waterstof beschouwd in de bestaande gascentrales. Dat is vrijwel overal mogelijk tot ca. 30% volume.

Technische haalbaarheid ombouw gascentrales naar H<sub>2</sub> (GW<sub>e</sub>)



■ Technisch geschikt ■ Technisch haalbaar ■ Onbekend ■ Niet aangetoond

Technische haalbaarheid ombouw gascentrales naar H<sub>2</sub> (aantal)

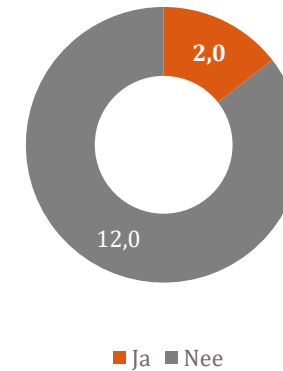


■ Technisch geschikt ■ Technisch haalbaar ■ Onbekend ■ Niet aangetoond

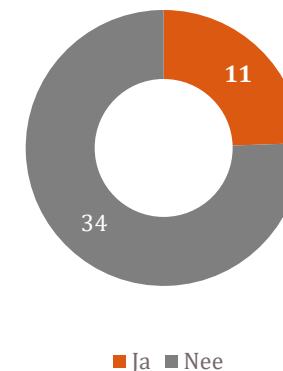
# Relevante factor op de lange termijn: Koppeling met warmtenet

- De tweede factor die we hebben meegenomen is welke gascentrales zijn gekoppeld aan een warmtenet.
- We hebben op basis van de Warmtemonitor 2019 van CBS en TNO gekeken welke gascentrales verbonden zijn met een warmtenet. In dit rapport staat vrij nauwkeurig beschreven hoe het warmtenet is ingericht en welke bron er gebruikt wordt.
- We nemen in onze analyse aan dat er sprake is van een koppeling met een warmtenet bij een directe koppeling of indirecte koppeling met een warmtenet. Een indirecte koppeling betekent dat sprake is van stoomlevering aan een industriële partij waarbij de restwarmte van die industriële partij met een warmtenet is verbonden.
- 11 van de 45 gascentrales (24%) direct of indirect gekoppeld zijn aan een warmtenet. Zij vertegenwoordigen zo'n 13% van het vermogen van de gascentrales.
- Warmtelevering zal op deze locaties nodig blijven om het warmtenet te kunnen voeden. Het is goed mogelijk dat deze warmte, zelfs wanneer er geen elektriciteitscentrale meer in gebruik is, door middel van waterstof wordt opgewekt. Ook zijn in de warmtenetten altijd hulpketels aanwezig voor de pieklevering en momenten dat de centrale niet of minder draait; deze zijn nu gasgestookt. In het kader van de verduurzaming van de warmtenetten is ombouw van hulpketels naar waterstof een optie. Daarvoor is dan een grote waterstofinfrastructuur en opslag nodig.

Gekoppeld aan warmtenet (GW<sub>e</sub>)



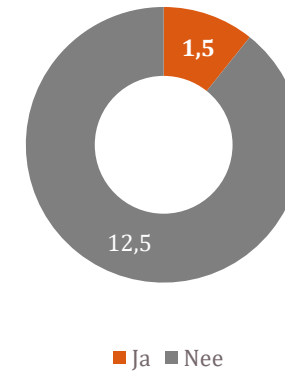
Gekoppeld aan warmtenet (aantal)



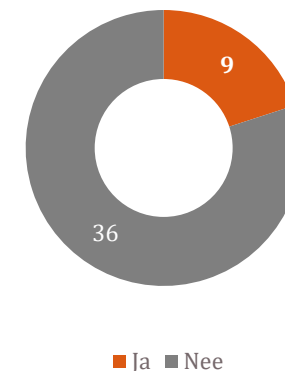
# Relevante factor op de lange termijn: Industriële stoomafname

