

Waar halen we groene waterstofgas vandaan?

Samenvatting.

Op groen waterstofgas overschakelen als onderdeel van de energietransitie is momenteel een populair gespreksonderwerp. Vaak wordt de suggestie gewekt dat overschakelen op groen waterstofgas een snelle en haalbare weg is om de Nederlandse CO₂ uitstoot, in overeenstemming met de Parijse Akkoorden, te verlagen. Een doorrekening daarvan, met de consequenties in termen van groene energie opwekcapaciteit, is daarentegen geen populair onderwerp.

Deze notitie rekent enkele belangrijke consequenties door, met de Nederlandse consumptie van primaire energie in 2019 als uitgangspunt.

Eén uitkomst is dat er bijna veertien duizend windmolens op zee nodig zijn om al het aardgas te vervangen door groen waterstofgas, uitgaande van windturbines van 8 MW elk, en een capaciteitsfactor van 50%, gebaseerd op het totale aardgasverbruik in 2019. Opgemerkt wordt dat het dan nog steeds noodzakelijk is ook nog op andere wijze energie op te wekken, of energie uit opslag betrekken op momenten dat het niet waait en/of de zon niet schijnt.

In plaats van bijna veertien duizend windmolens op zee, kan Nederland ook besluiten meer dan honderd kerncentrales te bouwen van de grootte van de huidige kerncentrale in Borssele. Deze kerncentrales kunnen continu zoveel energie produceren dat geen opslag nodig is.

Vervangt Nederland naast het aardgas ook alle fossiele brandstoffen door waterstof, dan zijn op zee meer dan dertig duizend windmolens van elk 8 MW nodig, plus de daarbij nog benodigde back-up capaciteit.

Als Nederland voor uitsluitend zonnepanelen zou kiezen dan is meer dan 17% van de totale oppervlakte van Nederland daarvoor nodig, nog afgezien van de noodzaak voor back-up, opslag en transport van elektriciteit. Dit achten wij confronterende cijfers.

Aannemelijk is dat Nederland een optimale mix van alle beschikbare CO₂-arme technieken (naast wind, zon en kernenergie is er geen enkele van betekenis) zal moeten benutten om tot de gewenste CO₂ uitstoot reductie te komen. Welke mix dat zal zijn, is niet op voorhand te zeggen. Net zomin als nu valt te zeggen of Nederland erin zal slagen om in 2050 geen koolwaterstoffen meer nodig zal hebben voor zijn primaire energiebehoefte.

De berekeningen zijn voluit uitgeschreven zodat keuzes van andere vermogens en capaciteitsfactoren gemakkelijk nagerekend kunnen worden.

PM: Ten opzichte van de vorige gepubliceerde versie d.d. 30 oktober 2020 is deze samenvatting ingevoegd en op pagina 5 een fout hersteld: '117' is tweemaal vervangen door '112'.

In Nederland gaan stemmen op om van aardgas over te schakelen op waterstofgas. Bijvoorbeeld om alle huishoudens die van het gas af moeten, over te laten schakelen op gebruik van waterstofgas. Of om de CO₂-uitstoot van de industrie te minimaliseren. Waterstofgas kunnen we nergens aftappen, maar moet worden geproduceerd. Afhankelijk van het productieproces komt daarbij geen of veel CO₂ vrij. Bijvoorbeeld bij Steam Methane Reforming wordt bij 1 ton waterstofgas ook 4,5 ton CO₂ geproduceerd. Die CO₂ productie zou averechts werken, omdat we juist willen dat de CO₂ in de atmosfeer wordt verminderd.

Elektrolyse¹ is in dit verband het meest genoemde productieproces. Daarbij wordt geen CO₂ geproduceerd, want water wordt d.m.v. elektriciteit gesplitst in waterstofgas en zuurstof. We noemen het 'groen' waterstofgas als de elektriciteit duurzaam is opgewekt door zonne- of windenergie, omdat bij deze opwekmethoden geen CO₂ vrijkomt. Zonne- en windenergie worden ook wel hernieuwbare energieën genoemd.

Van alle primaire energie welke Nederland in 2019 verbruikte, 3156 Petajoule², was 181 Petajoule, ofwel 6% hernieuwbaar: een kwart daarvan was zonne- of windenergie: 45,25 Petajoule of 1,5 % van ons totale primaire energie verbruik.

