Via Parijs

Een ontwerpverkenning naar een klimaatneutraal Nederland.

CRa College van Rijksadviseurs

Via Parijs

Een ontwerpverkenning naar een klimaatneutraal Nederland.

CRa
College van
Rijksadviseurs

Inhoudsopgave

Via Parijs | een ontwerpverkenning naar een klimaatneutraal Nederland.

Een woord vooraf 4

Deel 1; Advies 6 - 21

Deel 2; Via Parijs, een ontwerpverkenning 22 - 115

1. Constante verandering 26

2. Zeven doelstellingen 32

3. Het energie- en grondstoffensysteem 38

4. Reduceren en onttrekken 48

5. Doeltreffend naar Parijs 2050 54
5.1 Warmte 56
5.2 Elektriciteit 64
5.3 Waterstof 76
5.4 Biomassa 82
5.5 Circulaire landbouw en eiwittransitie 88
5.6 Verstedelijking en mobiliteit 94

6. Een samenhangende energiestrategie 98
Toekomstbeeld Via Parijs. De ondergrond: 2050 104
Toekomstbeeld Via Parijs. De bovengrond: 2050 110

Bronnen 116

Beeldverantwoording 118

Colofon 120

Afb.1
Een energielandschap avant la lettre; De molenkaart van de Zaanstreek, 1930.

Een woord vooraf

We kunnen nu de koers bepalen en met elkaar de kans grijpen de noodzakelijke energietransitie in te zetten voor verbetering van onze leefomgeving. In deze publicatie wil het College van Rijksadviseurs laten zien dat ons land 'Via Parijs' rijker, schoner en hechter kan worden. We tonen een mogelijk toekomstbeeld voor 2050 dat voortkomt uit ruimtelijke overwegingen én de logica van systemen. Daarmee biedt het inspiratie voor een aantrekkelijk postfossiel Nederland.

Over 30 jaar moeten we onze CO_2-uitstoot hebben geminimaliseerd om verdere klimaatverandering tegen te gaan. We hebben met de rest van de wereld afgesproken dat we de klimaatdoelen van 'Parijs' gaan halen. Daar is een energietransitie voor nodig: van fossiele brandstoffen schakelen we over naar duurzame bronnen. Deze transitie zal voor iedereen merkbaar zijn: onze woningen zullen verduurzamen en geen aardgas meer gebruiken, onze auto's worden elektrisch en we gaan steeds meer zonnepanelen en windturbines zien. De energietransitie heeft ook grote gevolgen voor onze steden en landschappen. Nederland gaat ruimte maken voor de opwekking van duurzame energie en nieuwe netwerken aanleggen voor warmte en elektriciteit.

De energietransitie is een complexe opgave die diverse spanningen en ingewikkelde keuzes met zich meebrengt. Enerzijds is er de noodzaak om meer duurzame energie op te wekken, anderzijds is er het beperkte maatschappelijk draagvlak voor meer windturbines en zonne-energiecentrales. Of denk aan de spanning tussen collectieve oplossingen zoals warmtenetten versus de individuele keuzevrijheid. En ook de spanning tussen grootschalige, efficiënte windparken op de plaatsen waar de meeste wind is versus een eerlijke verdeling van de lasten over alle landsdelen. Nederland bevindt zich midden in een zoektocht naar hoe we dit alles voor elkaar moeten krijgen. Mede vanwege deze complexiteit is er nu, voor een deel van de energietransitie, bestuurlijk gekozen voor een regionale aanpak. Daarin kunnen decentrale overheden zelf integrale afwegingen maken binnen de RES (Regionale Energie Strategie).

Het College van Rijksadviseurs (CRa) is ervan overtuigd dat een planmatige aanpak voor deze grote transitie onmisbaar is om op tijd de doelstellingen te halen, om op de lange termijn draagvlak te krijgen bij de bevolking en om onze ruimte in dit land, waar elke vierkante meter een bestemming heeft, niet te versnipperen of te vermorsen. Verbinding met andere opgaven en respect voor bestaande kwaliteiten zijn in deze planmatige aanpak daarom cruciaal. Dit maakt het niet minder complex, maar de complexiteit van een opgave is natuurlijk geen reden om die complexiteit dan maar te mijden. Integendeel, kun je bijna zeggen. We pleiten ervoor om maatschappelijke uitdagingen zoals de energietransitie in te zetten als een hefboom voor de verbetering van onze leefomgeving, zoals we hebben beschreven in Panorama Nederland[1]. In dat perspectief op de toekomstige inrichting van Nederland hebben we de energietransitie in samenhang gebracht met drie andere majeure opgaven: klimaatadaptatie, de transitie van de landbouw en de koppeling tussen mobiliteit en verstedelijking. Ook hebben we een aantal ruimtelijke principes voor de energietransitie benoemd. Deze ontwerpverkenning onder de titel 'Via Parijs' is hiervan een verdere uitwerking. We hebben daarbij dankbaar gebruik gemaakt van de kennis en inzichten uit eerdere studies naar de relatie tussen energie en ruimte[2].

De taken die op ons afkomen liegen er niet om. Alle overheden hebben hierin verantwoordelijkheden, en samenwerking met maatschappelijke partijen is onontbeerlijk. Het Rijk heeft bijvoorbeeld een verantwoordelijkheid voor de verschillende systeemkeuzes die op nationaal niveau moeten worden gemaakt, waaronder de inzet van de Noordzee voor duurzame opwekking, en de ontwikkeling en uitbreiding van energienetwerken, ook over de grens. Ook heeft het Rijk een belangrijke verantwoordelijkheid op het gebied van wet- en regelgeving.

Voor ongeveer een kwart van de totale vraag naar duurzame energie worden nu Regionale Energie Strategieën (RES-en) gemaakt, met als horizon 2030. Gemeenten, provincies, waterschappen en Rijkspartijen (onder andere de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en Rijkswaterstaat) werken in dertig regio's samen om daar tot voorstellen te komen voor de opwekking van duurzame elektriciteit, de warmtetransitie in de gebouwde omgeving en de daarvoor benodigde opslag en infrastructuur. De regio is in veel gevallen het juiste schaalniveau om de energietransitie te verbinden met andere opgaven en te beschouwen in relatie tot regionale kenmerken en kwaliteiten. De regio bestrijkt immers de dagelijkse leefomgeving van de gemiddelde burger. Met energieopbrengsten kan in het gebied zelf worden geïnvesteerd in omgevingskwaliteit en dat draagt bij aan maatschappelijk draagvlak. Bovendien worden op dit schaalniveau abstracte maatschappelijke opgaven als 'Parijs halen' en 'de woningbouwopgave van 1 miljoen' concreet.

De RES-en zijn een waardevolle eerste stap op weg naar 'Parijs'. Vanuit ruimtelijk oogpunt is het goed om de opgave van de energietransitie ook op landelijke schaal te benaderen. Waar leveren zon en wind het meeste op? Wat zijn vanuit integraal en ruimtelijk perspectief bezien de beste locaties? Hoe ziet de verduurzaming van de landbouw eruit? Hoe gaan we bodemdaling en daarmee samenhangende CO_2-uitstoot in veengebieden tegen? Hoe koppelen we mobiliteit en verstedelijking?
Omdat de RES-en zich nog niet richten op de periode tussen 2030 en 2050, omdat het goed is om te zorgen voor een sterke samenhang met de rest van Nederland, en omdat driekwart van de opgave voor de energietransitie buiten de RES-en valt, is het nodig om ook een perspectief op nationale schaal te ontwikkelen, met het oog op 2050 en daarna.

Op dit moment is er nog geen ruimtelijk beeld van heel Nederland voor 2050 dat inspireert en laat zien hoe we de energietransitie de komende decennia gestalte kunnen geven. Wij vinden zo'n beeld onmisbaar om ervoor te zorgen dat de energietransitie efficiënt en effectief verloopt, tegen aanvaardbare maatschappelijke kosten, en met een optimale ruimtelijke inpassing. Het gaat dan om een beeld dat toont wat er mogelijk is, dat het maatschappelijk debat voedt en inspireert. Ook kan zo'n landsdekkend ruimtelijk beeld behulpzaam zijn bij het maken van de Regionale Energiestrategieën. De opgave van de eigen regio krijgt daarmee een verbinding met het grotere geheel.

Via Parijs

Als College van Rijksadviseurs hebben wij de bijzondere positie dat we het Rijk en haar partners gevraagd en ongevraagd kunnen adviseren over ruimtelijke kwaliteit. Gezien de enorme opgave waarvoor Nederland staat, hebben wij het initiatief genomen om ons perspectief Panorama Nederland verder uit te werken voor de energietransitie, en op basis daarvan het Rijk te adviseren. Dat advies ligt voor u en vormt het eerste deel van deze publicatie. We richten ons advies in het bijzonder aan de minister van Economische Zaken en Klimaat en de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

We hebben ons advies gebaseerd op een uitgebreide ontwerpende verkenning naar een klimaatneutraal Nederland gemaakt door Studio Marco Vermeulen, in nauwe samenwerking met het CRa. Ruimtelijke ontwerpers als landschapsarchitecten, stedenbouwkundigen en architecten zijn in staat om vanuit de ruimtelijke dimensie een bijdrage te leveren aan de oplossing van het vraagstuk, door opgaven met elkaar te verbinden, te verbeelden wat er mogelijk is en wat we zouden kunnen wensen of verlangen. De ontwerpverkenning treft u aan in deel twee van deze publicatie.

We hebben deze publicatie 'Via Parijs' genoemd om te benadrukken dat wij de energietransitie beschouwen als *middel* voor een rijker, hechter en schoner Nederland en om te benadrukken dat we voorstellen doen voor een *roadmap* naar Parijs en er voorbij. In het Klimaatakkoord zijn afspraken gemaakt tot 2030. Dit stuk kijkt verder vooruit, tot 2050, het moment waarop Nederland CO_2-neutraal wil zijn.

Dit stuk is geen plan of blauwdruk, het heeft geen formele status, en is dus ook zeker geen Rijksplan. We pretenderen hiermee niet een allesomvattend, compleet en integraal antwoord te geven op het zeer complexe vraagstuk van de energietransitie. Zo gaan we bijvoorbeeld niet of maar beperkt in op zaken als governance, participatie, kosten en opbrengsten. Dit stuk is een ontwerpend onderzoek naar en een daarop gebaseerd advies over het bereiken van een aantrekkelijk postfossiel Nederland in 2050, dat vanuit ruimtelijke overwegingen én vanuit de logica van systemen zo optimaal mogelijk is. Vanuit het wenselijke, samenhangende beeld in 2050 redeneren we terug naar de belangrijke systeemkeuzen die we nu al met elkaar zouden moeten maken. We richten ons op het verbinden van systemen en technieken met ruimtelijke opgaven en kansen. Daarvoor hebben we de gehele opgave voor CO_2-reductie in beeld gebracht en in nationaal perspectief geplaatst. Met een ontwerpende, ruimtelijke blik beschouwen we de opgave zoveel mogelijk in samenhang met andere opgaven en met de bestaande kwaliteiten van ons mooie land. Dat levert overzicht, houvast, structuur, nieuwe bouwstenen en inzichten op.
We hopen u te inspireren en te motiveren om gezamenlijk en planmatig aan de slag te gaan met de energietransitie en te kiezen voor een integrale, samenhangende aanpak. ■



Floris Alkemade **Berno Strootman** **Daan Zandbelt**

"Er is nog geen ruimtelijk beeld van heel Nederland dat inspireert en laat zien hoe we de energietransitie de komende decennia gestalte kunnen geven."

1 *College van Rijksadviseurs (2018). Panorama Nederland*
2 - *FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten, Posad Spatial Strategies, Studio Marco Vermeulen, Sijmons, D., NRGlab / Wageningen Universiteit, Vereniging Deltametropool (2017), Energie en Ruime; Een nationaal perspectief (2017);*
- Posad Spatial Strategies, Generation Energy, FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten, Studio Marco Vermeulen, NRG Lab / Wageningen Universiteit, Ruimtevolk (2018), Ruimtelijke Verkenning Energie en Klimaat
- Generation Energy, APPM, NRG Lab / Wageningen Universiteit, Academie van Bouwkunst, TU Delft, Studio Marco Vermeulen, BRIGHT The Cloud Collective, FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten (2018), Ruimte in het Klimaatakkoord
- Generation Energy, APPM, NRG Lab / Wageningen Universiteit, Academie van Bouwkunst, TU Delft, Studio Marco Vermeulen, BRIGHT The Cloud Collective, FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten (2019), Ruimtelijke implicaties Klimaatakkoord en NOVI

Via Parijs

Advies van het College van Rijksadviseurs.

CRa
College van
Rijksadviseurs

Afb. 2
Satellietbeeld van Nederland en de Rijn, Maas en Schelde delta.

Advies

Dit advies is gebaseerd op een uitgebreide ontwerpende verkenning naar een klimaatneutraal Nederland. Vanuit een ruimtelijke en ontwerpende blik komen we tot vier aandachtspunten die samen ons advies vormen aan het Rijk en zijn samenwerkende partners. Daarbij hebben we de verbinding gemaakt tussen de korte termijn en de lange termijn, de ondergrond en de bovengrond, en de nieuwe opgaven met bestaande kwaliteiten.

1. Rijk spreek je uit en werk samen
- Ontwikkel een samenhangende visie op de energietransitie
- Werk in de RES-en regio-overstijgend samen en stem af
- Zet Rijkseigendom strategisch in

2. Verken nieuwe mogelijkheden in pilots, experimenten en onderzoek

3. Beloon lokale gemeenschappen en organiseer draagvlak

4. Koers doeltreffend op Parijs 2050
- Werk integraal op alle schaalniveaus
- Bespaar
- Zet in op schaalvoordelen
- Gebruik de juiste energiebron voor het juiste doel
- Maak een integraal plan voor de Noordzee
- Kijk niet alleen naar de korte maar altijd ook naar de lange termijn

1. Rijk: spreek je uit en werk samen

De energietransitie is een complexe zaak, die op verschillende schaalniveaus tegelijk moet worden aangepakt. Op dit moment werken gemeenten, provincies en waterschappen samen in dertig Regionale Energiestrategieën (RES-en) aan ongeveer een kwart van de totale energieopgave. Hiervoor is gekozen omdat de verantwoordelijkheid van het ruimtelijk beleid ook grotendeels bij deze overheden ligt. Het voordeel van deze bottom-up-aanpak is dat die zorgt voor inzicht in de opgave bij regionale overheden en voor draagvlak. Ook is de regio het juiste schaalniveau om de energietransitie te verbinden met andere vraagstukken en te beschouwen in relatie tot regionale kenmerken en kwaliteiten.

Opgave voor de RES

De RES-regio's hebben een pittige opdracht op hun bord. Elke regio heeft tot 1 maart 2021 de tijd om tot maatschappelijk gedragen keuzes te komen voor de ruimtelijke inpassing van duurzame opwekking van elektriciteit op land tot 2030, de warmtetransitie in de gebouwde omgeving en de hiervoor benodigde opslag en energie-infrastructuur. Conceptversies moeten zij in juni 2020 opleveren. Gezamenlijk hebben de regio's de taak om voor 125 PJ (35 TWh) grootschalige *elektriciteits*opwekking op land te zorgen. De verwachte *warmte*vraag voor de gebouwde omgeving bedraagt ongeveer 380 PJ in 2050. Een verdeling tussen de regio's is vooraf niet gemaakt: de opgave hoeft dus niet evenredig te worden verdeeld. De elektriciteit- en warmtevraag waar de RES-en nu een antwoord op moeten formuleren vormen bij elkaar ongeveer een kwart van de totale energiebehoefte van Nederland in 2050. De RES-en gaan immers niet over 'wind op zee' of de nationale energienetwerken en zijn ook niet gevraagd om antwoord te geven op de CO_2 vermindering in de landbouw, industrie of mobiliteit. Elke regio zal wel naar eigen inzicht en mogelijkheden trachten een zo integraal mogelijke afweging te maken met betrekking tot andere sectoren en opgaven. Naast de gestelde opgave in de RES-en is er een plan nodig voor de duurzame productie van de resterende driekwart van onze energiebehoefte in 2050. Dat plan is er nog niet. Het Klimaatakkoord vormt een eerste aanzet, maar dat focust op 2030 en verbindt de energietransitie maar in beperkte mate met andere grote maatschappelijke vraagstukken.

Rol van het Rijk

Naast het Nationaal Programma RES zijn er diverse andere afspraken, programma's en acties waarvoor het Rijk het initiatief neemt of als één van de partners aan tafel zit. Het Klimaatakkoord en de ontwerp-NOVI (Nationale Omgevingsvisie) benoemen onder andere het Programma Noordzee 2022-2027 en het Nationaal Programma Energiesysteem. Ook benoemt de ontwerp-NOVI een aantal ruimtelijke keuzes voor de inpassing van duurzame energie die worden meegegeven aan de RES-en. De twee pagina's tellende paragraaf over 'Ruimte' in het Klimaatakkoord focust met name op de 'verankering in het omgevingsinstrumentarium' en de 'omgang met conflicterende ruimteclaims en knellende regelgeving.' Via de uitvoeringsagenda NOVI, waaraan nu wordt gewerkt, wil het Rijk participeren in de planvorming voor concrete gebieden. Dit is een manier om Rijk, provincies, gemeenten en waterschappen bij elkaar te brengen aan regiotafels om een breed palet aan opgaven met elkaar te verbinden.
Een ruimtelijke visie, gericht op de lange termijn, die de Nationale Programma's en bestaande verantwoordelijkheden van het Rijk verbindt met de ruimtelijke keuzes in de RES-en ontbreekt echter nog.