- De derde factor die we hebben bestudeerd is bij welke centrales sprake is van industriële stoomafname.
- We hebben voor het bepalen van stoomkoppelingen via Google gezocht op websites van producenten en nieuwsberichten over stoom- of warmtekoppelingen van hun elektriciteitscentrales. Daarnaast bevat de gebruikte dataset al een aantal bronnen met betrekking tot stoomafname.
- 9 gascentrales zetten stoom af bij nabijgelegen industriële partijen (20%). Samen is dit goed voor 1.506 MW (10%) van het regelbare vermogen van gascentrales.
- Wanneer sprake is van stoomintegratie betekent dit dat de elektriciteitscentrale niet alleen van belang is om elektriciteit te leveren, maar ook voor het leveren van de benodigde stoom aan het betreffende cluster. Indien geen stoom meer geproduceerd zou worden, zou de industrie op andere wijze stoom moeten opwekken, bijvoorbeeld met waterstof.

Industriële stoomafname (GW<sub>e</sub>)



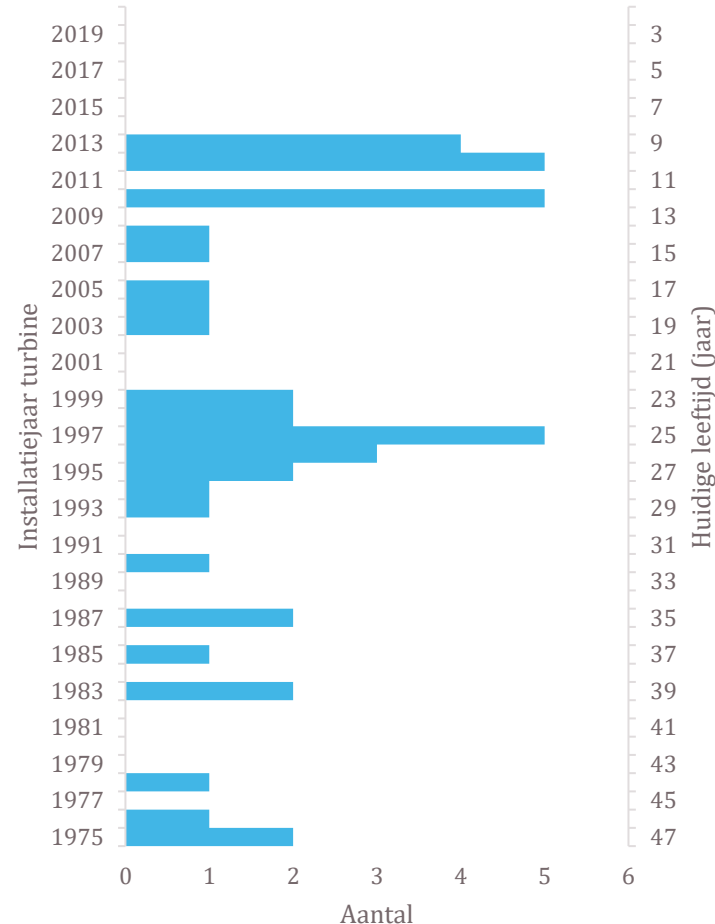
Industriële stoomafname (aantal)