Denk nu eens groot:

In 2019 leverde aardgas 41% van alle gebruikte primaire energie. Om alle aardgas te kunnen vervangen door waterstofgas opgewekt d.m.v. zonne- en windenergie moet de productie van primaire zonne- en windenergie toenemen van 1,5% in 2019 naar 41% ofwel 27 keer worden vergroot ten opzichte van wat Nederland in 2019 aan opwek capaciteit had staan aan zonne- en windenergie. Dan produceren we dezelfde hoeveelheid primaire energie, al is dat wel in 40% van de tijd, omdat maar 40% van de tijd de wind genoeg waait en de zon voldoende schijnt³.

Daar komt wel bij, dat het maken van waterstof ook energie kost. Die moet extra worden geproduceerd. Elektrolyse processen hebben een geschatte gemiddelde efficiëntie van 70%⁴, d.w.z. dat het elektrolyseproces om waterstof te maken 30% aan ingaande primaire energie kost. Ofwel $30/70 \times 27$ is 11,6 keer de capaciteit van 2019 extra energie.

Dus om in Nederland alle aardgasverbruik in 2019 te vervangen door groen waterstofgas moet totaal $27 + 11,6$ is 38,6 keer de operationele opwek capaciteit van primaire zonne- en

¹ <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/energietransitie/roadmaps/naar-co2-neutrale-brand-en-grondstoffen/waterstof-voor-een-duurzame-energievoorziening/optimalisatie-productieproces-waterstof/>

² EBN, infographic Energie in Nederland 2019 https://www.ebn.nl/wp-content/uploads/2019/01/EBN_Infographic2019_14JAN19.pdf

³ Die 40% is een voor deze notitie aangenomen gemiddelde om snel mee te kunnen rekenen; voor achtergronden zie https://nl.wikipedia.org/wiki/Windturbines_in_Nederland op land halen windmolens 20-40% en op zee 30-50% capaciteit; voor zonnepanelen ligt dit aanzienlijk lager op 10% , zie https://nl.wikipedia.org/wiki/Zonne-energie_in_Nederland

⁴ <https://www.hieropgewekt.nl/kennisdossiers/waterstof-waar-staan-we-feiten-op-een-rijtje#:~:text=Waterstof%20wordt%20gemaakt%20via%20elektrolyse,er%20heel%20veel%20energie%20vrij.&text=Nadeel%20is%20echter%20dat%20je,een%20rendement%20hebt%20van%2070%25.>

windenergie in 2019 worden bijgebouwd. Dit moet worden geproduceerd door zonnepanelen op land en windmolens op land en vooral op zee (want meer wind en ruimte), die samen 38,6 X 45,25 PetaJoule is 1747 Petajoule per jaar aan elektriciteit leveren.

Stel dat Nederland dit alleen invult met windmolens op zee⁵ met een capaciteit van 8MegaWatt per stuk die in 50% van het jaar die 8MW⁶ leveren.

Een 8MW windmolen levert dan $8 \times 50\% \times 24 \text{ uur} \times 365 \text{ dagen}$ is 35.040 MWuur per jaar. Dat is $35.040 \times 0,0000036 \text{ PetaJoule}$ is 0,126PJ per molen per jaar⁷.

Er zijn dan $1747/0,126$ is 13.865 windmolens op zee nodig van elk 8MW capaciteit met een capaciteitsfactor van 50%.

Om over na te denken:

- 1) *Er is een niet eenvoudig optimalisatie vraagstuk voor Nederland op te lossen: die 13.865 8MW windmolens produceren de aardgas vervangende hoeveelheid waterstof in 50% van de tijd. Dat zal vast niet altijd overeenkomen met de vraag naar waterstofgas op enig moment. Dus bij een aanbodoverschot, moeten we ergens met die waterstof heen. Opslaan bijvoorbeeld. Of er iets anders van maken, brandstof voor de scheepvaart bijvoorbeeld. En bij een vraagoverschot, moeten andere energiebronnen worden ingeschakeld om elektriciteit te produceren voor de waterstof productie. Die bronnen zijn dan bijna per definitie van fossiele herkomst: aardgas, olie of steenkool. Het werkelijke aantal van die 13.865 te bouwen windmolens hangt dan af van de best mogelijke combinatie van de reductie van CO2 productie t.g.v. primair energie verbruik, de productie van zonne- en windenergie om groen waterstofgas te produceren (50% van de tijd), de mogelijkheden van opslag van waterstofgas (x%) en de noodzaak om fossiele energie te gebruiken in (50-x)% van de tijd.*
- 2) *Dit biedt slechts een oplossingsrichting voor het primair gebruik van aardgas à 41% in 2019. In 2019 wordt daarnaast 51% van ons primair energieverbruik ingevuld door olie en steenkool. Daar moet volgens het Parijs Akkoord uiterlijk 2050 ook nog een oplossing voor gevonden worden.*
- 3) *Eind 2019 was de totale windmolencapaciteit in Nederland ruim 4,5 duizend MegaWatt⁸ en werd het totale opgestelde vermogen aan zonnepanelen geraamd op 6900 MegaWattpiek⁹. Alle hernieuwbare opgewekte primaire energie in 2019*