Het is van groot belang om de energietransitie te verbinden met andere opgaven en de kwaliteiten van ons land. Alleen dan kunnen we de energietransitie ruimtelijk succesvol laten landen en verrommeling van ons land voorkomen. Alleen dan zullen we in staat zijn om efficiënte en betaalbare oplossingen te kiezen, en tegelijkertijd te bouwen aan een betere versie van Nederland. Vliegen we de energietransitie sectoraal aan, dan verwachten we dat de maatschappelijke weerstand zal toenemen en de doelstellingen van Parijs uit het zicht raken.
Dit vergt van het Rijk dat:

a. het een samenhangende visie ontwikkelt op de energietransitie in zijn geheel en in relatie tot andere opgaven en omgevingskwaliteiten, waarin het zich actief uitspreekt over bovenregionale kansen en vraagstukken, en het ervoor zorgt dat de samenhang is geborgd.

b. het met zijn visie actief samenwerkt met andere overheden, maatschappelijke partijen en marktpartijen in de RES-en.

c. het zijn middelen (grond, gebouwen, grote wateren) strategisch inzet in lijn met de dan ontwikkelde samenhangende visie en zo het algemeen belang het best dient.

"Vliegen we de energietransitie sectoraal aan dan verwachten we dat de maatschappelijke weerstand zal toenemen en de doelstellingen van Parijs uit het zicht raken."

Efficiënt betekent op korte termijn sectorale doelen halen, door achter de komma geen tijd/geld/joule te verliezen (en daarmee het grotere plaatje uit het oog verliezen). Doelmatig.

Effectief betekent de grote doelen halen met maatschappelijk draagvlak, waarbij deelprojecten best eens extra tijd/geld/ruimte/energie etc kosten. Doeltreffend.

Zie ook:
https://nl.m.wikipedia.org/wiki/Efficiëntie_en_effectiviteit

“Het Rijk vertegenwoordigt het nationale belang in de regio en adviseert vanuit de integrale ruimtelijke visie op de klimaatopgave en het nationale systeem.”

1a.
Ontwikkel een samenhangende visie op de energietransitie

In de Concept Nationale Omgevingsvisie gaat het Rijk op hoofdlijnen in op de samenhang tussen energie en ruimte. In de verdere uitwerking van de NOVI is het van belang dat het Rijk een samenhangende visie ontwikkelt op de energietransitie in zijn geheel en in relatie tot andere opgaven en omgevingskwaliteiten. Dit advies en de achterliggende ontwerpverkenning biedt daarvoor inspiratie. In die visie spreekt het Rijk zich actief uit over bovenregionale vraagstukken en bovenregionale kansen voor oplossingen, en de betekenis hiervan op regionaal schaalniveau. Daarnaast kan het Rijk met zijn visie zorgen voor het borgen van samenhang tussen alle schaalniveaus, de samenhang met andere grote opgaven en de samenhang met de bestaande kwaliteiten van ons land. Denk daarbij bijvoorbeeld aan:

- Uitspraken over het nationale systeem en de nationale netwerken in relatie tot de ruimtelijke keuzes.
- Op nationale schaal is het mogelijk om samen met de lagere overheden, te zorgen voor regionale samenhang en differentiatie die onder andere is gebaseerd op de energiepotentie en energievraag van regio’s (voor elektriciteit en warmte), op de wens om meer of minder te produceren dan de eigen behoefte en op ruimtelijke karakteristieken.
- De Nederlandse bodem biedt veel kansen op verschillende dieptes om een duurzaam energiesysteem te ondersteunen. Dit vraagt om ruimtelijke planning in drie dimensies zodat systemen elkaar niet gaan verstoren en het principe van calorische balans niet in gevaar komt. Door samenhangend beleid op te stellen voor het gebruik van de ondergrond kan de potentie voor bijvoorbeeld geothermie of warmte- en waterstofopslag beter worden benut en kunnen andere ruimtelijke aanspraken op de ondergrond, zoals onze zoetwatervoorziening, worden gewaarborgd. De Structuurvisie Ondergrond biedt hiervoor al een goede eerste basis.
- Op nationale schaal zijn afwegingen nodig voor verbindingen op Noordwest-Europese schaal die bijdragen een de robuustheid van het energienetwerk.

Onder adviespunt 4 gaan we verder in op de belangrijkste principes die ten grondslag kunnen liggen aan een samenhangende visie op de energietransitie.

1b.
Werk in de RES-en regio-overstijgend samen en stem af

De regio is de denkbeeldige tafel waaraan alle verschillende partijen plaatsnemen. Wij roepen het Rijk op om inhoudelijk plaats te nemen aan deze tafel. Dit is meer dan wat er tot nu toe gebeurt met de kennisinbreng via RVO en de inbreng van gronden via Rijkswaterstaat. Per regio zal het nationaal belang verschillen en dus ook de inzet. Maar een regio zonder Rijksbelang bestaat niet. Alleen wanneer binnen de RES-en regio-overstijgend wordt samengewerkt en afstemming plaatsvindt tussen alle overheidslagen (Rijk, provincie, gemeenten en waterschappen) is het mogelijk om bovenregionale kansen te benutten, en de samenhang te waarborgen.

In deze samenwerking en afstemming tussen regio’s zou het Rijk een actieve partner aan tafel moeten zijn in alle RES-en, en zich ervoor inzetten om allianties te smeden rondom gedeelde ambities en belangen. Het Rijk vertegenwoordigt het nationale belang in de regio en adviseert vanuit de integrale ruimtelijke visie op de klimaatopgave en het nationale systeem. Ook kan het Rijk actief de RES-overschrijdende opgaven signaleren en belanghebbenden bij elkaar brengen. Het Rijk kan voor samenhang zorgen tussen de RES-en met structuren en belangen op nationale schaal, zoals *backbones* voor warmte en netwerken voor hoofdinfrastructuur. Ook kan het Rijk regio’s vragen om meer te produceren dan ze consumeren en verkennen welke deal hierover gemaakt zou kunnen worden. Als hoeder van het nationale belang is het Rijk de schakel tussen regio’s, buurlanden en de Europese Unie. De bestaande verantwoordelijkheden van het Rijk (zoals de Noordzee, de buisleidingentracés, spoorlijnen en snelwegen, hoogspanningsnetwerken, grote rivieren, Rijksbezit in de vorm van grond en gebouwen, landsgrensoverschrijdende relaties en wet- en regelgeving) worden zo in verband gebracht met de verantwoordelijkheden die nu bij andere overheden liggen.

Het Rijk zit op dit moment al via verschillende trajecten aan tafel in de regio, maar dit gebeurt nog vaak vraaggestuurd. De verschillende opgaven waar we nu voor staan vragen om een meer gebiedsgerichte langjarige samenwerking in regio’s. De manier waarop het Rijk zich heeft georganiseerd, is daar echter nog niet op afgestemd. Wij adviseren het Rijk om zich subnationaal, integraal en interdepartementaal te gaan organiseren om zo een effectievere samenwerking met regio’s mogelijk te maken. Daar horen zowel beleid als uitvoering bij en daaraan ligt één visie (de Nationale Omgevingsvisie) ten grondslag. Het landsdelig niveau leent zicht goed voor deze subnationale organisatie. Vanuit landsdelige Rijksteams kan het Rijk deelnemen aan de regiotafel en is er voor de regio’s een helder aanspreekpunt.

1c.
Zet Rijkseigendom strategisch in[3]

Via het pilotprogramma ‘Hernieuwbare energie op Rijks(waterstaat)-areaal’ wordt op dit moment al geëxperimenteerd met het inzetten van Rijksgronden voor duurzame energieproductie. Doel van het programma is om te leren hoe rijksgronden openbaar kunnen worden uitgevraagd voor de opwekking van duurzame energie. Het is goed dat het Rijk experimenteert met de inzet van de eigen gronden en zo onderzoekt hoe het met deze gronden ook andere maatschappelijke doelen kan dienen. Voor de uitvoerende rijksdiensten is het belangrijk dat zij de juiste afwegingen kunnen maken in waar en hoe zij ruimte kunnen bieden voor het opwekken van energie en waar juist niet. Het Rijkseigendom (grond, gebouwen, grote wateren) wordt wat dat betreft nog te weinig gezien als een strategisch middel.

Op strategische locaties, passend bij de principes uit de samenhangende visie, kan het eigendom benut worden voor duurzame energieproductie. Het Rijk kan hier zelfs initiatiefnemer zijn om, samen met regionale partners en over de grenzen van het eigendom heen, de mogelijkheden voor (grootschalige) opwek te onderzoeken. Ook de Noordzee en het IJsselmeer kunnen door strategische inzet een grote bijdrage leveren en zo regio’s ontlasten.

Waar het inzetten van gronden niet past bij de principes uit de visie zou het Rijk zich ook niet moeten laten verleiden tot de uitgifte van die gronden voor duurzame energieproductie. Sommige van deze gronden zullen wel uitermate geschikt zijn om te experimenteren met innovaties en nieuwe technieken.



Afb. 3
Panorama Nederland, een uitgave van het College van Rijksadviseurs, 2018. Panorama Nederland is een toekomstperspectief voor de ruimtelijke inrichting van Nederland.

“De regio is het juiste schaalniveau om de opgave van de energietransitie te verbinden met andere opgaven en te beschouwen in relatie tot regionale kenmerken en kwaliteiten.”

3 Zie ook College van Rijksadviseurs (2018), Advies Petaplan, Opwekking duurzame energie op rijksgronden.



Afb. 4
Het advies Opwekking Duurzame Energie op Rijksgronden, een uitgave van het College van Rijksadviseurs uit 2018.

2. Verken nieuwe mogelijkheden in pilots, experimenten en onderzoek

Nederland wil Parijs halen, maar we weten nog niet precies hoe. De transitie naar hernieuwbare energie is een zoektocht waarin de wereld via *'trial-and-error'* een breed scala aan technieken en maatregelen ontdekt. Het is niet aan de overheid om vooraf winnaars te kiezen. De technieken moeten uiteindelijk zichzelf bewijzen. De overheid heeft een verantwoordelijkheid om innovaties aan te jagen en zou haar middelen (beleid, wet- en regelgeving, financiën, menskracht, grond en vastgoed) hiervoor kunnen inzetten. De overheid kan sturen op het verkennen van nieuwe mogelijkheden door het opzetten van pilots. Pilots zijn experimenten van beperkte omvang waarvan het maatschappelijk acceptabel is als ze mislukken, zowel in kosten als in (ruimtelijke) consequenties. Mislukken hoort bij het karakter van een experiment: wanneer we al precies weten hoe het moet, dan passen we het grootschaliger toe[4]. De Proeftuin aardgasvrije wijken is een mooi voorbeeld, maar de pilot zou een meer integraal karakter mogen hebben: Hoe kunnen we verouderde wijken nieuwe energie geven, terwijl we ze van het aardgas halen?

Ook in de hier gepresenteerde ontwerpverkenning zitten nog allerlei vraagstukken die om nader onderzoek en experiment vragen, voordat grootschalige uitrol mogelijk is. Focus als overheid op die vraagstukken waarvan we weten dat ze op de lange termijn en vanuit integraal afgewogen keuzes en omgevingskwaliteit een belangrijke bijdrage kunnen gaan leveren aan een CO_2-neutraal Nederland. Denk bijvoorbeeld aan:

- Experimenten met geothermie-boringen, de monitoring daarvan (in verband met veiligheid, risico's en aardbevingsgevoeligheid) en de effecten op bijvoorbeeld drinkwater.
- Onderzoeken van, en experimenteren met het publiek maken van warmtenetten, waarop meerdere leveranciers warmte leveren en de consument kan kiezen bij wie hij zijn warmte inkoopt.
- Onderzoek naar de effecten van zonnepanelen op water op de waterkwaliteit, het waterleven en vogels.
- Onderzoeken of je de energietransitie kunt verbinden aan andere opgaven op wijkniveau, bijvoorbeeld als onderdeel van de Proeftuin aardgasvrije wijken.
- Onderzoek naar grootschalige vormen van energieopslag. Zowel voor dagelijkse en wekelijkse schommelingen als voor seizoensopslag.
- Onderzoek naar het beperken van nadelige effecten van (clustering van) windturbines op zee en op land op natuur (bijvoorbeeld op vogelpopulaties en vleermuizen).

3. Beloon lokale gemeenschappen en organiseer draagvlak

De weerstand tegen windturbines op land is groot, dat hebben we gezien bij de perikelen de afgelopen jaren rondom het Wind-op-Land-dossier. Tegelijkertijd groeit de weerstand tegen de komst van zonne-energiecentrales op land. Ook voor geothermieboringen is draagvlak bij omwonenden (de uiteindelijke gebruikers) noodzakelijk. Het werken aan een mooi, slim en betaalbaar CO_2-neutraal Nederland vraagt om zorgvuldige planvorming en ruimtelijke ordening. Dit draagt bij aan maatschappelijk draagvlak voor de gemaakte keuzen en concrete plannen. Het is een van de redenen dat overheden nu hebben gekozen voor een decentrale werkwijze, waarbij via de RES-en maatschappelijke acceptatie voor de energietransitie wordt bevorderd.

Draagvlak is een cruciale voorwaarde voor de energietransitie. Zonder draagvlak geen succesvol plan. De belangen van bewoners moeten worden gediend. Ons pleidooi voor concentratiegebieden voor de opwekking van wind- of zonne-energie (zie adviespunt 4c) lijkt op gespannen voet te staan met het benodigde draagvlak. Een oplossing kan zijn om regio's die aanzienlijk meer produceren dan hun eigen behoefte, hiervoor op een of andere manier te compenseren. Rijk en regionale partners zouden hiervoor gezamenlijk regionale *package deals* kunnen sluiten. Dit betekent extra inspanningen.

- Regio's en inwoners die een substantiële bijdrage leveren aan de energieopwekking (ruim meer dan ze zelf nodig hebben) moeten hiervan redelijkerwijs profiteren in financieel of ander (maatschappelijk) opzicht. Dit is rechtvaardig en belangrijk voor het verwerven en behouden van maatschappelijk draagvlak. Het Rijk en zijn partners zullen hiervoor sterker moeten sturen op mede-eigenaarschap en participatieregelingen. Als zou blijken dat geen enkele regio bereid is meer te produceren dan nodig is voor de eigen behoefte, dan zal de compensatie die de rest van Nederland daar tegenoverstelt moeten verbeteren.
- Er moet onderzocht worden of het mogelijk is om regio's die maar een zeer kleine bijdrage aan energieopwekking leveren op een andere manier kunnen bijdragen aan de klimaatopgave. Bijvoorbeeld door te voorzien in geothermische warmte, grootschalige opslag, het onttrekken van CO_2 door de aanplant van loofbossen, het vernatten van veenweidegebieden of een financiële bijdrage.
- Bewoners moeten van begin af aan betrokken worden bij het ontwerp en de besluitvorming in de RES-en. Met interactieve ontwerp-ateliers en ontwerpend onderzoek kunnen bewoners participeren in het ontwerpproces. Ontwerpers zijn in staat om te verbeelden hoe een interventie, zoals grootschalige opwekking via wind of zon, meerdere doelen kan dienen. En hoe die kan bijdragen aan een hogere kwaliteit van leven - door extra inkomsten, meer werkgelegenheid, hogere natuurwaarden, behoud van cultureel erfgoed, nieuwe recreatiemogelijkheden, betere opleidingen en schone energie. Doordat een interventie meerdere doelen tegelijk dient worden niet alleen kosten gedeeld, maar wordt er ook ruimte gespaard en ontstaat er meer draagvlak voor een regionale *package deal*.

Kortom, verwerf draagvlak onder bewoners. Kies voor oplossingen die niet alleen de CO_2-uitstoot verminderen, maar ook een maximale bijdrage leveren aan omgevingskwaliteit. Betrek bewoners bij het maken van keuzen in het ontwerp- en besluitvormingsproces en compenseer hen voldoende voor grootschalige concentratie van duurzame energieopwekking in hun regio.

"Zonder draagvlak geen succesvol plan."

4 Het Petaplan-advies dat het CRa in 2018 heeft uitgebracht gaat verder in op de randvoorwaarden voor pilots en experimenten.

“Door opgaven met elkaar in verband te brengen kunnen we tot slimme, kosteneffectieve oplossingen komen.”

4. Koers doeltreffend op Parijs 2050

Er leiden vele wegen naar Parijs, maar lang niet allemaal met het gewenste resultaat en eindbeeld. Een aantal ruimtelijke principes en systeemkeuzes is essentieel om doeltreffend de juiste route te volgen naar ruimtelijke optimale en effectieve oplossingen met behoud van maatschappelijk draagvlak.

4a.
Werk integraal op alle schaalniveaus

Door opgaven met elkaar in verband te brengen kunnen we tot slimme, kosteneffectieve oplossingen komen. Maak daarom integrale keuzen zowel op nationaal niveau als in de RES-en. Dat kan wanneer opgaven in samenhang worden bekeken:

a. Met alle aspecten binnen de klimaatopgave: gebouwde omgeving, industrie, warmte, elektriciteit, landbouw, mobiliteit, besparen en niet-energetische emissies van onder andere vee en veenweidegebieden.

b. Met andere maatschappelijke opgaven op nationaal en lokaal niveau: woningbouw, mobiliteit, voedselproductie, biodiversiteit, bodemdaling, economische vernieuwing, sociaaleconomische ontwikkelkansen en werkgelegenheid.

c. Met het oog op bestaande identiteit en kwaliteiten, waarbij de kennis over de ontstaansgeschiedenis, structuren, samenhang en logica van een gebied wordt benut voor het nadenken over integrale oplossingen

d. Op basis van langetermijnkosten en -baten.

e. In hun ruimtelijke weerslag en verschijningsvorm.

Zo kan de energietransitie ook als middel worden ingezet om Nederland te verbeteren. De drie afwegingsprincipes die de ontwerp-NOVI benoemt en de vier ruimtelijke principes uit het Klimaatakkoord tonen goede intenties om meer integraal te werken. Meervoudig ruimtegebruik, het niet afwentelen op andere gebieden of generaties en het aansluiten bij gebiedspecifieke kenmerken en kwaliteiten worden met deze principes al door het Rijk gestimuleerd.
Wij adviseren de volgende principes als aanvulling en concretisering naar een samenhangende visie op de energietransitie (zie advies 1.a).