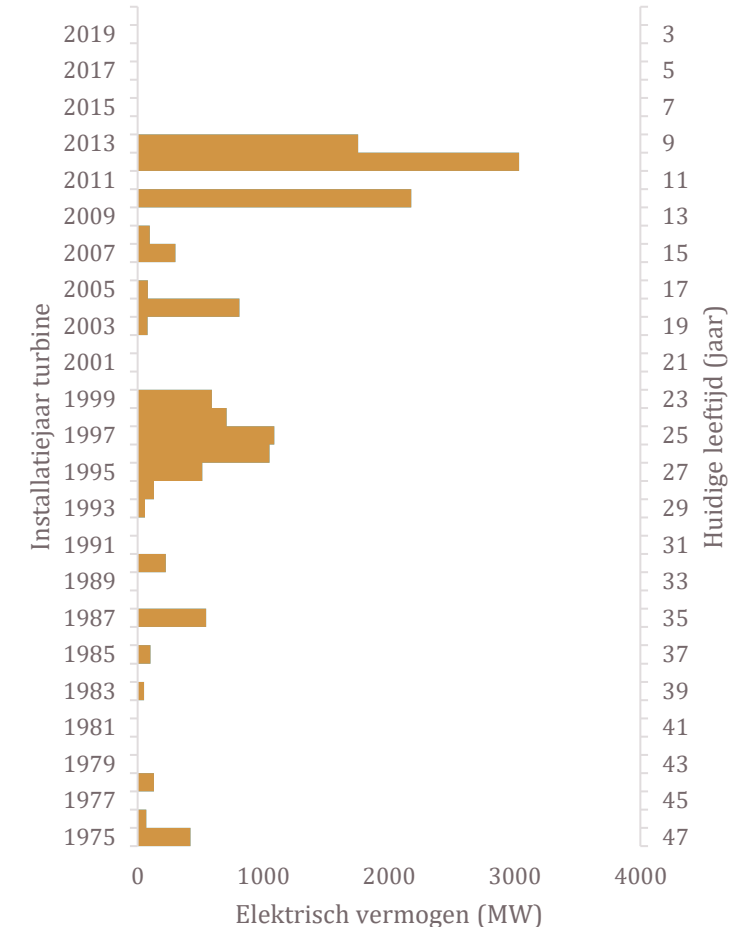
# Installatiejaar turbines is niet erg maatgevend

- Er is gekeken naar het idee om het bouwjaar van een centrale/turbine te gebruiken om de geschiktheid voor ombouw naar waterstof te bepalen: oude turbines moeten toch vervangen worden en kunnen dan meteen worden vervangen voor een waterstofturbine is dan de gedachte.
- Dit is echter niet de praktijk. Gasturbines gaan  $\pm 35.000$  draaiuren mee (waarbij opstarten voor 250 draaiuren telt) en moeten dan gereviseerd worden. Iedere 3 jaar vindt dus een dergelijke revisie plaats. Soms worden bijvoorbeeld alle schoepen vervangen. De turbine functioneert dan weer als nieuw.
- Oudere centrales hebben doorgaans een lager rendement, zodat ze achter in de merit order terecht komen. In veel gevallen is bij oudere centrales sprake van een economische afweging tussen het ombouwen van centrales naar waterstof of het neerzetten van een nieuwe centrale geschikt voor waterstof (veelal met een hoger rendement). Die afweging is voor iedere centrale en producent anders.

Aantal naar installatiejaar turbine



Vermogen naar installatiejaar turbine



# Locaties gascentrales in relatie tot de landelijke waterstofbackbone

- We hebben geanalyseerd hoe de door Gasunie geplande backbone zich verhoudt tot de locaties waar naar alle waarschijnlijkheid regelbaar vermogen op waterstof beschikbaar blijft.
- Hiernaast is zowel de waterstofbackbone weergegeven als de gascentrales.
- Geconcludeerd kan worden dat veel gascentrales in de nabijheid liggen van de waterstofbackbone.