⁵ Het Nederlandse Continentale plat meet ongeveer 57.000 vierkante kilometer.

https://nl.wikipedia.org/wiki/Nederlandse_Exclusieve_Economische_Zone

⁶ Anno 26 okt 2020, vermeld https://nl.wikipedia.org/wiki/Lijst_van_windmolenparken_in_de_Noordzee m.b.t. geplande windparken op zee, dat turbines geplaatst worden met een vermogen van 8 – 11 MW per stuk.

⁷ <https://www.eenheden->

[omrekenen.info/Megawattuur+in+Petajoule+omrekenen.php#:~:text=1%20Megawattuur%20%5BMWh%5D%20%3D%200%2C000,naar%20Petajoule%20omgerekend%20kan%20worden.](https://www.eenheden-omrekenen.info/Megawattuur+in+Petajoule+omrekenen.php#:~:text=1%20Megawattuur%20%5BMWh%5D%20%3D%200%2C000,naar%20Petajoule%20omgerekend%20kan%20worden.)

⁸ <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0386-windvermogen-in-nederland#:~:text=Windvermogen%20in%202019%20iets%20gegroeid,ruim%203%2C5%20duizend%20megawatt.>

⁹ <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i20761/cbs-2-402-megawattpiek-zonnepanelen-geïnstalleerd-in->

[2019#:~:text=Dat%20is%20een%20stijging%20van,de%20opgestelde%20capaciteit%20van%20zonnepanelen.&](https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i20761/cbs-2-402-megawattpiek-zonnepanelen-geïnstalleerd-in-2019#:~:text=Dat%20is%20een%20stijging%20van,de%20opgestelde%20capaciteit%20van%20zonnepanelen.&)

(inclusief die door biomassa werd opgewekt) bedroeg 181 PetaJoule. Daar zouden 181/0,126 is 1436 windmolens op zee van 8MW voor nodig zijn geweest.

- 4) *Die 13.865 extra 8MW windmolens op zee zijn alleen om groen waterstofgas te kunnen produceren ter vervanging van aardgas door waterstofgas en niet om toenemende elektrificatie van ons NL-energiesysteem op te vangen of een toenemende vraag naar energie, omdat bijvoorbeeld onze bevolking toeneemt. Daarvoor zou dan aanvullende capaciteit aan zonne- en windenergie moeten worden gebouwd.*
- 5) *De bouw van 13.865 windmolens op zee om waterstofgas via elektrolyse te kunnen maken, lost niet alle daarmee verbonden vraagstukken op, zoals bijvoorbeeld deze drie: 1) Opslag van waterstofgas en voldoende druk op het waterstofnetwerk houden zijn ook technische en financiële vraagstukken die moeten worden opgelost. Bijvoorbeeld: hoe groot moet die capaciteit dan zijn? 2) Voldoende capaciteit om het elektriciteitsnet op gelijkmatige spanning te houden als ook de transportcapaciteit van het net om het fluctuerende aanbod op te vangen; 3) Hoe onze infrastructuur en nu op aardgas werkende toestellen en machines over schakelen, om met waterstofgas te werken.*

Waterstofgas is groen als het wordt geproduceerd met duurzame geproduceerde elektrische energie. Steevast wordt daarbij zonne- en windenergie genoemd. Het duurzame zit erin, dat er geen CO₂ vrijkomt bij de opwekking van elektriciteit. Er zijn andere mogelijkheden om binnen de Nederlandse grenzen energie op te wekken, waarbij geen of nihil tot weinig CO₂ vrijkomt:

- 1) waterkracht: heeft Nederland zeer beperkte mogelijkheden toe;
- 2) biomassa: mits dit uitsluitend voor andere doeleinden onbruikbaar is en zeker niet speciaal voor verbranding wordt geproduceerd (bossen kappen is uit den boze, zo ontbosten we in de Middeleeuwen ons land al eens en dat voor een veel kleinere bevolking);
- 3) aardwarmte/geothermie: waar Nederland met een paar diep onder de oppervlakte liggend oude vulkanen maar beperkte mogelijkheden toe heeft.