4b.
Bespaar

Besparen vormt een ongelooflijk belangrijke component van de energietransitie. Alleen al door de overgang van fossiel naar hernieuwbaar kunnen we een grote besparingsslag maken doordat er veel minder verliezen plaatsvinden bij de productie en het transport van energie. Besparing beperkt gebruikskosten en levert comfort. Doordat er minder energie hoeft te worden opgewekt is er dus ook minder ruimte voor nodig. Daarnaast biedt de besparingsopgave kansen voor werkgelegenheid.

Wij gaan in deze ontwerpverkenning uit van een te behalen gemiddelde besparing van 25% op het totale verbruik ten opzichte van 2017. Dat is een forse ambitie die uit heel veel kleine stappen bestaat en waarvan we nog lang niet altijd weten hoe we die gaan bereiken. Het gaat onder meer om het isoleren van gebouwen, het gebruik van zuiniger apparaten en het reduceren van de energievraag voor mobiliteit door goede ruimtelijke ordening. Ook in de landbouw en industrie is nog veel te winnen in efficiëntie.

Niet alle investeringen in besparen wegen echter op tegen de opbrengsten en het is soms beter om te investeren in een duurzaam energiesysteem met een wat hoger energieverbruik. Het is dus niet altijd zinvol om maximaal te isoleren en te besparen. Zo kunnen oude vooroorlogse panden bijvoorbeeld met een aantal ingrepen een stuk energiezuiniger worden gemaakt, maar vergt het heel grote investeringen om ze naar label A te brengen.

Desalniettemin is het verstandig om in alle gevallen eerst na te gaan welke besparings-mogelijkheden er zijn. De NOVI en het Klimaatakkoord focussen nog te weinig op het belang van besparen. Besparen verdient nationale aandacht, bijvoorbeeld in een Nationaal (be)Spaar Programma.

4c.
Zet in op schaalvoordelen

Schaalvoordelen, zoals we die kennen uit natuur, economie en maatschappij, gaan ook op voor de energietransitie. Door op grotere schaal te opereren ontstaan voordelen. Deze voordelen zijn zowel financieel, ruimtelijk als energetisch van aard. En mits goed (coöperatief) aangepakt kan het ook een tijdsvoordeel opleveren. Kies daarom voor collectieve warmteoplossingen boven individuele, kies voor de wijkbatterij boven de huisbatterij, en kies voor grootschalige concentratie van duurzame energieopwekking. Tegelijkertijd vergt schaalvergroting ook een zorgvuldige ruimtelijke inpassing en zijn er grenzen aan wat maatschappelijk acceptabel is.

Het Nationaal Programma Energiesysteem en de ruimtelijke bronnenstrategie die nu worden uitgewerkt door de ministeries van BZK en EZK zouden expliciet kunnen sturen op deze schaalvoordelen. Ook binnen de RES-en en RES-overstijgend is het belangrijk om in te zetten op schaalvoordelen. Dit is een nationaal belang dat het Rijk aan tafel bij de RES-en kan inbrengen.

Voorbeeld schaalvoordeel Warmte: beperk de elektriciteitsvraag door in gebieden die zich daarvoor lenen te kiezen voor publieke warmtenetten en zo *all-electric* oplossingen en individuele warmtepompen te beperken.

De keuzen die we voor de verduurzaming van onze warmtevoorziening maken, hebben grote ruimtelijke gevolgen. Elektrische oplossingen zoals elektrische kachels en warmtepompen vragen om veel extra elektriciteit die ergens opgewekt zal moeten worden. Collectieve warmte-oplossingen hebben een veel kleinere ruimtelijke impact. Bovendien lijken warmtepompen bij elkaar opgeteld en inclusief de benodigde besparingen op de lange termijn vaak duurder dan collectieve warmtenetten op basis van restwarmte en later geothermie[5]. Maar niet overal is een publiek warmtenet de beste oplossing of voordeliger. Dit is onder andere afhankelijk van het buurt- en woningtype, de dichtheid en de nabijheid van een duurzame warmtebron. In gebieden waar de aanleg van een warmtenet niet goed mogelijk is lijken elektrische warmtepompen, idealiter in collectieve vorm gecombineerd met aquathermie, een goede oplossing. Enkele voordelen van aquathermie zijn dat gelijktijdig de waterkwaliteit verbetert en het water in de zomer meer verkoeling in steden kan brengen.

Collectieve warmte-oplossingen vragen om een grotere investering vooraf en om samenwerking op het bovenregionale schaalniveau. Bij een collectieve warmtevoorziening is het van belang dat warmtenetten publiek zijn. Dat maakt sturing beter mogelijk, en zorgt ervoor dat warmtenetten op termijn door meerdere bronnen en verschillende producenten kunnen worden gevoed waardoor de leveringszekerheid toeneemt. Ook bij de elektriciteit- en spoornetwerken hebben we dat zo georganiseerd, door een scheiding tussen publieke infrastructuur en private aanbieders. Alleen dan kan er mogelijk een warmtemarkt ontstaan die keuzevrijheid biedt aan consumenten tussen verschillende leveranciers van warmte. Dit betekent ook dat individuele gebruikers niet voor een andere (collectieve) techniek kunnen kiezen. Op verschillende plekken in Nederland kennen we dit al; zo heeft IJburg nooit een gasaansluiting gekregen.

De relatief hoge dichtheid van Nederland zorgt ervoor dat grote delen van ons land zich heel goed lenen voor dit systeem. Maar het ontwerpen aan een robuust warmtenet met hiërarchische opbouw, gedimensioneerd op toekomstig gebruik, met cascadering van warmte en (op de langere termijn) landelijke verbindingen en koppelingen waar diverse partijen warmte kunnen aanbieden en afnemen vraagt om planning en coördinatie op bovenregionaal schaalniveau en om ruimtelijke planning in drie dimensies. Ook het op grote schaal benutten van aardwarmte vraagt om coördinatie om ervoor te zorgen dat boorputten op de juiste onderlinge afstand van elkaar komen.

In de ontwerp-NOVI wordt het ruimtelijke voordeel van warmtenetten wel benoemd, maar spreekt het Rijk nog niet expliciet een voorkeur uit. Wanneer echter binnen de transitievisies warmte die gemeenten nu maken vooral voor elektrische warmte wordt gekozen en kansen voor collectieve warmte-oplossingen niet worden benut, zullen we uiteindelijk wél veel meer en veel zichtbare elektriciteitsopwekking op land nodig hebben. Stimuleer als Rijk daarom de collectieve productie van duurzame warmte, op een zo groot mogelijke schaal. Zowel aan tafel in de RES-en als via subsidieverlening.

“Het ontwerpen aan een robuust warmtenet vraagt om planning en coördinatie op bovenregionaal schaalniveau en om ruimtelijke planning in drie dimensies.”

5 Studio Marco Vermeulen, PBL, CRa & Ministerie I&M (2016), Dutch Smart Thermal Grid; Strategie voor de verduurzaming van de warmtevoorziening.

“Stimuleer naast grootschalige concentratie volop de decentrale opwekking van energie in de bebouwde omgeving via daken en gevels.”

Voorbeeld schaalvoordeel Elektriciteit: kies voor (grootschalige) concentratie op zee en op land

Bij het opwekken van hernieuwbare elektriciteit loont grootschaligheid. Dit is kosteneffectief en beperkt op nationale schaal de zichtbare ruimtelijke impact. De belangrijkste keuzen daarbij zijn:

- Kies voor het maximaal benutten van de Noordzee, daar waait het het hardst, daar is in potentie veel ruimte beschikbaar en daar is de visuele impact en overlast in directe woonomgeving van mensen beperkt. Investeringen en schaalvoordelen kunnen bovendien gedeeld worden met buurlanden. (zie ook adviespunt 4e).

- Concentreer de productie van windenergie op land zo veel mogelijk in een beperkt aantal grootschalige clusters, waar het het meest en hardst waait, in grootschalige, rationele landschappen die de turbines qua maat en schaal kunnen dragen. Dit voorkomt landschappelijke fragmentatie door kleine windparken, waarbij bovendien een heel fijnmazig en dus duur netwerk moet worden aangelegd. Voorwaarde voor grootschalige clustering is maatschappelijk draagvlak in de regio (zie adviespunt 3).

- Verbied zonne-energiecentrales op landbouw- of natuurgrond. Zonne-energiecentrales zijn een vorm van verstedelijking, net als kassen. Beschouw zonne-energiecentrales daarom ook in planologisch-juridische zin als een vorm van stedelijk grondgebruik. Voorkom monofunctionele oplossingen en wees zuinig op onze landbouwgronden en natuurgebieden, zeker gezien de extra ruimte die nodig is voor kringlooplandbouw en gezien de voortdurende bedreiging van de natuur in ons verstedelijkte land. Stimuleer grootschalige zonne-energiecentrales op haven-, bedrijven-, en defensieterreinen en op vliegvelden. Stuur daarnaast op een beperkt aantal grootschalige zonne-energiecentrales op water, die een grotere opbrengst kunnen genereren wanneer ze meedraaien met de zon. Onderzoek tegelijkertijd ook de effecten op waterkwaliteit en de gevolgen voor natuur. Daar is op dit moment nog te weinig over bekend. (zie ook adviespunt 2)

- Maatschappelijke waarden als landschapskwaliteit, biodiversiteit en een gezonde bodem spelen bij de afweging voor subsidietoekenning nu geen rol. Het Rijk legt de verantwoordelijkheid voor een afweging met dat soort waarden bij de gemeente. De SDE+ subsidie, en straks ook de SDE++, stimuleert techniekneutraal de productie van duurzame energie tegen zo laag mogelijke kosten. Dit maakt het voor ontwikkelaars financieel aantrekkelijk om zonne-energiecentrales op landbouwgrond te realiseren. Wij pleiten ervoor dat het Rijk ook in dat opzicht zijn verantwoordelijkheid neemt en geen sectorale oplossingen meer subsidieert. Dat betekent een aanpassing van de SDE++ door het toevoegen van ruimtelijke randvoorwaarden en door het niet meer toekennen van subsidies aan zonne-energiecentrales op landbouw- of natuurgronden.

- Stimuleer naast grootschalige concentratie volop de decentrale opwekking van energie in de bebouwde omgeving via daken en gevels. Hierbij is integratie in bouwwerken uitgangspunt. Stel bijvoorbeeld een ‘Dakenwet’ in, zoals in Frankrijk, en verplicht daarmee een minimum aandeel zonnepanelen op daken, in ieder geval voor nieuwbouw.

- Maak meer opwekking mogelijk dan puur voor eigen gebruik, om collectieve oplossingen te bevorderen en onnodige netverzwaring en half bedekte daken te voorkomen. Zorg ervoor dat het ook aantrekkelijk wordt voor particulieren om meer elektriciteit te produceren dan voor eigen behoefte. Verlaag daarom de ondergrens voor het in aanmerking komen voor de SDE+.

De ontwerp-NOVI maakt al de aanzet tot enkele van deze keuzes. Het Rijk spreekt de voorkeur uit voor grootschalige productie van duurzame energie, maar koppelt dit nog niet aan de ruimtelijke en energetische meest geschikte plekken. Ook wordt een voorkeursvolgorde voor plaatsing van zonnepanelen aangegeven, met een voorkeur voor inpassing van zonnepanelen op daken en gevels van gebouwen. Het Rijk is van plan het Besluit Bouwwerken Leefomgeving en de SDE++ aan te passen waardoor zonnepanelen op daken en gevels worden bevorderd. Dit ondersteunen wij van harte.

4d.
Gebruik de juiste energiebron voor het juiste doel

Hoogwaardige energie vraagt ook een hoogwaardig gebruik. Dit betekent dat beperkt beschikbare energiebronnen met een hoge energiedichtheid of energiedragers met grote conversieverliezen worden benut voor gebruikers die deze ook daadwerkelijk nodig hebben. Stook dus geen hout in je kachel, maar bouw er een huis van. Zet waterstof vooral in voor gebruik in de industrie. Cascadeer restwarmtestromen voor laagwaardigere warmte-toepassingen.

Voorbeeld Waterstof: belangrijke grondstof voor de industrie

Waterstof is een noodzakelijke energiedrager in een volledig emissieloos energiesysteem. Om aan de brandstofvraag van scheepvaart en luchtvaart te voldoen is waterstof noodzakelijk. Geen andere hernieuwbare energiebron is daarvoor tot nu toe geschikt. Ook kan waterstof voorzien in de hoge temperatuurvraag van de industrie en is het een belangrijke grondstof voor de post-fossiele industrie voor de productie van onder andere (bio)plastics en medicijnen. Maar er kleven ook nadelen aan het gebruik van waterstof. De conversie van elektriciteit naar waterstof en weer terug levert grote energieverliezen op. Dit is kosten-inefficiënt en vergt bovendien meer ruimte voor extra windturbines. Een waterstofauto en een waterstofketel verbruiken wel drie keer meer hernieuwbare energie dan een elektrische auto met alleen accu’s of een warmtepomp. Dat zijn zeer grote verschillen die niet meer opwegen tegen de voordelen. Onderzoek daarom eerst de mogelijkheden voor elektriciteit uit zon- of windenergie en warmte uit geothermie, andere collectieve vormen of desnoods een individuele warmtepomp, voordat je waterstof als energiebron kiest. Zorg er bovendien voor dat bij gebruik van waterstof voor energie de restwarmte optimaal wordt benut.

Voorbeeld Biomassa: benut hoogwaardig

Biomassa is een beperkt beschikbare bron, waarbij we voor een groot deel afhankelijk zijn van import. Vaak worden de bossen en plantages waaruit het hout afkomstig is, niet duurzaam beheerd. Daarnaast zorgt het transport voor CO_2- uitstoot. Bovendien komen met de verbranding van biomassa roet en andere afvalstoffen in de lucht. Import van biomassa moeten we daarom beperken. Het verbranden van biomassa voor energie is een laagwaardig gebruik. Veel over een lange tijd opgeslagen CO_2 wordt in een heel korte tijd uitgestoten.

Kies daarom liever voor hoogwaardige toepassing van biomassa: in de chemische industrie als grondstof *(biobased economy)* en als bouwmateriaal voor woningen. Door woningen te bouwen in hout kunnen we langdurig CO_2 vastleggen en voorkomen we tegelijkertijd de CO_2-uitstoot bij de productie van beton. Daarnaast zullen we biomassa in de toekomst hard nodig hebben voor het op peil houden van de vruchtbaarheid van onze bodem, wanneer de landbouw de transitie naar kringlooplandbouw heeft doorgemaakt, ons dieet structureel minder vlees en meer plantaardige eiwitten bevat, en we het gebruik van kunstmest geminimaliseerd hebben.

Toch zal biomassa in beperkte mate nodig zijn voor de productie van elektriciteit en warmte. Vooral in de overgang naar een CO_2-neutrale energievoorziening en als energiereserve, bijvoorbeeld tijdens de *‘Dunkelflaute’*, wanneer het een lange periode niet waait en de zon niet schijnt. We moeten er echter naar streven om biomassa enkel nog hoogwaardig te benutten.

4e.
Maak een Integraal Plan voor de Noordzee

De Noordzee kan in potentie in ruim 80 procent van onze elektriciteitsbehoefte voorzien, ofwel de helft (830 PJ) van onze totale energiebehoefte in 2050[6]. Door de Noordzee maximaal te benutten voor de productie van schone energie is het mogelijk om de ruimtelijke impact op land beperkt te houden. Hiervoor is een zorgvuldige afweging met andere belangen zoals scheepvaart, defensie, visserij en natuur nodig. Ook is meer inzicht nodig in de kansen die meervoudig ruimtegebruik rondom de turbines kunnen opleveren zoals riffen (biodiversiteit), defensie, zandwinning en aquacultuur. Naast kansen moet ook aandacht worden besteed aan het tegengaan van negatieve effecten op natuur (vogels en vleermuizen) en op (maritieme) archeologie (bijvoorbeeld zeemansgraven, prehistorische nederzettingen, schepen en vliegtuigen uit WOII).

Er wordt op dit moment hard gewerkt aan het Noordzeeakkoord: een set van afspraken voor de inrichting van de Noordzee voor de lange termijn met commitment van alle stakeholders. In het Programma Noordzee zal het Rijk de keuzes voor de Noordzee tot 2030 en met een doorkijk tot 2050 vastleggen. Bouw dit programma uit tot een integraal plan voor de Noordzee. Leg hierin in ieder geval de ambitie vast om de Noordzee zo maximaal mogelijk in te zetten voor elektriciteitsproductie, zonder dat dit ten koste gaat van het ecosysteem. En gebruik ontwerpend onderzoek om de samenhang met andere opgaven en belangen en de kansen die dit met zich mee brengt in beeld te brengen. Werk in dit programma ook intensief samen met onze buurlanden, de Noordzee houdt niet op bij de landsgrens.

4f.
Kijk niet alleen naar de korte maar altijd ook naar de lange termijn

We hebben het belang van het kijken op de lange termijn in dit advies al een aantal keer benoemd. Juist de Rijksoverheid is in een positie om boven de markt uit te stijgen door op kwaliteit voor de lange termijn te sturen, het oog gericht op toekomstige generaties. Dit betekent onder andere dat zij niet alleen kijkt naar de initiële en directe kosten van ingrepen, maar vooral ook naar de totale (indirecte en lange termijn) maatschappelijke kosten en baten, bijvoorbeeld via een verbeterde versie van de MKBA. Wanneer we met deze blik kijken naar collectieve warmtenetten of zon op daken, kunnen de voordelen op de lange termijn opwegen tegen de hogere kosten op de korte termijn. Ook het overdimensioneren van (delen van) nieuwe netwerken op het toekomstig gebruik wordt met de langetermijnblik een logische ingreep.