Locaties van gascentrales met hun elektrisch vermogen



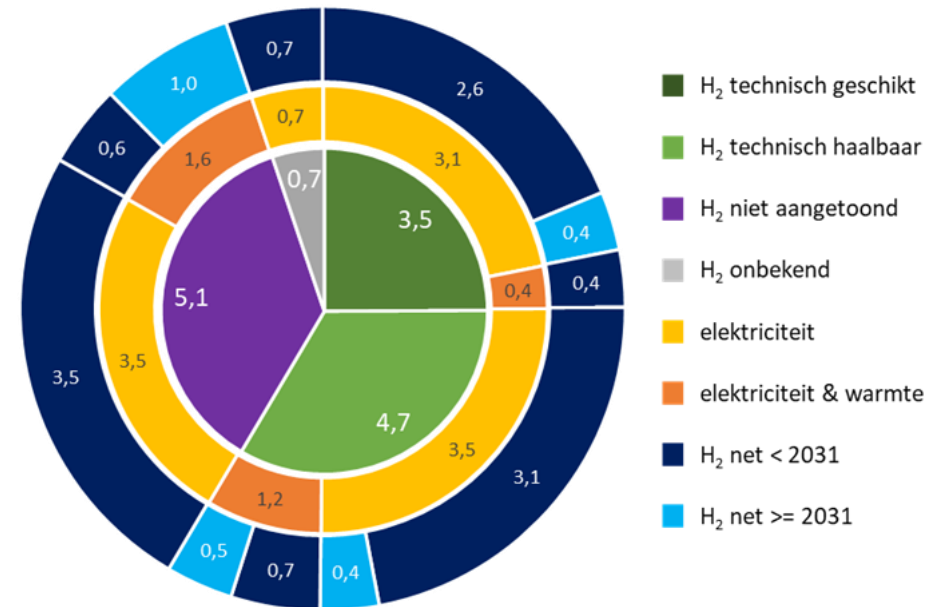
Kaarten, Gascentrales



# Overzicht met eigenschappen van gascentrales

- We hebben voor de (grootschalige) gascentrales een overzicht gemaakt met daarin de factoren technische haalbaarheid, warmteproductie en de nabijheid van de H<sub>2</sub>-backbone per centrale. Een visualisatie daarvan staat rechts weergegeven. Alleen de eerste factor, de technische haalbaarheid van ombouw naar waterstof, is voor 2035 relevant. Voor de periode daarna kan ook de koppeling met een warmtenet en industriële stoomafname een rol spelen.
- We hebben daarbij niet ombouw van kolen- of biomassacentrales beschouwd. Deze centrales beschikken niet over een gasturbine, alleen over een stoomturbine; men kan daarmee niet efficiënt waterstof stoken. Voor toepassing van waterstof zou dus altijd een investering nodig zijn in een nieuwe gasturbine of STEG (stoom- en gasturbine), praktisch staat dat vrijwel gelijk aan een nieuwe centrale. Die investering zou dan ook op een heel andere locatie kunnen; dat is dus niet bepalend voor de waterstofinfrastructuur en valt buiten de scope van dit rapport. Overigens hebben we ook gezien dat kolen- of biomassacentrales anders te verduurzamen zijn met importammoniak; ook dat vereist geen gas- of waterstofinfrastructuur en valt buiten de scope.
- Kleinschalige gas-WKK (veelal in de tuinbouw) is ook niet beschouwd.

Regelbaar vermogen (GW<sub>e</sub> gascentrales)



Uitleg van de categorieën:

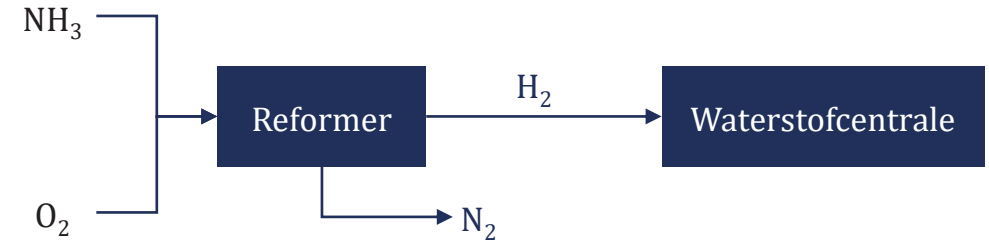
- H<sub>2</sub> technisch geschikt: al gereed voor H<sub>2</sub> inzet, of gepland/aangekondigd
- H<sub>2</sub> technisch haalbaar: in beginsel goed geschikt voor aanpassing
- H<sub>2</sub> niet aangetoond: geschiktheid niet bekend, zou nadere studie vergen  
*Technisch geschikt of haalbaar zegt niets over economische haalbaarheid*
- Elektriciteit: centrale levert thans alleen elektriciteit, geen (rest)warmte
- Elektriciteit en warmte: WKK-centrale, levert naast elektriciteit ook warmte aan gebouwde omgeving en/of industrie (incl. stoom).