En dan is er kernenergie: de aantoonbaar veiligste techniek om energie op te wekken¹⁰. Met een CO₂-equivalent emissie van 3gram per kWuur de laagste van alle energieopwekmethode. Waar aardgas 490 gram CO₂-e produceert, olie 715, steenkool 820, biomassa 78 tot 320, waterkracht 34, wind 4 en solar 5 gram CO₂-e per kWuur.

[text=Het%20totale%20vermogen%20van%20zonnepanelen,wordt%20geraamd%20op%206.900%20megawatt piek.](#)

¹⁰ <https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy#:~:text=If%20they%20produced%20all%20of,they%20relied%20on%20natural%20gas.> ; let op: De cijfers zijn afgeleid van mondiale cijfers; binnen Nederland zou dat iets anders kunnen liggen. Omdat energie een wereldvraagstuk is en niet specifiek Nederlands, en Nederland haar meeste energie van buiten haar grenzen aanvoert, zijn de wereldcijfers hier als maatstaf gebruikt.

Om alle aardgas te vervangen door waterstofgas is 1747 Petajoule of 55GW per jaar aan elektriciteit nodig (zie hiervoor). Nederland produceert zelf kernenergie met de enige commerciële Nederlandse kerncentrale in Borssele.

De kernenergiecentrale Borssele heeft een vermogen van 485MegaWatt-electrisch¹¹ plus levert nog een heleboel warm koelwater. Gedurende 2009-2019 leverde Borssele gemiddeld 3,5345TerraWattuur-electrisch per jaar wat overeenkomt met 403MW of 0,403GW. De capaciteitsfactor van Borssele was toen gemiddeld 403/485 is 83%.

Die capaciteit van 55GW kan ingevuld worden door 55/0,403 is 137 centrales à la Borssele. Door ook de restwarmte te benutten kan dit aantal naar beneden.

Kerncentrales hebben een rendement van 35-40% elektrische energie. Er komt ook nog 65-60% aan restwarmte vrij. Deze restwarmte kan warmtenetten voeden voor verwarming van de bebouwde omgeving. Daar hoeft dan geen aardgas of straks waterstofgas voor te worden gebruikt. In 2019 werd 690PetaJoule x 71% x 85% is 416 PetaJoule aardgas gebruikt voor warmteproductie in de Nederlandse bebouwde omgeving. Nog eens 177 PetaJoule aardgas voor de industrie en 48PetaJoule voor de landbouw. Samen 641 PetaJoule. Nemen we aan dat 50% daarvan door koelwater van kerncentrales via warmtenetten kan worden geleverd¹². Dan komt dat overeen met 50% x 614 PetaJoule is 10,2 GW aan kerncentrale capaciteit.

Er kan met 55GW – 10,2 is afgerond 45GW kerncapaciteit worden volstaan om Nederland te verzekeren van een constante productie van elektriciteit om in een continu proces waterstofgas te produceren ter vervanging van de hoeveelheid aardgas die we in 2019 verbruikten minus die niet meer nodig is voor verwarming van de industrie, de bebouwde omgeving en de landbouw. Vooropgesteld dat al die door aardgas geproduceerde warmte effectief door ‘warm/heet koelwater’ van kerncentrales kan worden vervangen.

Die capaciteit van 45GW kan ingevuld worden met 45/0,403 is 112 centrales à la Borssele.

112 kerncentrales als Borssele¹³ of 13.865 8MW windmolens op zee? Ook nog veiliger en minder CO2 producerend dan met zonne- en windenergie: sterke argumenten om dit voor Nederland zeer serieus te gaan overwegen.

Om verder over na te denken:

- 1) *Borssele is een kleine centrale. Neem je kerncentrales van 1000MW of 1GigaWatt-electrisch met een capaciteitsfactor van 90%, dan zijn er niet 112*

¹¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Borssele_Nuclear_Power_Station en https://nl.wikipedia.org/wiki/Kerncentrale_Borssele#:~:text=In%202006%20werd%20een%20nieuwe,en%20wijzigde%20daartoe%20de%20vergunning.

¹² Voor warmteverliezen in warmtenetten wordt gerekend met 20-30% van de ingaande energie. Gezien de grote beschikbaarheid van warm koelwater is dat geen enkel probleem.