Door altijd de blik op de lange termijn te houden, niet te gaan voor de snelle winst of het individuele belang, zal het draagvlak toenemen. De RES-en en het Klimaatakkoord richten zich op de waardevolle eerste stap naar Parijs: 2030. Maar vergeet niet vooruit te kijken naar 2050 en daarna. We kunnen nú weloverwogen keuzes maken voor de toekomstige generaties. ■

“Juist de Rijksoverheid is in een positie om boven de markt uit te stijgen door op kwaliteit voor de lange termijn te sturen.”

6 Gebaseerd op het scenario IV - Samen Duurzaam - uit PBL (2018), De toekomst van de Noordzee, de Noordzee in 2030 en 2050: een scenariostudie.

FAQ's en myth busters

Bij de tot standkoming van dit advies hebben we ondervonden hoe gevoelig deze materie is. Regelmatig worden onze bevindingen en suggesties anders geïnterpreteerd dan ze bedoeld zijn. Daarom een explicitering van de meest voorkomende vragen en misverstanden.

	Wat we stellen:	Dat betekent niet:
Rijksrol	Dat het Rijk actiever uitvoering zou moeten geven aan haar verantwoordelijkheden binnen de energietransitie. Door haar aanpak en projecten in samenspraak (en samenhang) met andere overheden aan regiotafels (en elders) te formuleren. Zoals voetballers in een elftal of een violist in een orkest.	Dat er verantwoordelijkheden van andere overheden worden teruggepakt of dat het Rijk als regisseur de lakens uit deelt.
Draagvlak	In de kaartbeelden doen we onder meer suggesties op welke plekken energie op te wekken en in welke vorm. Dat is wat het is. De kaartbeelden zijn een illustratie en vertaling van de geschetste principes. Binnen deze principes zijn er nog verschillende wegen naar Parijs. We hebben deze beelden gemaakt als (ruimtelijke) experts. Participatie heeft natuurlijk nog niet plaatsgevonden, maar is een absolute randvoorwaarde voor er iets gerealiseerd kan worden. Draagvlak onder omwonenden is cruciaal en gebieden die bovenmatig leveren dienen hier linksom of rechtsom voor gecompenseerd te worden op een wijze die de inwoners van het gebied overtuigt.	Dat deze suggesties ook daadwerkelijke plannen zijn die per se gerealiseerd moeten worden. Of dat plannen die in de regio (bottom-up) met breed maatschappelijk draagvlak worden gerealiseerd per definitie niet goed zijn: wanneer er is afgewogen in samenhang, op lange termijn, met kwaliteit voorop is dat klaarblijkelijk het beste plan.
Concentratiegebieden	Collectieve oplossingen bieden (schaal)voordelen ten opzichte van individuele acties. Door de opwek van elektriciteit te concentreren worden andere delen van Nederland vrijgehouden. Bovendien is er zo minder netwerkinfrastructuur nodig. Ons voorstel is om zonne-energie hoofdzakelijk te concentreren in bebouwd gebied (en deels op water) en zo het landelijk gebied hiervan vrijgehouden. Windturbines zijn enorm groot en hebben een flinke ruimtelijke impact. Ze passen in onze ogen daarom goed in grootschalige abstracte sublieme landschappen en minder goed in kleinschalige pittoreske landschappen. In deze landschappen waait het bovendien harder, wat gunstig is voor de kosten-baten verhouding. Het heeft onze voorkeur om clusters tussen de 30 en 800 turbines te ontwikkelen.	Dat gebieden die niet zitten te wachten op een grote concentratie van energieopwekking dit opgelegd krijgen. Draagvlak is voorwaardelijk voor het succes. Zie Draagvlak hierboven. Er is ook nog schuifruimte. Voor wind zijn bijvoorbeeld niet alle grootschalige landschappen, waaronder de Noordoostpolder of het Hoge Land, volledig ingezet.
Warmtenetten	Collectieve en publieke warmtenetten hebben onze voorkeur in gebieden die zich daarvoor lenen. Omdat dat, zeker op grotere schaal en langere termijn voordelen lijkt op te leveren in financieel en ruimtelijke opzicht.	Dat je als bewoner niet je energieleverancier kan kiezen. En het betekent ook niet dat alle woningen in Nederland aan een warmtenet of één warmteleverancier worden gekoppeld.
Techiek keuze	In ons advies benoemen we een aantal principes die leidend zouden moeten zijn bij het beoordelen van verschillende technieken. Met de huidige, bij ons bekende, kennis en inzichten scoren bepaalde technieken beter dan andere. Deze technieken dienen daarom eerder verder verkend te worden door ze toe te passen in (pilot)projecten en deze lerende wijs op te schalen.	Dat de overheid technieken als winnaars kiest. Technieken moeten zich uiteindelijk zelf bewijzen.
Zelfvoorzienend Nederland	Voor deze ontwerpverkenning is een van de onderzoeksvragen of en hoe Nederland kan voorzien in haar eigen energiebehoefte. Vanuit de gedachte dat er niet (of nauwelijks) landen zijn die al meer hernieuwbare energie produceren dan ze zelf nodig hebben. En als Nederland er al niet in slaagt zichzelf te bedruipen, welk ander land kan dat op afzienbare termijn wel?	Dat we ook daadwerkelijk volledig in onze eigen energiebehoefte moeten voorzien. In onze ogen is een deel import zeker voorstelbaar, al kleven daar ook best nadelen aan.

Via Parijs

Een ontwerpverkenning naar een klimaatneutraal Nederland.

STUDIOMARCOVERMEULEN
architectuur stedenbouw landschap onderzoek

Afb. 5
Windturbines op de Noordzee, 23 kilometer uit de kust ter hoogte van de strook tussen Zandvoort en Noordwijk.

Leeswijzer

Via Parijs | een ontwerpverkenning naar een klimaatneutraal Nederland.



Dit tweede deel is een ontwerpverkenning naar een klimaatneutraal Nederland, gemaakt door Studio Marco Vermeulen. Aan de basis van de verkenning ligt de noodzaak voor een transitie van ons fossiele energiesysteem naar een systeem met hernieuwbare bronnen om klimaatverandering tegen te gaan. Vanuit een ruimtelijke en ontwerpende blik én vanuit de logica van de systemen wordt de verbinding gemaakt tussen de korte en de lange termijn, de ondergrond en de bovengrond en de nieuwe opgaven met de bestaande kwaliteiten van ons land. Zo wordt in een zestal hoofdstukken een mogelijke toekomst geschetst voor Nederland in 2050.

Hoofdstuk één, constante verandering, beschrijft de context van de opgave waar we voor staan in relatie tot de kwaliteit van onze leefomgeving en de noodzaak voor een samenhangende aanpak met een collectief toekomstbeeld dat inspireert en richting geeft.

In hoofdstuk twee wordt vervolgens ingegaan op de doelstellingen, aannames en scope van dat toekomstbeeld. Er zijn zeven doelenstellingen geformuleerd die aan de basis liggen van deze ontwerpverkenning.

Hoofdstuk drie beschrijft het huidige energie- en grondstoffensysteem, en de daarmee gepaard gaande CO_2eq uitstoot. Vervolgens wordt een doorkijk gegeven naar de huidige plannen voor CO_2 reductie tot 2030 en een denkbare energiemix voor een postfossiel Nederland in 2050. Deze mogelijke energiemix in 2050 vormt de basis voor de ruimtelijke uitwerking in de volgende hoofdstukken.

Hoofdstuk vier linkt de overgang van fossiele naar duurzame energiebronnen aan andere maatregelen om het aandeel broeikasgassen in de atmosfeer te verminderen. Niet alleen door energiegebruik en CO_2 uitstoot te reduceren, maar ook door broeikasgassen actief aan de atmosfeer te onttrekken via natuurlijke processen.

In hoofdstuk vijf worden de energiemix en andere CO_2eq reductiemaatregelen vertaald naar een ruimtelijke strategie. Eerst wordt voor warmte, elektriciteit, waterstof en biomassa beredeneerd waar bepaalde systeemonderdelen kunnen landen. Enerzijds vanuit de logica en wetmatigheden van de energieproductie, -opslag en -distributie, en anderzijds vanuit de omgevingskwaliteit van ons land. Vervolgens worden de thema's circulaire landbouw & eiwittransitie en verstedelijking & mobiliteit toegelicht. Beide kunnen, in samenhang met de klimaatopgave beschouwd, grote impact hebben op onze CO_2 uitstoot.

Hoofdstuk zes brengt alle onderdelen van de ruimtelijke strategie vervolgens samen in twee nationale kaarten, één van de bovengrond en één van de ondergrond. Samen tonen zijn een mogelijk toekomstbeeld van Nederland in 2050: wanneer opgaven in samenhang worden bekeken met alle aspecten van de klimaatopgave, met andere maatschappelijke opgaven, met het oog op bestaande kwaliteiten, op basis van lange termijn kosten en baten en met het oog op de ruimtelijke weerslag en verschijningsvorm. Deze kaarten zijn geen plan of blauwdruk. Nederland zal er in 2050 niet zo uit zien. Toch geven de kaarten inzicht in de wijze waarop Nederland kan veranderen. Daarmee vormen ze een vertrekpunt voor debat en kunnen ze houvast, richting en nieuwe inzichten bieden aan eenieder die, op welke schaal dan ook, bij de energietransitie betrokken is.

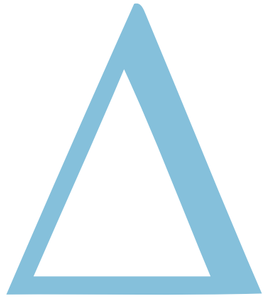
Afb.6
Het grootste drijvende zonnepark ter wereld, operationeel sinds 2018. Huainan, China.

1

Constante verandering

Via Parijs | een ontwerpverkenning naar een klimaatneutraal Nederland.





"Het symbool Δ (spreek uit: "delta", de Griekse hoofdletter D) betekent verandering of verschil."

Nederland is, als onderdeel van de Rijn-Maas-Schelde Delta, in vele opzichten altijd een veranderend landschap geweest. Dat is zelfs merkbaar in de ondergrond, met dynamische overgangen tussen zand en klei, hoog en laag, zoet en zout en nat en droog. Deze overgangen bieden gevarieerde condities voor bijzondere en gewaardeerde landschappen. Wij hebben een groot deel van onze welvaart te danken aan deze geografische kenmerken; onze productieve landbouw, uitstekende logistieke sector en high-tech-industrie zijn hiervan allemaal een direct gevolg.

Nederland in de delta

Veranderingen en transities zijn inherent aan het leven in de delta. Een transitie is een structurele verandering van de maatschappij, die het resultaat is van op elkaar ingrijpende en elkaar versterkende grootschalige technologische, economische, ecologische, sociaal-culturele en institutionele ontwikkelingen. En nu, aan de vooravond van de transities naar een hernieuwbaar energiesysteem, naar gedeelde mobiliteit, naar een gezonde landbouw en naar een circulaire economie, zullen het landschap en het stedelijk gebied opnieuw transformeren. Dit is het moment om koers te bepalen. De transitie naar een post-fossiele samenleving kan gecombineerd worden met een kwaliteitsverbetering van onze leefomgeving.

De kracht van Nederland

In Nederland vinden twee belangrijke Europese rivieren hun weg naar zee. Dit gegeven vormt de basis van onze welvaart en identiteit. De Rijn-Maasdelta heeft Nederland tot een handelsnatie en doorvoerland gemaakt, waar grondstoffen en producten worden overgeslagen, opgeslagen, verwerkt en via rivieren, sporen en wegen tot diep in het Europese achterland worden afgezet. Naast een transport- en logistieksector van wereldklasse, beschikt Nederland ook over een uitgebreid buisleidingennetwerk. Via dit ondergrondse netwerk worden industriële gassen zoals stikstof, waterstof en zuurstof tussen industrieclusters in Nederland uitgewisseld met industrieën in België, Frankrijk en Duitsland. Nederland beschikt daarnaast ook over uitgebreide, landsdekkende netwerken voor gas en elektriciteit die belangrijke schakels vormen in het internationale gas- en elektriciteitsnetwerk.

Nederland is vermaard om het inventieve en intensieve grondgebruik in de moerassige lage landen. Dankzij de delta kon Nederland uitgroeien tot een van de meest verstedelijkte en welvarendste regio's ter wereld. Vruchtbare grond, aangevoerd door de rivieren, heeft grootschalige en hoogproductieve landbouw mogelijk gemaakt, waarmee de monden van een groeiende bevolking konden worden gevoed. Met behulp van kunstmest en goedkoop veevoeder dat via de diepzeehavens wordt aangevoerd, heeft ook op de armere zandgronden uitbreiding en intensivering van akkerbouw, tuinbouw en veeteelt plaatsgevonden. Met de introductie van de kas is de productie per m^2 tot ongekende hoogte gestegen en is Nederland mondiaal één van de grootste exporteurs van tuinbouwproducten geworden.

"Dit is het moment om koers te bepalen."

Afb.7
Steenkolenmijnen in Limburg in de jaren 50.

“Waar in het huidige fossiele tijdperk de impact van de energie-productie op het landschap zeer beperkt is, komt daar met de opwekking van duurzame energie grote verandering in.”

Toernooiveld van verandering

Er zitten ook keerzijden aan dit succesverhaal. De druk op de ruimte is enorm. Infrastructuur, bebouwing, landbouw en natuur strijden om de beperkte ruimte. Delen van ons landschap zijn het domein geworden van grote, felverlichte kassen, megastallen en enorme logistieke hallen. Daartussen willen we ook nog prettig kunnen wonen, werken en recreëren. Globalisering, schaalvergroting en economische optimalisatie bepalen voor een belangrijk deel de inrichting van het Nederlandse landschap. Misschien wel daarom is het Nederlandse woonideaal een grondgebonden woning met een flinke tuin die we naar eigen smaak kunnen inrichten. Dat maakt de ruimtedruk niet minder. In de ondergrond gelden restricties om de zoetwatervoorziening te garanderen. En ook de Noordzee staat onder druk. Beschermde natuurgebieden, zandwinning, scheepvaartroutes en militaire zones doorkruisen het Nederlands deel van de Noordzee. De energietransitie zal zich moeten verhouden tot deze ruimtelijke condities.

De economische groei van Nederland is grotendeels gebaseerd op fossiele grondstoffen waarvan het gebruik leidt tot de uitstoot van CO_2 en andere broeikasgassen. Dat geldt bijvoorbeeld voor de brandstoffen waar de logistieke sector op draait, het aardgas waarmee kassen en huizen worden verwarmd en de elektriciteit voor de verwerkende industrie. De toename van broeikasgassen in de atmosfeer leidt tot klimaatverandering, terwijl de laaggelegen en overvolle delta zelf juist kwetsbaar is voor de gevolgen hiervan. De komende eeuw zal het water hier in toenemende mate een bedreiging zijn, en wel vanuit vier richtingen: zee, rivier, hemel en bodem. Maar ook een steeds vaker voorkomend tekort aan zoet water vormt een probleem en veroorzaakt verdroging en verzilting.

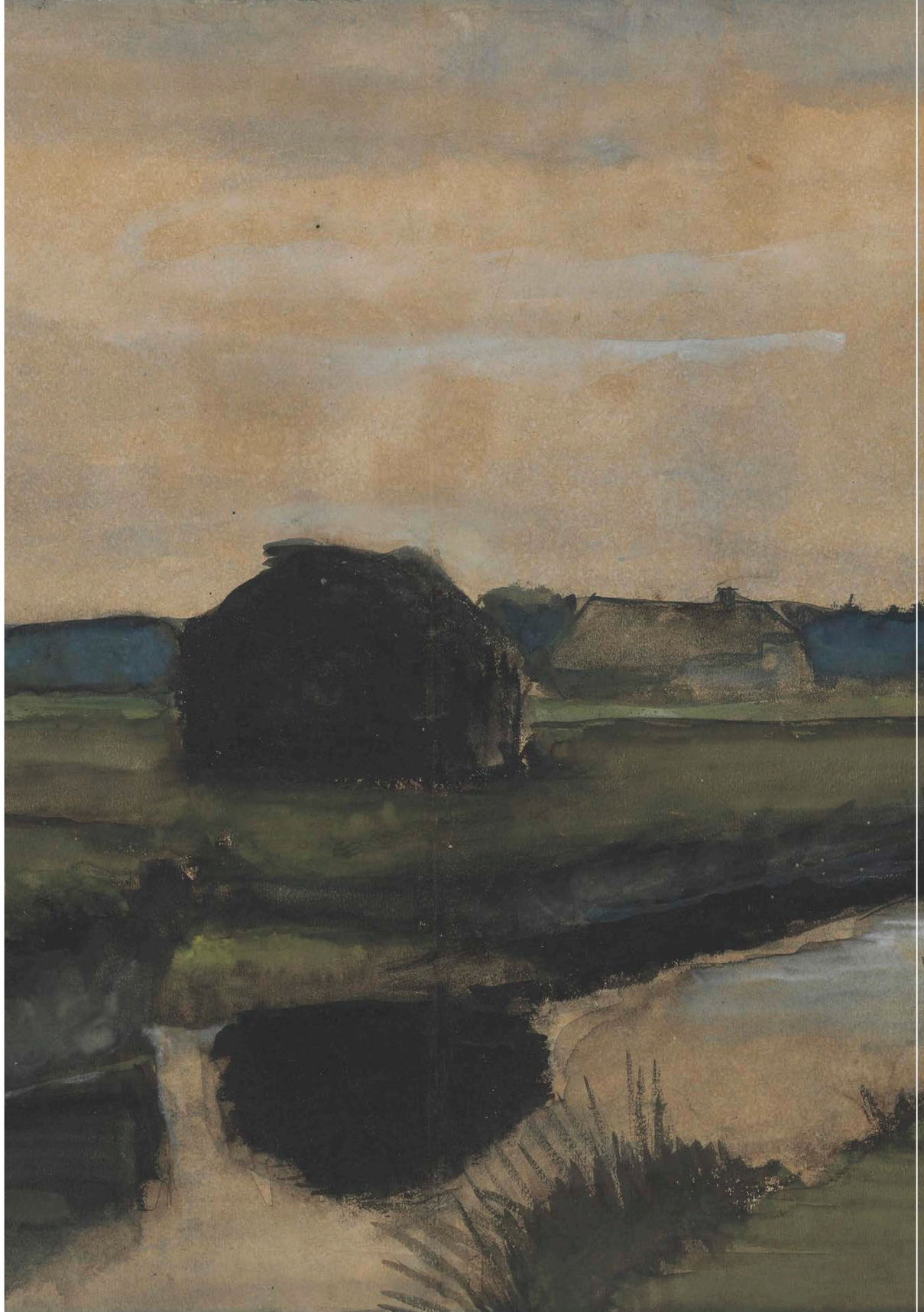
De landbouw zal moeten veranderen mede vanwege de grote ecologische druk die het op de omgeving veroorzaakt. Dankzij kunstmest is de productiviteit van de bodem enorm toegenomen, maar is ook het bodemleven grotendeels verdwenen. We accommoderen in Nederland een voedselproducerend systeem dat resulteert in lucht- en bodemvervuiling en dat bijdraagt aan klimaatverandering en een afname van de biodiversiteit. En dat in een context van mondiale concurrentie waarbij de marges laag zijn en daarmee ook de bereidheid om te investeren in de kwaliteit van de leefomgeving. Een race to the bottom dus.