# Rol van ammoniak bij toekomstig regelbaar vermogen

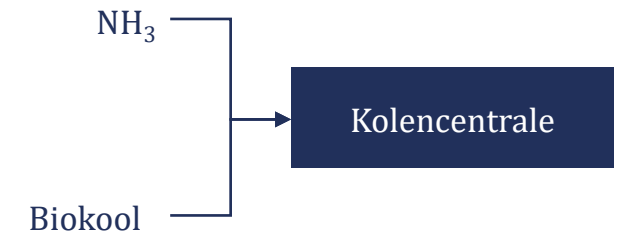
Belangrijk is om op te merken dat het feit dat een centrale op  $H_2$  draait, nog niet betekent dat deze ook  $H_2$  via het **landelijke waterstofnetwerk** ontvangt.

- Veel gascentrales bevinden zich in de nabijheid van zeehavens. In de praktijk is het dan goed mogelijk om, met groene elektriciteit geproduceerde,  $NH_3$  te importeren uit delen van de wereld waar  $H_2$  productie en  $NH_3$  omzetting goedkoop en duurzaam is. Deze  $NH_3$  kan eenvoudig per schip worden getransporteerd en kan vervolgens middels een reformer nabij de betreffende **waterstofcentrale** worden omgezet in  $H_2$  welke in de turbine wordt gebruikt. Ook gascentrales met een mix van ammonia en waterstof worden onderzocht.
- Ook **kolencentrales** kunnen in de praktijk op  $NH_3$  draaien wanneer wat biokool kan worden bijgemengd. Dit komt doordat de calorische waarde (MJ/kg) van  $NH_3$  vergelijkbaar is met die van biokool en steenkool. Hierdoor hoeven geen grote aanpassing of toevoeging aan de kolencentrales te worden gedaan. Of het draaien op  $NH_3$  rendabel is en producenten deze mogelijkheden gaan benutten is lastig te zeggen en in elk geval zeer afhankelijk van de betreffende centrale en elektriciteitsmarkt rond 2035.

## Gebruik van ammoniak bij gas/waterstofcentrales



## Gebruik van ammoniak bij kolencentrales



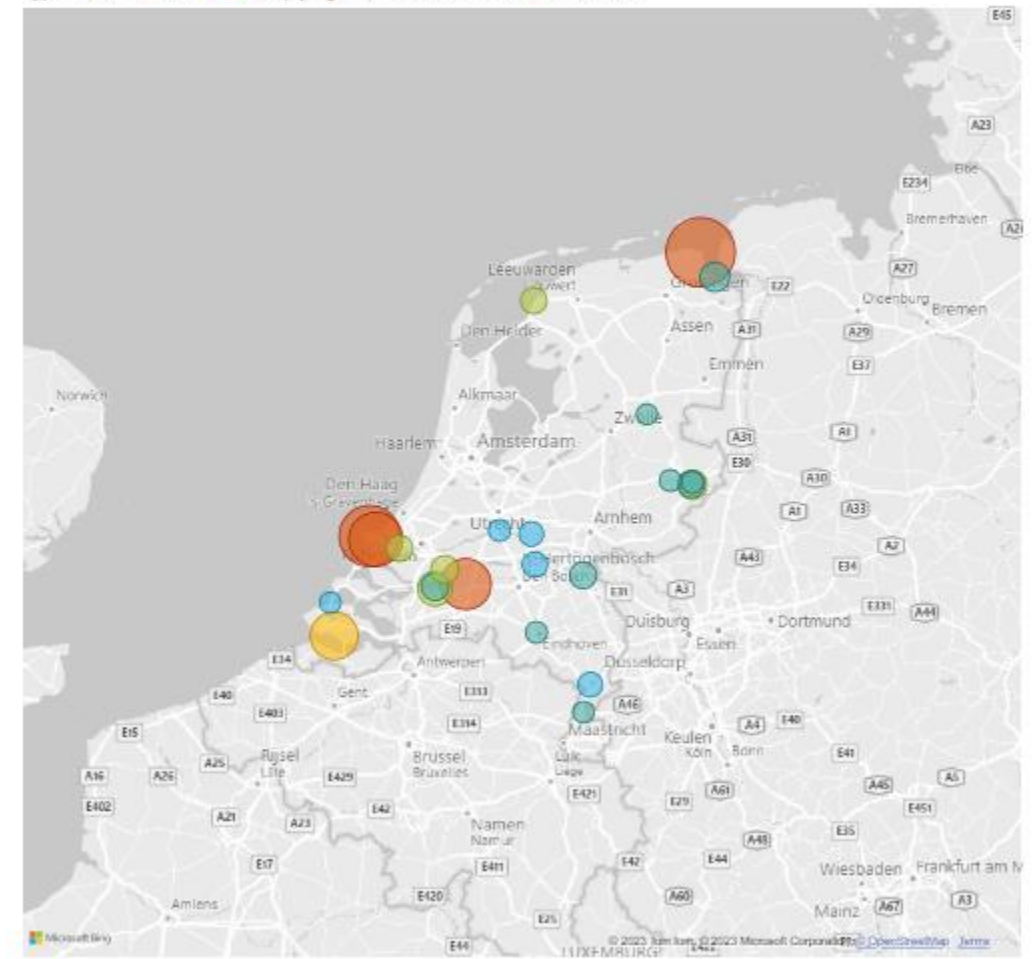
Brandstof	Calorische waarde (LHV) in MJ/kg
Steenkool	26,6
Ammoniak (NH3)	18,7
Biokool	20-24
Waterstof	121,0