¹³ of minder als je ze met grotere capaciteit bouwt, bv 1 MW, nog steeds vrij klein, of juist meer als je kleiner en modulair bouwt, waar bv Copenhagen Atomics als een van tientallen organisaties wereldwijd aan werken <https://www.copenhagenatomics.com/>

maar 45GW/1GW/90% is 50 stuks nodig.

- 2) Als je dergelijke aantallen in serie bouwt en volgens hetzelfde ontwerp, dan zullen de kosten daarvan spectaculair kunnen dalen vergeleken met de enkele installaties, die nu vaak aangehaald worden als 'te duur' en 'te lang durend': Engeland Sizewell C en Finland Olkiluoto.*
- 3) Zou Nederland behalve aardgas (41%) alle primaire gebruik van fossiele brandstof in 2019 (niet alleen 41% maar alle 92%) willen vervangen door elektriciteit en/of waterstofgas, dan zouden daarvoor nog meer kerncentrales en/of zonne- en windenergiecapaciteit moeten worden gebouwd.*
- 4) Bijvoorbeeld 13.865 X 52/41 is 17.246 extra windmolens op zee van 8MW¹⁴.*
- 5) Of extra kerncentrales: 51% x 3156PetaJoule is 1610PetaJoule is 51GW. Stel dat 50% wordt gebruikt voor opwekking elektriciteit en 50% voor opwekking waterstofgas. Waterstofgasproductie kost extra energie 30/70 x 50% x 51 is 11 GW. Totaal is daarvoor dan 51 + 11 is extra 62GW kernenergiecapaciteit nodig ofwel 62/0,9 is 69 extra centrales van 1GW met een productiviteit van 90%.*
- 6) Waarschijnlijk zal er een goed afgestemde mix van kernenergie en zonne- en windenergie worden gerealiseerd.*
- 7) Als waterstofgas wordt gebruikt om op te werken naar alternatieve brandstoffen voor de scheepvaart, de industrie of het vliegverkeer dan moet extra energie worden opgewekt om het energieverbruik van die productieprocessen te compenseren. Zo'n opwerkstap kost geschat tussen de 20-35% van de ingaande energie.*
- 8) Neemt het primair energieverbruik t.o.v. 2019 in de komende jaren toe, dan moet voor die toename extra energie worden opgewekt.*

Om nog weer verder over na te denken:

- 1) De Nederlandse Vereniging Duurzame Energie heeft een factcheck¹⁵ gedaan op de verschillende scenario's van bijvoorbeeld PBL, Wageningen UR en Urgenda voor het aantal windmolens op land en op zee. En constateert verschillen. Niet gek voor prognoses, die zover reiken. Wageningen UR schat dat in Nederland ruimte is voor ca. 17GW windenergie op land en 36-54GW op zee. PBL respectievelijk maximaal 11GW op land en 75GW op zee.*

¹⁴ <https://www.vattenfall.nl/duurzame-energie/windenergie/windmolenpark-hollandse-kust-zuid/> Vattenfall's plan om het tot nu toe grootste windpark voor de Hollandse Zuidkust te bouwen, voegt 1500MegaWatt toe aan opgesteld vermogen. Bij een capaciteitsfactor van 50% komt dat overeen met 1500 X50% is 750MegaWatt-electrisch: ¾ van een 1 MegaWatt-e kerncentrale. Daarvoor bouwt Vattenfall ongeveer 150 windmolens van dan 10MegaWatt. Er zijn dan 166 van dergelijke parken nodig om alle primair fossiele energieverbruik van 2019 te vervangen door waterstofgas geproduceerd met windmolens op zee.

¹⁵ <https://www.nvde.nl/nvdeblogs/factcheck-aantal-windmolens/>

Het laat zien dat we alleen bij benadering kunnen voorzien welke vermogens we op land en zee kunnen verwachten te plaatsen. We weten nog lang niet goed tegen welke grenzen Nederland aan zal lopen met het uitbouwen van windmolen capaciteit.