Om het tij te keren staat Nederland samen met de rest van de wereld aan de vooravond van noodzakelijke transities die grote impact zullen hebben op onze omgeving. Dat geldt voor alle levensondersteunende systemen en daarmee gepaarde ruimtelijk beslag, zoals energie, voedsel, mobiliteit, wonen en waterveiligheid. De biobased economy, duurzame energieopwekking, circulariteit, klimaatadaptatie en de eiwittransitie zullen zowel het stedelijk gebied als ook het platteland zoals we dat kennen drastisch veranderen. De snelheid en de schaal van de veranderingen zullen enorm zijn. Het landschap dreigt het slagveld van de grote omwenteling te worden.

Landschapspijn

Ondertussen hebben steeds meer mensen last van ‘landschapspijn’. Het landschap is voor de mensen die erin wonen, werken en recreëren een belangrijke basis voor zelfherkenning en identiteit. Het landschap is de ruimtelijke resultante van voedselproductie en energiewinning, maar ook de recreatie-omgeving voor stedelingen. Landschap is een zelfstandig fenomeen geworden dat recreatief ‘geconsumeerd’ kan worden. Daarbij worden vaak nostalgische beelden van een boerenleven en natuur geprojecteerd op het buitengebied. Dat levert een spanningsveld op dat steeds groter wordt. De maatschappelijke keerzijde van het succesverhaal van de Nederlandse landbouw is namelijk de immense impact die de huidige intensieve landbouw heeft op ons landschap. Grote delen van het landschap zijn in de afgelopen decennia onherkenbaar veranderd. Grote delen van het buitengebied zijn door de jaren heen gerationaliseerd en geïndustrialiseerd. Boeren zijn agrarische ondernemers geworden. Door schaalvergroting en ruilverkaveling wordt de beschikbare ruimte nu zo efficiënt mogelijk gebruikt door een beperkt aantal gewassen en zijn de meeste landschapselementen als kerkpaden en houtsingels van het landschappelijk canvas verdwenen. Nederlanders betalen een forse prijs voor het ‘succes’ van de landbouw. De prijzen in de supermarkt zijn weliswaar laag, maar de verborgen maatschappelijke kosten zijn erg hoog. Ook door verstedelijking is de druk op het landschap groot. Daar komt nu de energietransitie nog bij. Waar in het huidige fossiele tijdperk de impact van de energieproductie op het landschap zeer beperkt is, komt daar met de opwekking van duurzame energie grote verandering in.

Met name in de gewaardeerde cultuurlandschappen schuurt het. De noodzaak van robuuste oplossingen voor dwingende transitieopgaven doet pijn in de van oorsprong kleinschalige productielandschappen. Het lijkt eenvoudigweg niet te passen en het vraagt om oplossingen die we nog niet kennen. Juist hier komen bewoners in opstand, tegen de nog verdergaande aantasting van het landschap. Sommige van deze productielandschappen zijn echter landschappelijk en ecologisch failliet en net als veel industriegebieden dringend aan verandering toe. Hier is landschapspijn eigenlijk fantoompijn.



Afb. 8
Landschap met turfhoop en boerderijen. Vincent van Gogh (1853 - 1890), Drenthe, september-december 1883.



Tweede Natuur

De Nederlandse delta is een landschap dat altijd in beweging is geweest. Die dynamiek, die voortdurende verandering, dat is juist de kracht en eigenheid. Het moerassige landschap van de lage landen is 'van nature' een transitielandschap. Ook nu weer zal het Nederlandse landschap ingrijpend gaan veranderen. Het voortdurend aanpassen van het landschap aan nieuwe omstandigheden is onze tweede natuur.

Het Nederlandse landschap is vormgegeven door nut en noodzaak, al eeuwenlang. Honger, natte voeten, koude en lijfsbehoud hebben inhoud gegeven aan het landschap dat we zo waarderen. Onze voorouders hebben het land ontgraven, leeggepompt, omgeploegd en aangeplant. En het is ook volstrekt legitiem om de parels van die noeste arbeid mee te willen nemen naar een nieuwe tijd. Dit landschap herinnert ons immers aan de directe band tussen de boer en zijn land en tussen mens, omgeving en haar historie. Het herinnert ons aan de natuurlijke wederkerigheid tussen stad en land(schap). Een relatie die we nu missen omdat globaliserende processen deze verbanden hebben vertroebeld en verbroken. Deze globaliserende krachten die onze leefomgeving vormen, zijn de realiteit van onze generatie.

In Panorama Nederland (2018) houdt het College van Rijksadviseurs een pleidooi voor een New Deal tussen boer en maatschappij, die er toe moet leiden dat er voor boeren weer een aantrekkelijk toekomstperspectief is, en tegelijkertijd een aantrekkelijk landschap wordt ontwikkeld.

Buitenkans

De energietransitie heeft een grote impact op ons landschap. Door goed te sturen, te kiezen voor heldere ruimtelijke principes, die passen bij de logica van de energiesystemen, en door de energie-opgaven te verbinden met andere majeure ruimtelijke opgaven, kunnen we ervoor zorgen dat de negatieve impact op ons landschap wordt beperkt.

De urgentie om te veranderen is groot. Dat betekent ook nieuwe noodzaken, krachten en middelen om te kunnen veranderen. Dit is het moment om de Nederlandse leefomgeving van een impuls te voorzien. Op plaatsen waar de opgave groot is, en zeker op plaatsen waar veel opgaven bij elkaar komen, gaat het daarbij niet om ruimtelijke inpassing, maar om ruimtelijke ontwikkeling. De inzet daarbij is om met bewoners en ondernemers te werken aan het Nederland van morgen.

Het is de uitdaging, voor beleidsmakers, ontwerpers, ondernemers, wetenschappers, boeren en burgers, om de noodzakelijke transities te benutten om waarde toe te voegen aan Nederland. Dat zal niet eenvoudig zijn. Met name kleinschalige landschappen zijn kwetsbaar voor grote veranderingen. Deze bieden weinig absorptie- of laadvermogen voor een veranderende wereld. Opgaven als duurzame energieopwekking, klimaatadaptatie en biodiversiteit vragen eerder om robuuste structuren die weerbaar en veerkrachtig zijn. Dat betekent dat we ook keuzes moeten durven maken. Delen van het bestaande landschap zullen gedefragmenteerd en ontvlochten moeten worden. Andere delen van het landschap moeten we juist koesteren.

Maar hoe geven we het Nederland van morgen vorm? Mede dankzij de decentralisatie van het ruimtelijk beleid is het overzicht kwijtgeraakt. We 'borduren' aan stad en land, maar weten niet meer welk collectief beeld we daarbij nastreven en waar we keuzes op moeten baseren. Het resultaat is een sterk versnipperd buitengebied met een caleidoscoop aan belangen en landschapsbeelden. Dit leidt tot evenzoveel conflicten en spraakverwarring over wat landschap is. Een Babylonisch landschap, waarbij iedereen zich inzet voor een eigen landschapsideaal. Er is dan ook een groeiende behoefte aan een collectief toekomstbeeld van Nederland dat inspireert en richting geeft aan de energie en daadkracht van de vele initiatieven 'van onderop'.

Via Parijs; een ontwerpverkenning

Er is tot op heden geen integraal ruimtelijk beeld voor Nederland dat laat zien hoe we de energietransitie de komende decennia gestalte kunnen geven in relatie tot andere grote maatschappelijke opgaven. Deze ontwerpverkenning 'Via Parijs' biedt een mogelijk toekomstbeeld dat vanuit ruimtelijke overwegingen (omgevingskwaliteiten) én vanuit de logica van energiesystemen optimaal is.

In het Klimaatakkoord zijn afspraken gemaakt tot 2030. De voorliggende strategie kijkt verder vooruit, tot 2050, het moment waarop Nederland CO_2-neutraal moet zijn. We hebben in deze ontwerpverkenning de gehele opgave voor CO_2-reductie in beeld gebracht en in nationaal perspectief geplaatst. Daarnaast hebben we de verbanden gelegd tussen de energie-opgaven onderling, tussen energie en andere maatschappelijke opgaven en tussen energie en aanwezige omgevingskwaliteiten. Wanneer ruimtelijke kwaliteit in belangrijke mate sturend is bij de realisatie van een duurzaam en hernieuwbaar energiesysteem, vergroot dit het maatschappelijk draagvlak en daarmee de slagingskans.

Wij bouwen in deze ontwerpverkenning Via Parijs voort op kennis opgedaan uit eerdere studies, waaronder; 'Nationaal Perspectief Energie & Ruimte[7]' uit 2017, 'Ruimtelijke verkenning Energie en Klimaat[8]' uit 2018 en 'Ruimtelijke implicaties Klimaatakkoord en NOVI[9]' uit 2019. In deze studies is door middel van ontwerpend onderzoek een eerste aanzet gegeven voor een coherent beeld voor heel Nederland, waarin ruimtelijke kansen voor, en overwegingen bij, de energietransitie zijn onderzocht. ■

"Het is de uitdaging om de noodzakelijke transities te benutten om waarde toe te voegen aan Nederland."

Energietransitie:
Energietransitie is de overgang van fossiele brandstoffen naar volledig duurzame energiebronnen zoals zonne- en windenergie.

Energiedrager:
Een product dat energie bevat in de vorm van een brandstof, warmte of kracht. Aardolie, aardgas en steenkool zijn fossiele energiedragers. Het zijn ook primaire energiedragers omdat ze uit de natuur gewonnen worden. Secundaire energiedragers zijn energiedragers die ontstaan door omzetting. Een voorbeeld hiervan is de elektriciteit die in een elektriciteitscentrale wordt opgewekt. De met windmolens of met waterkracht opgewekte elektriciteit is echter een primaire energiedrager.

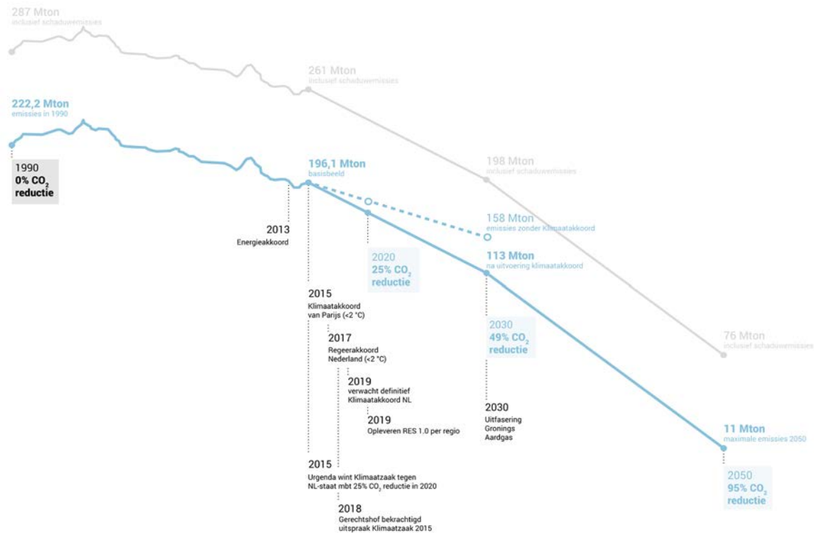
Mton:
Eén miljoen ton

CO_2eq:
CO_2-equivalent is een rekeneenheid om de bijdrage van broeikasgassen aan het broeikaseffect onderling te kunnen vergelijken. Het is gebaseerd op het 'Global Warming Potential' (GWP) - dat is de mate waarin een gas bijdraagt aan het broeikaseffect. Zo heeft methaan een GWP van 21 CO_2-eq en zwavelhexafluoride (SF6) een GWP van 23.900 CO_2-eq. Dat houdt in dat 1 kilo methaan over een periode van 100 jaar 21 keer meer aan het broeikaseffect bijdraagt dan 1 kilo CO_2. Zwavelhexafluoride warmt zelfs 23.900 keer meer op dan CO_2.

7 Energie en Ruime; Een nationaal perspectief (2017); Dirk Sijmons, FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten, POSAD Spatial Strategies, Studio Marco Vermeulen, NRGlab / Wageningen Universiteit, Vereniging Deltametropool
8 Ruimtelijke Verkenning Energie en Klimaat (2018) Posad Spatial Strategies, Generation Energy, FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten, Studio Marco Vermeulen, NRG Lab / Wageningen Universiteit, Ruimtevolk
9 Ruimtelijke implicaties Klimaatakkoord en NOVI (2019) Generation Energy, APPM, NRG Lab / Wageningen Universiteit, Academie van Bouwkunst, TU Delft, Studio Marco Vermeulen, BRIGHT The Cloud Collective, FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten

Afb. 9
Relicten van de turfwinning, de Loodsdrechtse Plassen.

Zeven doelstellingen



Het toekomstige energie- en grondstoffensysteem dient efficiënt, toekomstbestendig, betrouwbaar én betaalbaar te zijn met aandacht voor de omgevingskwaliteit. Om dit te bewerkstellingen zijn er zeven doelstellingen geformuleerd waar het toekomstige systeem aan moet voldoen. Het overkoepelende doel van deze strategie is het in 2050 behalen van de doelstelling van 95% broeikasgasemissies reductie ten opzichte van 1990.

Energieakkoord (2013) & Urgenda-vonnis – -25% CO_2eq tot 2020

In het energieakkoord wordt het overgrote deel van de reductie van de CO_2 uitstoot gerealiseerd door grootschalige maatregelen zoals het sluiten van kolencentrales en het realiseren van windturbineparken op zee. Het stimuleren van zonne-energie op daken is een van de kleinschalige maatregelen. De rechter heeft bepaald dat de CO_2 uitstoot in 2020 25 procent lager moet zijn dan in 1990.

Klimaatakkoord (2018)- -49% CO_2eq tot 2030

In het klimaatakkoord is aan de hand van vijf overlegtafels (Elektriciteit, Industrie, Gebouwde Omgeving, Landbouw en Natuur, Mobiliteit) bepaald op welke manier CO_2 uitstoot verminderd gaat worden. De doelstelling betekent dat de uitstoot in 2030 maximaal 113 Mton mag bedragen.

Klimaatwet (2019): -95% CO_2eq tot 2050

De ambitie in de nieuw ontworpen en sinds 28 mei 2019 ingestemde klimaatwet is dat in 2050 nog slechts 5% van de hoeveelheid CO_2 uitgestoten wordt ten opzichte van 1990.

Afb. 10
Een vissersboot met op de achtergrond een windturbinepark, beide hebben ruimte nodig op de Noordzee.

Afb. 11
De reductieopgave verbeeld.



Afb. 12
Uitdagingen Noordzee. De Noordzee wordt gebruikt door onder andere de visserij, door de scheepvaart (vaarroutes), door defensie als oefengebied en als zandwingebied. Daarnaast zijn delen aangewezen als Natura 2000 gebieden.



Afb. 13
Uitdagingen zoetwatervoorziening. Ten behoeve van de huidige en toekomstige zoetwatervoorziening gelden er restricties voor delen van de ondergrond.



Afb. 14
Uitdagingen natuur. Grote delen van het binnenwater, het Waddengebied, en de wateren in Zeeland zijn beschermde Natura 2000 gebieden. Verder gelden er restricties in Nationale Parken en andere Natura 2000 gebieden verspreid over Nederland.



Afb. 15
Uitdagingen veenoxidatie en verzilting. Het westelijk deel van ons land heeft in toenemende mate last van veenoxidatie en verzilting van de ondergrond.

Ruimtelijke restricties en/of uitdagingen boven- of ondergronds

De belangrijkste broeigasgassen zijn koolstofdioxide (CO_2), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O). Deze gassen worden aangeduid in CO_2-equivalenten (CO_2eq). Dit is een rekeneenheid om de bijdrage van verschillende broeikasgassen aan het broeikaseffect onderling te kunnen vergelijken. Ons energiegebruik draagt voor het overgrote deel bij aan de totale CO_2eq-uitstoot. Maar ook het landgebruik, de veehouderij en de veenweidengebieden stoten broeikasgassen uit. Om tot een totaalbeeld te komen wordt deze uitstoot ook meegenomen in de strategie.