# Meest waarschijnlijke locaties overig regelbaar vermogen

- Naast de gascentrales hebben we ook naar andere vormen van regelbaar vermogen gekeken.
- We vermoeden dat waterkrachtcentrales zullen blijven bestaan, aangezien de kunstwerken zullen blijven bestaan en het water naar alle waarschijnlijkheid zal blijven stromen.
- Bij biomassacentrales en kolencentrales is het lastig in te schatten of deze in 2035 nog bestaan. Voor biomassacentrales komt dit vooral door de vraag in hoeverre biomassa in 2035 nog wenselijk wordt geacht. Dit speelt ook bij de kolencentrales. Daarnaast is het onzeker in hoeverre een ammoniakroute voor alle centrales praktisch uitvoerbaar is. Wel kan hier voor 2050 ook de koppeling met warmtenetten en industriële stoomafname een rol spelen.
- De Nederlandse overheid en eigenaar EPZ hebben afgesproken dat de kerncentrale in Borssele uiterlijk eind 2033 geen energie meer mag opwekken.

Regelbaar vermogen in Nederland exclusief gascentrales

Type ● Afval ● Biomassa ● Kernsplijting ● Steenkool/(biomassa) ● Waterkracht



Kaarten, Regelbaar vermogen in Neder...

# Inzichten naar aanleiding van gesprekken met producenten

Enkele producenten hebben op deze studie gereageerd en naar aanleiding daarvan zijn we met deze partijen in gesprek gegaan. Hieruit zijn de volgende aanvullende inzichten en nuanceringen gekomen (de rapportage is op sommige punten op basis hiervan ook aangepast):