- 2) *Niet uitgesloten kan worden dat technische ontwikkelingen ervoor zorgen dat andere dan nu gangbare methoden beschikbaar komen om energie op te wekken, welke geen of miniem CO₂e uitstoot veroorzaken.*
- 3) *CO₂ opslag is hiervoor niet als factor meegenomen. Dat kan ook zorgen voor CO₂-compensatie van gebruik van bijvoorbeeld aardgas voor bepaalde noodzakelijke industriële toepassingen. Bedenk wel: CO₂ opslag levert geen energie op en kost wel geld. En nog iets: gas uit Slochteren halen ging moeiteloos, zoveel druk stond daar tientallen jaren op: het spoot eruit. CO₂ terugpompen gaat niet zo makkelijk: daar is veel perskracht voor nodig, lees: kost veel energie. Waar ligt dan het break even punt nog?*
- 4) *Stel Nederland lost de totale energievraag van 2019 op met zonnepanelen (en batterijen + back up opwek-capaciteit). Die zonnepanelen moeten dan een vermogen leveren gelijk aan 13.865 + 17.246 is 31.111 8MW windmolens met een capaciteitsfactor van 50% ofwel een vermogen van $8 \times 0,50 \times 31.111$ is 124.444 MW of 124GW.
In Nederland levert het wattpiekvermogen, Wp, van een zonnepaneel ongeveer 0,85kWh op¹⁶. Een zonnepaneel van 300Wp (ongeveer beste prijs/kwaliteitverhouding anno 2020) levert per jaar dan $300 \times 0,85$ is 255kWh. Er zijn dan $124.444 \text{ MW} \times 365 \text{ dgn} \times 24 \text{ uur} / 255 \text{ kWh}$ afgerond 4.275 miljoen zonnepanelen nodig.
Met gemiddelde afmetingen per paneel van 168 x 100 cm is 1,68 m² per paneel is daarvoor een aaneengesloten oppervlakte nodig van $488.000 \times 1,68 \text{ m}^2$ is 7.182 miljoen m² of 7.182 km².
Nederland meet incl. 18% wateroppervlakte totaal 41.543 km². We zouden daarvan $7.182 / 41.543$ is 17,3% moeten gaan bedekken. Aaneengesloten. Die gemiddeld maar 10% van de tijd energie leveren. Om allerlei redenen is dat ondenkbaar.*
- 5) *Stel dat Nederland dit oplost met alleen windmolens op land. De gemiddelde landwindmolen anno 2020 levert 20-40% van haar vermogen aan elektrische stroom per jaar¹⁷. Bij een opgesteld vermogen van 4MW per molen anno 2020 (aan de hoge kant, maar wel naar waar gestreefd wordt, dan wel ontwikkeld wordt, dan wel waar bestaande kleinere molens liefst door vervangen zullen gaan worden) levert dat gemiddeld $30\% \times 4$ is 1,2MW per jaar op.
Om 124.444 MW te leveren (zie hiervoor) zijn dan $124.444 / 1,2$ is 103.703 stuks van 4MW landwindmolens nodig.
Nederland meet incl. 18% wateroppervlakte totaal 41.543 km². We zouden dan $41.543 / 103.703$ is 0,4 windmolens van 4MW op elke per km² Nederland moeten*

¹⁶ <https://www.essent.nl/kennisbank/zonnepanelen/hoe-werken-zonnepanelen/verschillen-zonnepanelen>

¹⁷ https://nl.wikipedia.org/wiki/Windturbines_in_Nederland

Voor publicatie op <http://www.groenekernenergie.nl/>

plaatsen. Plaatsingsmogelijkheden zijn afhankelijk van windmolen grootte (tiphoogte; onderlinge afstand, plaatsingsmogelijkheden t.a.v. gebruiksmogelijkheden van de omgeving, instemming bewoners etc. etc.)¹⁸. In hoeverre is dit mogelijk?

Tot slot:

Om de realisatie van de Nederlandse energietransitie binnen onze eigen nationale grenzen (want waarom zouden onze burens daarvoor moeten opdraaien?) maximaal op gang te brengen is er m.i. niet een zaligmakende alles-oplossende techniek: Nederland zal alle beschikbare technieken moeten gebruiken om CO₂-vrije of minstens CO₂-arme methoden van energiegebruik op te gaan schalen: zonne- en windenergie, energiebesparing, opslag van energie, energie uit biomassa (voor zover dat echt niet beter kan worden aangewend) en natuurlijk ook kernenergie. Om daarmee gebruik van achtereenvolgens steenkool, olie en dan pas aardgas af te gaan bouwen. In die volgorde, omdat dan de meest snelle CO₂-reductie te halen is. Dat alles in een totaal mix die het optimale uit elke techniek en de Nederlandse geografische mogelijkheden haalt en die past bij ons toekomstige meest efficiënte energie verbruik binnen de context om in 2050 geen CO₂ uit energieverbruik meer toe te voegen aan de Nederlandse levensruimte, lees de atmosfeer.

Community Groene Kernenergie,

Ad Komen.

www.groenekernenergie.nl

de auteur is bereikbaar onder ad.komen@me.com

december 2020

¹⁸ zie o.a. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Windenergie>