In 1990 was de totale uitstoot aan broeikasgassen ongeveer 221 miljoen ton CO_2eq. (221 Mton[10]). Ter vergelijking, in 2015 bedroeg de Nederlandse CO_2eq-uitstoot 195 Mton[11]. In 2030 moet die uitstoot 49% lager zijn ten opzichte van 1990, dus 113 Mton. De bestaande voornemens uit onder andere het Energieakkoord en de structuurvisie Wind op Land zouden de uitstoot in 2030 al op 158 Mton brengen. Het restant moet worden overbrugd door het Klimaatakkoord: nog eens 45 Mton minder broeikasgas in het jaar 2030. Uiteindelijk is het streven om de uitstoot in Nederland in 2050 omlaag te brengen tot 95% van 1990, naar ongeveer 11 Mton. Tot 2050 zullen er dus, uitgaande van een reductie van 37 Mton door bestaande voornemens tot 2030, voor 147 Mton CO_2eq aan extra reductiemaatregelen nodig zijn.

Uitgangspunten Via Parijs

Wij gaan ervan uit dat in de post-fossiele samenleving ook de **grondstoffenvoorziening** voor materialen en producten duurzaam en hernieuwbaar zal zijn. Hiervoor is een grote hoeveelheid duurzame grondstoffen nodig. Bovendien vraagt het kraken en het vormen van de juiste koolstofketens om een aanvullende hoeveelheid duurzame energie. Deze aanvullende energievraag wordt ook in deze studie meegenomen.

In deze strategie streven wij ernaar om **geen energie of (energie)grondstoffen[12] te importeren** en om zoveel mogelijk binnen onze eigen land- (en zee-) grenzen op te lossen. Uiteindelijk zal er in de toekomst altijd een bepaalde mate van uitwisseling tussen landen plaatsvinden. Voor deze studie is het echter interessant om te kijken wat de ruimtelijke consequenties zijn als wij, geheel volgens de uitgangspunten van de NOVI, niet afwentelen in tijd en plaats. Bovendien lopen we als Nederland behoorlijk achter als het gaat om ons aandeel duurzaam geproduceerde energie en zijn wij nota bene een van de meest kwetsbare landen van de wereld wanneer de zeespiegel verder stijgt. We zullen dus allereerst zelf aan de slag moeten voor we de rekening bij andere landen neerleggen, die ieder ook al kampen met hun eigen opgave.

Zeven doelstellingen

Op de volgende pagina zijn zeven doelstellingen geformuleerd waaraan het toekomstige energie- en grondstoffensysteem zou moeten voldoen en die aan de basis liggen van deze ontwerpverkenning Via Parijs. De doelstellingen zijn gebaseerd op kennis opgedaan uit eerdere projecten en van andere ruimtelijke experts aan de klimaattafels[13]. Alle doelstellingen sluiten aan bij de principes geformuleerd in de Nationale Omgevingsvisie (NOVI) en het Klimaatakkoord, maar gaan een grote stap verder in de concretisering ervan.

(Concept) Nationale Omgevingsvise

In de Nationale Omgevingsvisie geeft het Rijk een lange-termijnvisie op de toekomst en de ontwikkeling van de leefomgeving in Nederland. In de visie worden de nationale belangen genoemd die gewaarborgd moeten worden in het beleid voor de fysieke leefomgeving. De volgende drie inrichtingsprincipes worden gehanteerd om bij botsende belangen een zorgvuldige afweging tussen nationale belangen te maken:

- Combineren boven enkelvoudig;
- Kenmerken en identiteit van een gebied staan centraal;
- Duurzaam ontwikkelen, afwentelen naar tijd en plaats voorkomen;

Klimaatakkoord

Ruimtelijke principes gedefinieerd in het Klimaatakkoord zijn:

- Streef naar zuinig en (zoveel mogelijk) meervoudig ruimtegebruik;
- Minimaliseer verlies tijdens het transporteren van energie tussen vraag en aanbod. In andere woorden; breng vraag naar en aanbod van hernieuwbaar opgewekte energie zo dicht mogelijk bij elkaar;
- Combineer opgaven en ga indien nodig over tot uitruilen en herbestemmen;
- Sluit zo goed mogelijk aan bij gebiedspecifieke ruimtelijke kwaliteit;

10 Exclusief LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry). Dit betreft emissies die samenhangen met landgebruik, landgebruiksveranderingen en bosbouw. Deze emissies (6 Mton in 1990) worden door het kabinet niet meegenomen bij het bepalen van het aantal Mton dat nodig is om in 2030 49% emissiereductie te realiseren ten opzichte van 1990.
11 CBS, 2019. Emissieregistratie (2019). Definitieve Jaarcijfers 1990-2017; RIVM, Bilthoven; PBL, Den Haag; CBS, Den Haag; Deltares, Lelystad; Alterra, Wageningen; RWS-Leefomgeving, Utrecht, RVO, Utrecht, en TNO Bouw en Ondergrond, Utrecht.
12 Energiegrondstoffen zijn energiedragers als grondstof, zoals aardgas, waterstof, biomassa. Deze hebben een directe relatie met de energievoorziening. Veranderingen in beschikbare energiedragers maken ook nieuwe processen mogelijk.
13 Ruimtelijke implicaties Klimaatakkoord en NOVI (2019) Generation Energy, APPM, NRG Lab / Wageningen Universiteit, Academie van Bouwkunst, TU Delft, Studio Marco Vermeulen, BRIGHT The Cloud Collective, FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten.

Zeven doelstellingen

1. Een **integraal** perspectief voor Nederland

Dit betekent dat er wordt toegewerkt naar een toekomstbeeld waarin duurzame energie en CO_2eq reducerende maatregelen in 2050 Nederland getransformeerd hebben tot een **mooie, gezonde en sociale leefomgeving** met een vitale economie zoals geschetst in Panorama Nederland[14]. Benoemde maatregelen dienen te worden benut als **hefboom** voor andere maatschappelijke opgaven, dit kan ook financiële consequenties hebben.

2. Een **duurzaam** energie- en grondstoffensysteem op basis van **hernieuwbare** bronnen

Ons toekomstige energie- en grondstoffensysteem maakt gebruik van bronnen die voortdurend worden aangevuld en daardoor onuitputtelijk zijn. Het is een energiesysteem dat over de **gehele keten** duurzaam is. Dat wil zeggen dat er rekening gehouden dient te worden met het energie- en grondstoffengebruik van het transport, de opslag en de opwek, de zogenoemde *embodied energy*.

3. Een ruimtelijk **efficiënt** energie- en grondstoffensysteem

Uit oogpunt van energie-efficiëntie is het belangrijk om hoogwaardige energiebronnen (energiebronnen met een hoge energiedichtheid) zoveel mogelijk te benutten voor doeleinden waarbij dit noodzakelijk is. Deze **exergetische**[15] **systeembenadering** draagt bij aan een duurzaam energiesysteem met zo min mogelijk **conversieverliezen** over de gehele keten, en daarmee draagt het tegelijkertijd bij aan een ruimtelijk efficiënt systeem.

De **geografische kenmerken** van Nederland moeten daarvoor optimaal benut worden. Dat betekent bijvoorbeeld dat windturbines vooral geplaatst moeten worden daar waar de wind het hardst waait, en dat er maximaal gebruik gemaakt wordt van de geothermische potentie van de ondergrond. Vraag en aanbod dienen zo dicht mogelijk bij elkaar te liggen. Zo worden de **transportafstanden** beperkt en kunnen verschillende sectoren in elkaars nabijheid gebruik maken van elkaars reststromen zoals warmte en CO_2 in de industrie en glastuinbouw. De aanlanding van elektriciteit van de windturbinelocaties op de Noordzee zal zoveel mogelijk plaatsvinden bij **industrieclusters**. Deze clusters beschikken over energie conversie- en opslagmogelijkheden en hebben een grote energievraag. **Toekomstige verstedelijking** of verdichting dient bij te dragen aan de CO_2 reductiedoelstellingen. Denk hierbij aan het concentreren van verstedelijking nabij energiebronnen, energie-infrastructuur of **multifunctioneel ruimtegebruik** om de mobiliteitsbehoefte te minimaliseren. Het transport van energie en grondstoffen dient zoveel mogelijk beperkt te worden en er zal zoveel mogelijk gebruik gemaakt worden van **bestaande infrastructuur** en **ruimtelijke reserveringen**. Het bestaande aardgasleidingnetwerk kan (na minimale aanpassingen) gebruikt worden voor het transport van waterstof en het rioleringsnetwerk kan benut worden voor het transport van biomassa. Infrastructuur wordt zoveel mogelijk gebundeld. **Biomassa** dient, zeker in 2050, hoogwaardig gebruikt te worden. Dit geldt voor zowel de **circulaire landbouw** om de vruchtbaarheid van de bodem op peil te houden en in de **biobased industrie**, waar biomassa als grondstof voor de productie van nieuwe materialen nodig zal zijn. Daarbij dient restafval van bijvoorbeeld de voedselproductie, GFT en mest zoveel mogelijk hergebruikt te worden.

4. Een **toekomstbestendig** energie- en grondstoffensysteem

Een toekomstbestendig systeem vraagt om **adaptatievermogen** voor ruimtelijke-economische ontwikkelingen. Maatregelen die leiden tot de 2030 doelstellingen moeten ook bijdragen aan de doelstellingen en systeemkeuzen tot 2050, **no regret maatregelen**. Denk bijvoorbeeld aan warmtenetten die tot 2030 gevoed worden door restwarmte, maar in 2050 door geothermie kunnen worden voorzien van warmte. Buisleidingen en andere infrastructuur zullen daardoor een bepaalde mate van **overcapaciteit** nodig hebben. Verschillende energiebronnen dienen op het netwerk aan te kunnen haken, een **openbaar mainframe** is dus wenselijk. Door de energievoorziening over **meerdere energiedragers** te verdelen (elektronen, moleculen en warmte) ontstaat een robuust netwerk dat zich kan aanpassen met voortschrijdende inzichten. Beschouw elke aansluiting als **bi-directioneel**. Dat betekent dat er via deze aansluiting energie en/of grondstoffen geleverd én terug geleverd kunnen worden. Consumenten worden producenten.

5. Een **betrouwbaar** energie- en grondstoffensysteem (baseload)

Om een betrouwbaar energie- en grondstoffensysteem in de toekomst te garanderen dient er voldoende **buffercapaciteit** in het netwerk ingebouwd te zijn. Dit vraagt om een bepaalde mate van overcapaciteit in de productie van duurzame energie, alsook **opslagvoorzieningen**. Optimale internationale connectiviteit dient als maatregel om de **periodiciteit** van energiebronnen het hoofd te bieden. Denk bijvoorbeeld aan de leveringszekerheid tijdens een 'dunkelflaute', een periode met weinig wind en zon. Locaties waar meerdere energie-infrastructuren bijeenkomen kunnen gebruikt worden voor **conversie** tussen verschillende energiedragers, denk bijvoorbeeld aan de aanlandlocaties van windenergie van de Noordzee waar waterstof geproduceerd kan worden. Ook dient het systeem zo ontworpen te zijn dat deze **klimaatbestendig** is. Dat betekent dat de voorzieningen bestand zijn tegen de gevolgen van een veranderend klimaat.

6. Een **betaalbaar** en **kosten-efficient** energie- en grondstoffensysteem

Een betaalbaar energiesysteem betekent een zo **maatschappelijk** (**cumulatief**) **kostenefficiënt** systeem. De kosten dienen gesocialiseerd te worden en mogen niet leiden tot sociale ongelijkheid. Dit vraagt om **proactief** beleid dat hierop stuurt, niet kijkend naar de initiële (directe, korte termijn) kosten, maar naar de totale (indirecte, lange termijn) maatschappelijke kosten. Zo efficiënt mogelijk met energie omgaan en zoveel mogelijk **besparen**, zolang dit kostenefficiënt is, dragen hieraan bij.

7. **Maximale ruimtelijke kwaliteit** van Nederland als geheel

Vanuit het besef dat ruimte schaars is in Nederland, is het logisch om zoveel mogelijk **meervoudig ruimtegebruik** na te streven. Hoe meer functies en gebruikers op een plek gebundeld zijn, hoe meer er sprake moet zijn van duurzame ruimtelijke ontwikkeling. Dit geldt ook voor de Noordzee; ook hier dient gestreefd te worden naar functiecombinaties. In de gebouwde omgeving geldt dit principe bijvoorbeeld voor zonne-energie. Benut zoveel mogelijk **bestaande daken** en gevels voor zonnepanelen (pv) bijvoorbeeld conform de in Panorama Nederland benoemde *dakenwet*.

De energietransitie is een immense opgave en hiervoor dienen we zowel **kleinschalige** (en verspreide) voorzieningen als **grootschalige** (en geconcentreerde) voorzieningen te realiseren. Sommige vormen van energieopwekking, zoals pv op daken, lenen zich uitstekend voor kleinschalige toepassingen die samen optellen tot een substantiële energievoorziening. **Windturbines** daarentegen kunnen beter **geclusterd** worden in de daarvoor geschikte gebieden, zoals grootschalige rationele landschappen en industriegebieden.

Tegelijkertijd is de energietransitie een hefboom voor kwaliteitsverbetering, zowel ruimtelijk als bijvoorbeeld ecologische, economische of sociale verbeteringen. Hierbij zijn de **identiteit** en de kenmerken van de regio's leidend. De energietransitie dient zo min mogelijk impact te hebben op bestaande **ruimtelijke en ecologische kwaliteit**, idealiter worden deze juist versterkt. Door zoveel mogelijk **onzichtbaar** (lees: ondergronds) op te lossen, zoals de aanleg van buisleidingen en warmtenetten, kan de visuele impact minimaal blijven.

De **creativiteit** en **inventiviteit** van ruimtelijk ontwerpers zou hiervoor nog veel beter benut kunnen worden. Ruimtelijke kansen en overwegingen dienen mee te worden genomen in het afwegingskader en beslistraject naar een klimaatneutraal Nederland. ■

Biomassa:
Biomassa is een verzamelnaam voor een variëteit aan gewassen, bomen, planten en algen. Door middel van fotosynthese wordt zonlicht gebruikt voor het omzetten van kooldioxide uit de lucht in koolhydraten, stoffen waaruit de planten zijn opgebouwd. Hoewel ook bij verbranding van biomassa broeikasgassen vrijkomen, in het bijzonder CO_2, wordt bij de groei van biomassa een vergelijkbare hoeveelheid atmosferisch CO_2 vastgelegd. Het CO_2 dat vrijkomt bij de verbranding van biomassa kan direct weer, onder invloed van zonlicht, door levende planten worden opgenomen en zo opnieuw wordt vastgelegd in biomassa. We spreken hier van kort-cyclische koolstof, in tegenstelling tot de lang-cyclische koolstof die we als CO_2 in de atmosfeer brengen bij verbranding van fossiele energiedragers. Dit maakt biomassa één van de 'duurzame' energiebronnen.

Dunkelflaute:
Dunkelflaute is een van oorsprong Duitse term voor het samenvallen van 'Dunkelheit' (duisternis) en 'Windflaute' (windstilte). Dunkelflaute komt het meeste voor tijdens de winter. Dit komt door de kortere dagen en lagere temperaturen, waardoor enerzijds de energievraag toeneemt en er anderzijds met name door zonnepanelen minder elektriciteit wordt opgewekt. Als het donker of nevelig is, of er ligt sneeuw op de zonnepanelen, en daarnaast staat er ook een zeer zwakke wind, dan kunnen windmolens en zonnepanelen niet meer aan de vraag naar elektriciteit voldoen.

Dakenwet:
Stel in een 'Dakenwet' een minimum aandeel zonnepanelen op daken verplicht voor nieuwbouw en oudbouw en bied huishoudens de mogelijkheid om elektriciteit en warmte op te wekken en terug te leveren aan open publieke netten.

Embodied energy:
Embodied energy is het totaal van alle energie die nodig is om goederen of diensten te produceren, waarbij beschouwd wordt alsof die energie is opgenomen of 'belichaamd' in het product zelf.

PJ:
Petajoule. Een Petajoule is een eenheid van energie, gelijk aan 1015 Joule of 277.778 MWh. 1 PJ elektriciteit staat gelijk aan de elektriciteitsvraag van 80.000 huishoudens, bij een gemiddeld elektriciteitsgebruik van 3.500 kWh per huishouden per jaar. Eén PJ warmte staat gelijk aan de warmtevraag van 25.000 huishoudens, bij een gemiddeld warmtegebruik van 40 GJ per huishouden per jaar.

14 College van Rijksadviseurs, (2018). Panorama Nederland. Den Haag: College van Rijksadviseurs.
15 Exergie is de maximale hoeveelheid arbeid die uit een medium gewonnen kan worden bij het in evenwicht brengen met de omgeving.

Het energie- en grondstoffensysteem



Afb. 16
Een medewerker inspecteert het instrumentenpaneel voor een waterkrachtreactor in 1957.

In deze ontwerpverkenning Via Parijs wordt zowel beredeneerd vanuit de logica en wetmatigheden van de energieproductie, -opslag en -distributie, als vanuit de omgevingskwaliteit van ons land. Dit hoofdstuk zal aan de hand van de huidige energie- en grondstoffenbalans en bestaande plannen en toekomstperspectieven een denkbaar energie- en grondstoffensysteem voor 2050 schetsen.

Het systemisch mengpaneel

Aan de hand van drie Sankey stroomdiagrammen wordt de transformatie toegelicht. Ten eerste tonen we onze huidige, door fossiele bronnen gedomineerde, energiebalans. Vervolgens verbeelden wij de bestaande plannen tot 2030, wat uiteindelijk leidt tot het stromenschema in 2050.