- Op een productielocatie kunnen centrales staan met uiteenlopende geschiktheid voor de ombouw op waterstof. Als men dan een waterstofinfrastructuur aanlegt voor de meer geschikte centrale, is die veelal ook voor de andere (op zich minder geschikte) centrales, als de waterstof-leidingcapaciteit voldoende ruim is (vaak kan dit zonder, of tegen lage, meerkosten). Het is dus vooral ook een afweging per locatie.
- Bij (vrijwel) alle centrales is het al mogelijk waterstof bij te mengen (tot zo'n 30% volume=10% energie). Daarvoor is reeds waterstofinfrastructuur vereist. De meeste conclusies in dit rapport gelden voor volledige waterstofombouw; niet wanneer men ook (tijdelijk) bijmengen beschouwt.
- Bij sommige gascentrales zijn plannen om in de toekomst te leveren aan een warmtenet en die centrales zijn hier ook voor geschikt. In deze rapportage wordt alleen de huidige koppeling aan warmtenetten onderzocht.
- Bij centrales die als niet aangetoond worden geclassificeerd in dit rapport, worden in een sommige gevallen wel concrete R&D-activiteiten ontplooid om in samenwerking met o.a. producenten en OEM'ers de centrales wel geschikt te maken voor het volledig draaien op waterstof. Sommige centrales zijn nu nog niet direct om te bouwen, maar mogelijk in de toekomst (voor 2035) wellicht wel.
- Maar als het technisch mogelijk is een centrale om te bouwen, wil dit nog niet altijd zeggen dat producenten tot ombouw overgaan. Het feit dat een centrale technisch om te bouwen is, wil niet altijd zeggen dat dit economisch ook verstandig is. In veel gevallen speelt hierbij een afweging tussen nieuwbouw en ombouw van centrales. Producenten maken hierin eigen afwegingen. Die afwegingen zijn veelal gerelateerd aan
  - de ombouw- versus nieuwbouwkosten,
  - verschillen in marginale kosten/rendement van nieuwe centrales versus omgebouwde oude centrales
  - en de visie op de toekomstige markt en de bijbehorende merit order, en het toekomstig aantal draaiuren wat sterke daling onderhevig is.
- Naast de bestaande locaties voor productie waarnaar gekeken is, zijn er locaties aangewezen voor grootschalige elektriciteitsopwekking in het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening. De meeste hiervan zijn in gebruik, maar sommige nu niet; dat zou kunnen gaan veranderen. Bijv. Nijmegen werd genoemd als nieuwe optie voor een (waterstof)centrale; mogelijk zijn er meer, aanbevolen wordt om dit verder te inventariseren.

# Conclusie

- In dit onderzoek hebben we onderzoek gedaan naar welk regelbaar vermogen waarschijnlijk in 2035 nog steeds in gebruik is. Dit is van belang voor de waterstofinfrastructuur, nodig om dit regelbaar vermogen klimaatneutraal te laten draaien.
- We hebben ons primair gericht op gascentrales
- We hebben hiervoor drie factoren geanalyseerd:
  1. Welke centrales/turbines zijn eenvoudig om te bouwen naar waterstof?
  2. Welke centrales leveren warmte aan een daarmee gekoppeld warmtenet?
  3. Welke centrales leveren stoom aan nabijgelegen industriële partijen?
- De eerste factor is primair relevant voor 2035, de andere factoren zijn secundair en voor 2050 ook relevant, de tweede factor is daarbij meer zeker dan de derde.
- Op basis hiervan hebben we de 45 gascentrales ingedeeld op basis van waarschijnlijkheid. In deze openbare rapportage is een niet-herleidbare samenvatting daarvan weergegeven.
- Voor ruim de helft van de centrales kunnen we nu zeggen dat het technisch haalbaar is om deze om te bouwen op zuivere waterstof: 58% van de centrales en ook 58% van het regelbaar vermogen. Bij de overige centrales kan dit lastiger zijn, en zou dit meer onderzoek vereisen om beter zicht op te krijgen.
- Technisch haalbaar wil niet zeggen economisch haalbaar. Daarvoor spelen vele andere factoren een rol, die niet onderzocht zijn.
- Overigens zijn alle gascentrales geschikt (te maken) voor het bijmengen van waterstof bij de gasinzet, tot zekere percentages.
- Daarnaast hebben we ook andere vormen van regelbaar vermogen en een inschatting gemaakt van de waarschijnlijkheid dat deze vormen van regelbaar vermogen in 2035 nog bestaan.
- We hebben hierbij ook geconstateerd dat in een aantal situaties de directe inzet van ammoniak een alternatief kan zijn voor waterstof, zowel voor kolen- als gascentrales. Het is de moeite waard dit verder te onderzoeken.



# Gehanteerde bronnen

- Wikipedia, [Lijst van elektriciteitscentrales in Nederland](#), geraadpleegd in november 2022.
- CBS/TNO, [Warmtemonitor](#) (2019).
- Global Energy Observatory (GEO) [Database](#) , geraadpleegd in november 2022.
- ETN Global, [Hydrogen Gas Turbines](#) (2020).



**Berenschot**

[www.berenschot.nl](http://www.berenschot.nl)

[linkedin.com/berenschot](https://linkedin.com/berenschot)

**TNO**

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

[linkedin.com/company/tno/](https://linkedin.com/company/tno/)