Gezamenlijk laten zij een spectaculaire verandering zien. Het uiteindelijke stromenschema is een mengpaneel waarbij de knoppen op een gewenste, gebalanceerde mix staan ingesteld. Wordt de ene knop verder opengedraaid, dan kan de ander juist wat meer dicht. Zo is het ook met verschillende energiebronnen, worden er bijvoorbeeld meer windparken op de Noordzee gebouwd, dan zijn er minder windturbines op land nodig. Wordt geothermie optimaal ingezet voor de lage temperatuur warmtevraag, dan zullen er minder warmtepompen nodig zijn en wordt de daarmee gepaard gaande elektriciteitsvraag lager. Worden daken optimaal benut voor zonne-energie, dan zal er minder elektriciteitsopwekking elders nodig zijn, enzovoorts. De verwachte energiemix in 2050 is gebaseerd op diverse studies[16] en toont een realistisch scenario waarin de CO_2eq reductiedoelstelling van 95% behaald wordt en het energie- en grondstoffensysteem volledig duurzaam en hernieuwbaar is. Belangrijk uitgangspunt is dat de energie- en grondstoffenvraag de komende decennia met ongeveer een kwart moet dalen. Dit is an sich al een grote opgave. Een toelichting op deze besparingsslag is te vinden in het kader hiernaast. De aandelen van warmte, elektriciteit, waterstof, CO_2 en biomassa worden in dit hoofdstuk gekwantificeerd als onderdeel van een voorstelbare energiemix. In hoofdstuk 5 worden de ruimtelijke implicaties van deze mix in beeld gebracht.

Aannames voor besparing in het energie- en grondstoffengebruik in 2050

De energievraag per sector is afgeleid van verschillende scenariostudies[17] waarin de verwachte finale energievraag in 2050 varieert tussen de 1.100 PJ en 1.500 PJ. De totale finale energievraag in 2050 wordt in deze strategie geschat op 1.455 PJ. De verwachte grondstoffenvraag in 2050 wordt geschat op 450 PJ. Ter vergelijking, in 2018 werd in Nederland 2.432 PJ aan energie verbruikt[18]. De grote daling komt door een verwachte besparingsslag[19] in alle sectoren. Zo is de verwachte besparing in het energie- en grondstoffen verbruik van de industriesector ongeveer 30%. Dit is te danken aan een grotere efficiëntie van industriële processen en het optimaal cascaderen van restwarmte[20]. Wel wordt de elektriciteitsvraag groter door de verwachte elektrificering van industriële processen; een belangrijke CO_2eq reductiemaatregel uit het Klimaatakkoord. Restwarmte afkomstig van industriële processen die draaien op fossiele bronnen zal afnemen[21]. In de loop der tijd zullen er nieuwe duurzame restwarmtebronnen bijkomen (onder andere vrijkomend bij biochemie, elektrolyse en datacenters). Deze restwarmte zal van een lagere temperatuur zijn[22]. In de gebouwde omgeving daalt de energievraag tot 2050 met 20%. Dit komt voornamelijk door het gebruik van efficiënter apparaten en het reduceren van de warmtevraag van de bestaande woningvoorraad door isolatiemaatregelen. Ook in de landbouwsector zal de energievraag met 20% dalen. Met name in de glastuinbouwsector zal, door middel van efficiëntere apparaten waaronder LED-verlichting, de elektriciteitsvraag aanzienlijk dalen. De verwachte 25% besparing in de mobiliteit sector komt voornamelijk door meer brandstofbesparing, efficiencymaatregelen en gedragsmaatregelen, waardoor minder bewegingen plaatsvinden en minder brandstoffen verbruikt worden.

16 + 17 Gebaseerd op verwachte energiemixen van:
• Gasunie (2018). Gasunie Verkenning 2050.
• KIVI (2017). The future Dutch full carbon-free energy system • Netbeheer NL / CE Delft (2017). Net voor de Toekomst (generieke sturing) • Berenschot (2018). Elektronen en/of Moleculen. • TKI Nieuw Gas (2018). Contouren van een Routekaart Waterstof. • Wuppertal (2016). Decarbonization Pathways for the Industrial Cluster of the Port of Rotterdam.
18 Inclusief grondstoffen. Bron: CBS, cijfers energiebalans 2018.
19 Zie voor een verdere toelichting op de verwachte besparing in energie en grondstoffenverbruik het rapport 'Net voor de Toekomst' van CE Delft uit 2017.
20 ECN, 2017. Transitiepad Hoge Temperatuurwarmte, 10 pager
21+ 22 SMV (2018) Circular Mainframe, bijdrage klimaattafel Industrie

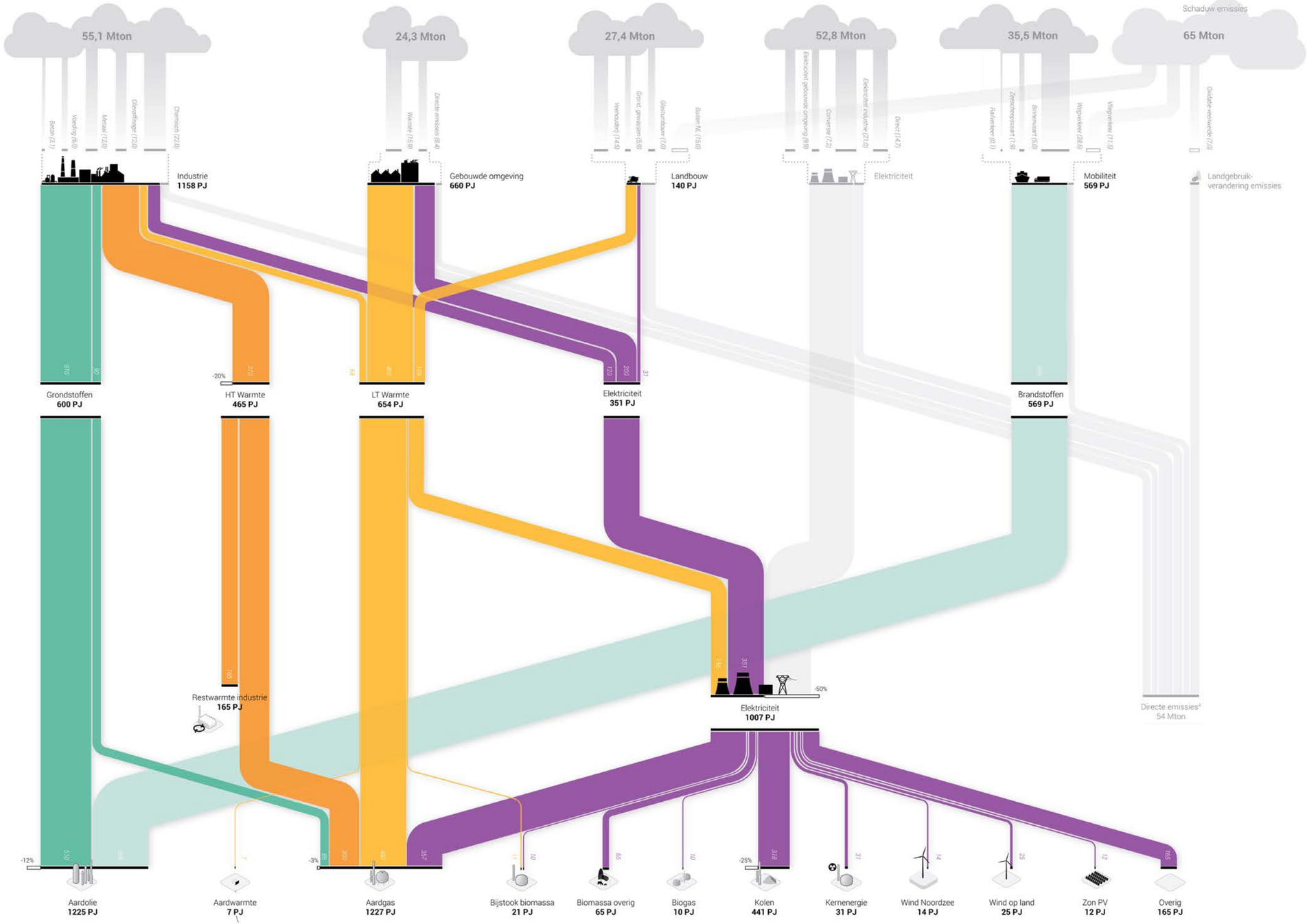
De huidige energie- en grondstoffenbalans

Om te doorgronden wat er gaat veranderen, moeten we weten hoe het huidige energie- en grondstoffensysteem functioneert. In het hiernaast afgebeelde stromenschema is de energiehuishouding van Nederland in 2017 verbeeld. Onderaan het diagram staan de huidige energiebronnen. De energie- en grondstoffenbalans wordt gedomineerd door de fossiele bronnen, aardolie, aardgas en kolen. Volgen we de energiestromen dan zien we dat nagenoeg de hele brandstoffensector en de grondstoffenvraag worden ingevuld door aardolie. Aardgas is vooral nodig om aan de lage en hoge temperatuur warmtevraag te voldoen. Kolen worden vooral ingezet om elektriciteit te produceren. Opvallend is het enorme energieverlies door conversie en transport voor de productie van elektriciteit. Dit is deels toe te schrijven aan het niet efficiënt gebruiken van restwarmte wat vrijkomt bij energiecentrales. Een klein deel van de energieopwekking komt uit hernieuwbare bronnen, ongeveer 6,5% van het primaire energieverbruik[23]. De energievraag is verdeeld in vijf categorieën, dezelfde onderverdeling als in het Klimaatakkoord. Bovenaan het diagram wordt per sector de CO_2eq-uitstoot verbeeld. In totaal gaat het om 260 Mton, dit is inclusief de schaduwuitstoot, uitstoot die te maken heeft met personen- en handelsverkeer tussen Nederland en andere landen. In het Klimaatakkoord wordt deze schaduwuitstoot niet meegerekend en komt de totale uitstoot die onderverdeeld is per sector uit op 195,1 Mton[24]. Een groot deel van onze CO_2eq-uitstoot komt voor rekening van het wegverkeer, 28,5 Mton. Ook de chemische industrie (22 Mton) en de veehouderijsector (14,5 Mton) zijn grote uitstoters.

De schaduwuitstoot

Een reductieopgave van 95% is immens. Toch is de daadwerkelijke opgave ongeveer een derde groter. Het gaat om CO_2eq-emissies die niet worden meegeteld in onze nationale statistiek zoals internationaal vliegverkeer, de scheepvaart via internationale wateren of de (netto) uitstoot die via onze importen in andere landen worden veroorzaakt. Zo wordt kerosine voor vliegverkeer en stookolie voor scheepvaart bijvoorbeeld helemaal niet meegerekend, ook al is deze uitstoot verantwoordelijk voor ongeveer 6% van de totale nationale uitstoot. In 2015 bedroeg de CO_2-uitstoot van de luchtvaart in Nederland 11,5 Megaton. De scheepvaart emissies bedragen ongeveer 10 Mton. Nemen wij de CO_2eq-uitstoot mee van alle schepen die in Nederland tanken, dan stijgt dit getal tot wel 56 Mton[25]. Ook de uitstoot van de oxidatie van de veenweidegebieden, goed voor ongeveer 7 Mton CO_2eq per jaar, valt buiten de nationale statistieken. Deze zogenoemde schaduwuitstoot schatten wij op ongeveer 65 Mton.

Het huidige energie- en grondstoffensysteem



23 Zie ook: CBS, 2018. Hernieuwbare energie in Nederland 2017.
24 Zie voor: CBS, 2018. Emissies van broeikasgassen berekend volgens IPCC-voorschriften
25 Aangezien Rotterdam een grote bunkerhaven is, waar schepen van alle nationaliteiten en met alle denkbare bestemmingen bunkeren, leidt het meerekenen van deze bunkerhoeveelheden tot een grote additionele CO_2-emissie die niet volledig aan Nederland toe te rekenen valt.

2030: De transitie van het energie- en grondstoffensysteem

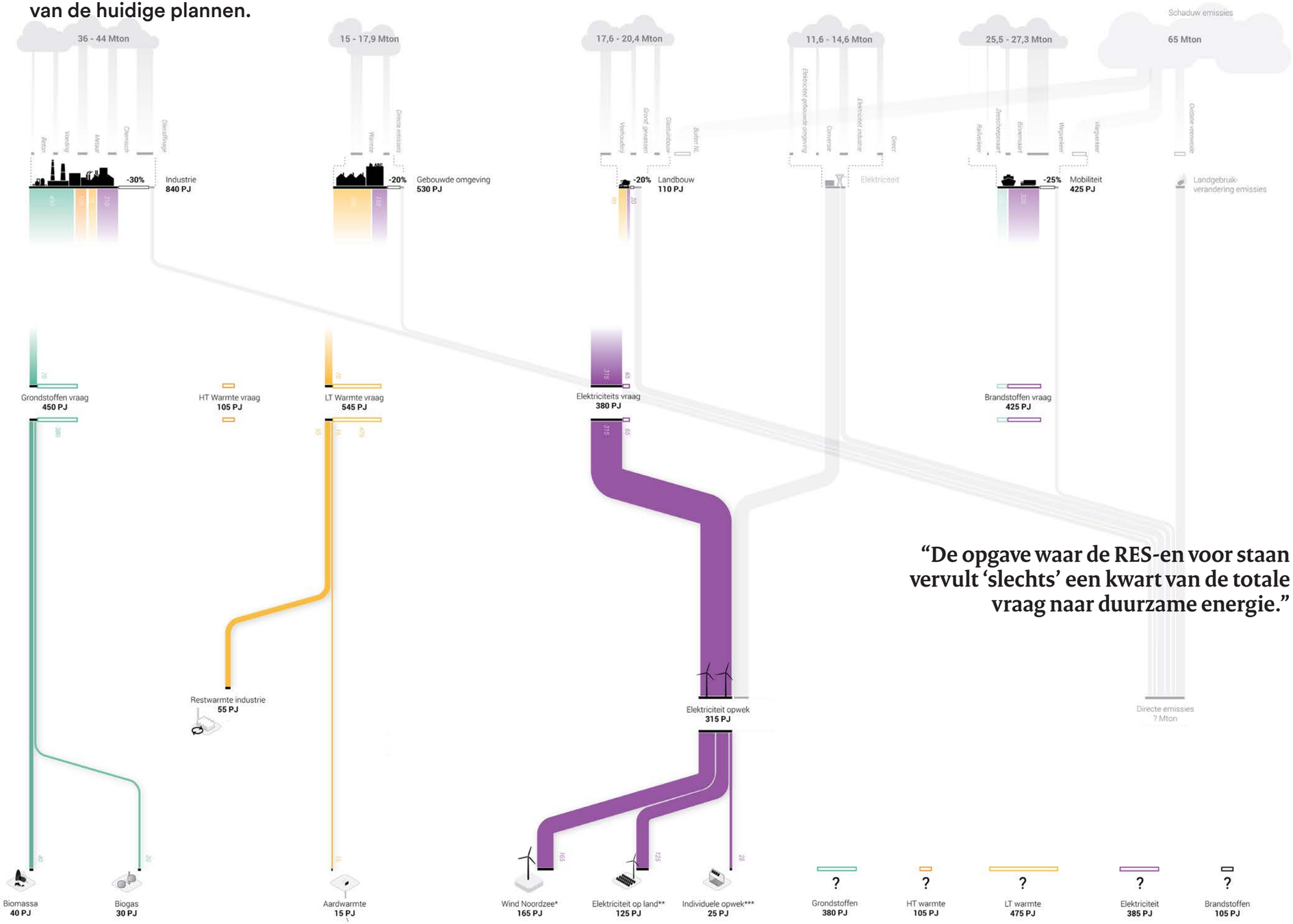
Om aan onze doelstellingen tot 2030 te voldoen zal de CO_2eq-uitstoot 49% lager moeten zijn ten opzichte van 1990, wat neerkomt op maximaal 113 Mton. Met bestaand beleid en aanvullende voornemens uit het Klimaatakkoord wordt verwacht dat er in 2030 tussen de 106 en 127 Mton CO_2eq uitgestoten wordt[26]. Het schema toont deze verminderde CO_2eq-uitstoot per sector. Er zijn vooralsnog geen concrete voornemens om de schaduwuitstoot van 65 Mton te reduceren.

De energie- en grondstoffenvraag zal aanzienlijk moeten dalen ten opzichte van de huidige vraag (zie kader: Aannames voor besparing in het energie- en grondstoffengebruik in 2050, bladzijde 39). Er zijn diverse concrete plannen tot 2030 die in het stromenschema verbeeld zijn. Verwacht wordt dat er ongeveer 30 PJ[27] aan biogas, 15 PJ[28] aan aardwarmte en 40 PJ[29] aan biomassa beschikbaar zal zijn. Verwacht wordt dat de totale duurzame elektriciteitsproductie in 2030 zal stijgen tot 315 PJ[26]. Meer dan de helft zal worden opgewekt door windturbines op de Noordzee. Daarnaast wordt verwacht dat door autonome groei de individuele opwek van elektriciteit zal stijgen tot 25 PJ.

Op dit moment wordt met name bottom-up gewerkt aan de energietransitie en staan de regio's aan de lat. Afspraken uit het Klimaatakkoord worden in de regionale energiestrategieën (RES) concreet uitgewerkt. De RES-en gaan echter niet over de energie- en grondstoffenvraag van de industrie, mobiliteit of de landbouwsector en doen geen aanspraak over wind op zee. De opgave waar de RES-en voor staan vervult 'slechts' een kwart van de totale vraag naar duurzame energie tot 2050. Het gaat voornamelijk om het ruimtelijk inpassen van 125 PJ (35 TWh) hernieuwbare elektriciteitsproductie op land[30] en om de warmtetransitie in de gebouwde omgeving. In 2021 moeten alle gemeenten een transitievisie warmte hebben opgesteld.

Als we de bestaande plannen aftrekken van de verwachte energie- en grondstoffenvraag, moeten er in aanloop naar 2050 nog projecten gerealiseerd worden om te voorzien in: 380 PJ aan grondstoffen, 105 PJ hoge temperatuur warmte, 475 PJ lage temperatuur warmte, 385 PJ elektriciteit en 105 PJ brandstoffen.

De aanpassingen van het energie- en grondstoffensysteem in 2030 op basis van de huidige plannen.



"De opgave waar de RES-en voor staan vervult 'slechts' een kwart van de totale vraag naar duurzame energie."

26 Zie voor een verdere toelichting het rapport van het PBL uit 2018; Kosten energie- en klimaattranstie 2030 – update 2018.
27 TKI Nieuw Gas, 2019.
28 Geothermiepotentie in 2030 (15 PJ) is een voorzichtige schatting. Een groei tot 50 PJ in 2030 is haalbaar. Bron: Stichting Platform Geothermie (SPG) (2018) Geothermie en het Klimaat- en energieakkoord
29 EZK, 2015. Biomassa 2030 Strategische visie voor de inzet van biomassa op weg naar 2030
30 Handreiking Regionale Energie Strategieën (2018) Interprovinciaal Overleg, VNG & Unie van Waterschappen (2018) Regionaal samenwerken voor de Klimaatopgave

** Dit zijn de bestaande plannen voor wind op zee tot 2030 (11 GW opgesteld vermogen)*
*** De opgave waar de RES-en voor staan is 125 PJ (35 TWh)*
**** Zoals benoemd in het Klimaarakkoord (7 TWh)*

“Elke conversiestap gaat gepaard met verliezen, zaak is deze verliezen zoveel mogelijk te beperken.”

Geothermische potentie in Nederland.

In delen van Nederland, vooral Zuid-Holland, Limburg en de noordelijke provincies, bevinden zich goed doorlaatbare aardlagen en breuklijnen in de aardkorst[31]. Hierdoor is het mogelijk om dieper gelegen warm water op te pompen via een lange buis. Door middel van warmtewisselaars kan de warmte hiervan worden overgedragen op het water in de transport- en distributienetten (warmtenetten) waarna het afgekoelde water via een andere buis weer wordt teruggepompt. Hoe dieper de geothermie gewonnen wordt, hoe hoger de temperatuur van het opgepompte water is en hoe groter het energetisch vermogen.

Systeemkeuzes

Een korte opsomming van de verschillende energiebronnen en de achterliggende keuzes:

Warmte

Hoe meer er direct met hernieuwbare warmte opgelost kan worden, des te minder elektriciteit er opgewekt hoeft te worden ten behoeve van de warmtevoorziening. Een aanzienlijk deel van de lage temperatuur warmtevraag zal door grootschalig en collectief opgewekte warmte uit geothermie worden ingevuld. Kleinere collectieve oplossingen, zoals aquathermie[32], voorzien ongeveer 20% van de huishoudens van warmte. Met aquathermie wordt gebruik gemaakt van de warmte van het oppervlaktewater[33]. Door middel van een warmtewisselaar en een collectieve warmtepomp wordt vervolgens via een warmtenet warmte naar de eindgebruiker getransporteerd. De elektrische warmtepomp die warmte aan de lucht of grondwater onttrekt (collectief of individueel)[34], is voor ongeveer 25% van de huishoudens de oplossing.

Elektriciteit uit wind

Het overgrote deel van onze elektriciteitsvraag zal worden ingevuld met windenergie. Met name windturbines op zee zullen aanzienlijk bijdragen aan de duurzame energiemix, meer dan 70%[35] (830 PJ) van de benodigde elektriciteit (1.175 PJ) zal hier worden geproduceerd. Windturbines op land[36] zullen ongeveer 150 PJ opwekken, waarvan 20 PJ door het opwaarderen van bestaande windturbinelocaties[37].

Elektriciteit uit zon

De meerderheid van de zonne-energie zal opgewekt worden op daken in de gebouwde omgeving[38], 100 PJ. Dit is de helft van de maximale potentie van alle beschikbare daken. Ook gevels[39] zijn geschikt voor zonne-energie, al staat deze techniek nog in de kinderschoenen. Zonnepanelen op bedrijfsterreinen[40] en op agrarisch vastgoed[41] wekken respectievelijk 35 PJ en 15 PJ elektriciteit op. Drijvende zonnepanelen op de Nederlandse binnenwateren[42] zullen in 2050 25 PJ opwekken. Deze techniek is nog weinig toegepast, maar is veelbelovend. Momenteel zijn er plannen om op de Slufter, een depot voor verontreinigd sediment in de haven van Rotterdam, circa 100 ha drijvende zonnepanelen te realiseren[43]. Gronden van Rijkswaterstaat en het Rijksvastgoedbedrijf worden strategisch ingezet voor pilotprojecten. Huidige pilotprojecten voor zonne-energie langs dammen, spoor- en snelwegen[44] zullen in 2020 1 PJ aan energie opwekken. Sommige zullen uitgroeien tot grootschalige energieproductie locaties. Enkele snelwegen zijn geschikt als grootschalige zonneroute, zij zullen gezamenlijk 10 PJ opwekken.

Zonnepanelen op landbouwgronden of natuurgebieden zijn niet nodig om de doelstellingen te halen. We moeten zuinig zijn op onze landbouwgronden en natuurgebieden en monofunctionele oplossingen voorkomen. Zonneparken concurreren met de voedselproductie en hebben een negatieve impact op de ecologische waarde van de omgeving. Dit strookt met de eerder benoemde doelstellingen, waarin gepleit wordt voor meervoudig ruimtegebruik en zo min mogelijk impact op bestaande ruimtelijke en ecologische kwaliteiten. Monofunctionele zonnevelden zijn daarom niet wenselijk. Ongeveer 95% van het dakpotentieel is nog niet benut, onder andere omdat regelgeving nadelig uitwerkt voor zon op dak[45]. We moeten maximaal zon realiseren op daken en gevels, en voorkomen dat gronden te gemakkelijk worden opgeofferd voor enkel elektriciteitsproductie. Zon op daken kan op verschillende manieren worden gestimuleerd. Bijvoorbeeld door het instellen van de eerder genoemde *Dakenwet*, door het verlagen van de ondergrens van de SDE+ en door het aantrekkelijker te maken voor particulieren om meer te produceren dan alleen voor eigen behoefte. In een recente kamerbrief van minister Wiebes (23-08-2019) worden een aantal maatregelen om zon op dak te bevorderen benoemd. Hierin wordt benadrukt dat er zorgvuldig om moet worden gegaan met natuur en landbouwgronden in relatie tot energie productie.

Waterstof

Voor een volledig duurzaam energiesysteem is naast duurzame elektriciteit en warmte een andere emissievrije energiedrager nodig, met name voor toepassingen die energie-intensief zijn en daarom ‘moleculen’ vergen. Voor de industrie- en de mobiliteitssector zal waterstof onmisbaar zijn, bijvoorbeeld om het scheepsverkeer van brandstof te voorzien. Ook voor de hoge temperatuur warmtevraag is waterstof erg geschikt. Daarnaast is waterstof een belangrijke basisgrondstof voor de industrie. We gaan er vanuit dat er ongeveer 360 PJ waterstof nodig zal zijn, 150 PJ als grondstof, 105 PJ voor de hoge temperatuur warmtevraag en 105 PJ voor de mobiliteitssector. Om deze waterstof te produceren is er een aanvullende elektriciteitsproductie nodig van 430 PJ[46]. In totaal komt de elektriciteitsvraag daardoor uit op 1.175 PJ[47]. Restwarmte die vrijkomt bij de productie van groene waterstof uit water (elektrolyse), wordt in warmtenetten gevoed[48].

Waterstof wordt vaak genoemd als geschikte warmtebron voor de gebouwde omgeving; met aanpassingen aan het gasnetwerk en bestaande CV-ketels kan waterstof in huizen en bedrijfsgebouwen gebruikt worden. Waterstof kan daarnaast gebruikt worden om voertuigen met een brandstofcel aan te drijven. Echter, gezien de hoge exergetische potentie van waterstof is dit niet wenselijk. De conversie van elektriciteit naar waterstof levert namelijk aanzienlijke verliezen op. Dit is kosteninefficiënt en vraagt om meer ruimte voor een aanvullende elektriciteitsproductie. Stel dat de totale warmtevraag voor de gebouwde omgeving (380 PJ) met waterstof wordt ingevuld, dan is er 450 PJ[49] extra elektriciteit nodig, het equivalent van meer dan 10.000 windturbines op land.

Biomassa

Biomassa is een beperkt beschikbare bron. Geschat wordt dat er in 2050 uit de huidige landbouw en natuur ongeveer 200 PJ beschikbaar zal zijn[50]. In deze ontwerpverkenning wordt de mogelijkheid om biomassa te importeren niet meegenomen. Wij streven ernaar om zo min mogelijk biomassa te importeren om de CO_2-uitstoot van transport te beperken. Biomassa wordt idealiter hoogwaardig toegepast: in de chemische industrie als grondstof (biobased economy) of als bouwmateriaal voor de woningbouwopgave. Het verbranden van biomassa voor energie is een laagwaardig gebruik waarbij veel (kort cyclisch) CO_2 weer vrijkomt. Tot 2030, en als back-up maatregelen ten behoeve van elektriciteit en warmteproductie in 2050, zal dit echter nog kunnen voorkomen.

De reststromen van de voorgestelde zeewierteelt op de Noordzee (zie hoofdstuk 4) is goed voor ongeveer 50 PJ[51]. Ook groen gas, gas gemaakt door biogas op te waarderen tot dezelfde kwaliteit als het huidige aardgas, wordt zo veel mogelijk gebruikt als grondstof voor de industrie. Bij het verbranden van groen gas komt, net als bij aardgas, CO_2 vrij. Het is dus weliswaar hernieuwbaar, maar niet per se duurzaam[52]. De mate van duurzaamheid is afhankelijk van de afkomst van het gas. Het voordeel van het verbranden van groen gas is dat het in elk geval gaat om een korte CO_2-cyclus. Geschat wordt dat er ongeveer 50 PJ[53] aan groen gas beschikbaar zal zijn in 2050, voornamelijk door het vergisten van mest. Ook groen gas kan, als back-up maatregel om variatie in aanbod en vraag op te vangen, in bestaande gascentrales (in combinatie met carbon capture & storage) gebruikt worden om warmte en elektriciteit te produceren.

Waarom geen kernenergie?

Nu landen steeds meer gedwongen worden om hun CO_2eq-uitstoot aan banden te leggen, komt kernenergie weer om de hoek kijken als “duurzaam” alternatief voor onze huidige fossiele grondstoffen. Op het eerste gezicht lijkt het inderdaad oplossingen te bieden voor het ambitieuze klimaatakkoord, er komt namelijk (vrijwel) geen CO_2eq vrij. Toch is kernenergie geen duurzame en hernieuwbare energiebron. Als gekeken wordt naar de CO_2eq-uitstoot van de hele productieketen, met name de delving en verrijking van uranium en het bijbehorende transport dan is kernenergie extreem energie-intensief en zijn de emissies dus hoog. Wie alle energiedragers eerlijk vergelijkt, over de hele productieketen, ziet dat kernenergie een vergelijkbare uitstoot heeft als een verouderde gascentrale[54]. Bovendien is kernenergie een stuk duurder dan vaak gedacht wordt[55]. Als je bij de ruwe kernenergiekosten de kosten voor het bouwen en het onderhoud van een centrale, de opslag van het radioactieve afval en de ontmanteling van de centrale aan het einde van zijn leven worden meegenomen, kost een kWh gemiddeld meer dan windenergie. Daarnaast is de voorraad uranium beperkt en ook daardoor is voor kernenergie geen plek in een duurzaam en hernieuwbaar energiesysteem. Indien wereldwijd op het huidige tempo doorgegaan wordt met het verbruiken van uranium dan volstaat de wereldvoorraad uranium nog voor 86 jaar[56]. Er wordt gewerkt aan een nieuwe generatie van kernreactoren, waaronder gesmolten zout reactoren die gebruik maken van thorium. Thoriumcentrales zouden alle voordelen van kernenergie hebben en veel minder nadelen. Zo is de verwachting dat er nauwelijks nog radioactief afval geproduceerd wordt en thoriumcentrales inherent veilig zijn. Geschat wordt echter dat de ontwikkeling van een dergelijke centrale nog minimaal 20 jaar duurt en vele miljarden zal kosten, te laat om substantieel bij te dragen aan de doelstellingen tot 2050[57].

Nederland zou een voortrekkersrol kunnen nemen in het verdere onderzoek naar de thoriumcentrale. Zo kan de techniek wellicht al tussen 2040 en 2050 beschikbaar komen, en kan Nederland daar ook economisch van profiteren. Daartegenover staat dat we niet op een onzekere, toekomstige techniek kunnen vertrouwen. We kunnen niet anders dan nu al flinke meters maken op basis van de huidige kennis en technieken.

31 TNO (2015) Geologische Dienst, Potentiekaart ondergrond aardwarmte http://www.thermogis.nl/basicviewer/ThermoGISBasic.html.
32 Wij gaan uit van een COP (Coëfficiënt Of Performance) van 1:4. Bron: https://www.tno.nl/nl/tno-insights/artikelen/warmtepomp-essentieel-voor-toekomst-zonder-aardgas/ . Het economisch potentieel van aquathermie in 2050 wordt geschat op 150 PJ per jaar. Bron: https://www.ce.nl/publicaties/2171/nationaal-potentieel-van-aquathermie
33 Studio Marco Vermeulen, 2019. Energielandschappen van de Toekomst; Zeeuwse Warmte en Koude. NederlandBovenWater
34 Wij gaan uit van een COP van 1:3. Bron: https://www.tno.nl/nl/tno-insights/artikelen/warmtepomp-essentieel-voor-toekomst-zonder-aardgas/
35 Van de in totaal 4.300 windturbines op de Noordzee zullen er 1.000 gebruikt worden om op de Noordzee direct waterstof te produceren. In totaal gaat het om 215 PJ elektriciteit dat direct op de Noordzee omgezet wordt in waterstof.
36 Een deel van deze windturbines zullen worden gerealiseerd op bestaande windturbinelocaties (retrofit) maar zullen deel uitmaken van een grid van nieuw te plaatsen windturbines.
37 Van de in totaal 2.300 bestaande windturbines zal een deel vervangen worden. Meer dan driekwart zal verdwijnen. Deze zijn volgens de eerder geformuleerde uitgangspunten niet op een gewenste locatie geplaatst.
38 Schattingen van de maximale potentie (100% geschikt dakoppervlak) van zonnepanelen op daken lopen uiteen van 250 PJ (Generation.Energy, 2018) tot 150 PJ (SEAC, 2017,). Wij gaan uit van een conservatieve schatting van 200 PJ maximale potentie voor zonnepanelen op daken. Hiervan benutten wij 50% van het dakoppervlak.
39 Innoveren met een missie, integrale kennis- en innovatie agenda voor klimaat en energie, 2019.
40 De maximale theoretische potentie wordt geschat op 100 PJ (Generation.Energy, 2018)
41 De maximale theoretische potentie wordt geschat op 54 PJ (Generation.Energy, 2018)
42 De maximale theoretische potentie wordt geschat op 82 PJ, waarvan 54 PJ op het IJssel-, Marker-, en andere grote meren. (SEAC,2017).
43 https://www.portofrotterdam.com/nl/nieuws-en-persberichten/zon-op-de-slufter
44 Uitgaande van een gemiddelde opbrengst van 0,013 PJ per km (RWS & SMV, 2017. Zonneroute A37) De maximale theoretische potentie is volgens een studie van het SEAC 100 PJ.
45 Zie ook: https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i18565/motie-in-tweede-kamer-om-tijdelijk-geen-nieuwe-zonneparken-op-natuur-en-landbouwgronden-toe-te-staan
46 De Coëfficiënt of Performance van elektriciteit naar waterstof door middel van elektrolyse is ongeveer 0,75. Dat wil zeggen dat 1 PJ elektriciteit 0,75 PJ waterstof oplevert.
47 Van deze 1.175PJ wordt er 215 PJ direct op de Noordzee geconverteerd naar waterstof. Daardoor staat in het schema 960 PJ elektriciteit opwek.
48 Het gaat naar schatting om 60 PJ restwarmte.
49 De Coëfficiënt of Performance van elektriciteit naar waterstof door middel van elektrolyse is ongeveer 0,75. Dat wil zeggen dat 1 PJ elektriciteit 0,75 PJ waterstof oplevert.
50 Biomassabeschikbaarheid in 2050 van de huidige bossen en landbouw wordt geschat tussen de 190 en 205 PJ. Om aan de totale biomassavraag te voldoen kan er biomassa worden aangeplant op land of op de Noordzee, bijvoorbeeld door het telen van zeewier. Bron: Natuur & Milieu (2018) Biomassavisie 2018; de rol van biomassa in een duurzame economie.
51 Planbureau voor de Leefomgeving (2017) Negatieve Emissies. Technisch potentieel, realistisch potentieel en kosten voor Nederland.
52 Energie en Ruime; Een nationaal perspectief (2017); Dirk Sijmons, FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten, POSAD Spatial Strategies, Studio Marco Vermeulen, NRGlab / Wageningen Universiteit, Vereniging Deltametropool
53 Groen gas op basis van mestvergisting. Mocht met de huidige veestapel alle mest in Nederland vergist en geconverteerd worden tot Groen Gas, dan kan hiermee bijna 60 PJ opgewekt worden. Bron: Sijmons, D., FABRIC, H+N+S, POSAD, NRGLab & SMV (2017). Energie & Ruimte. Rotterdam: Vereniging Deltametropool.
54 Frauenhofer, Levelised cost of electricity renewable energy technologies (2018)
55 Frauenhofer, Levelised cost of electricity renewable energy technologies (2018)
56 Natuur&Milieu, De Jong, P., 2018. Waarom kernenergie niet de oplossing is.
57 Turkenburg, W., (2015) Is er toekomst voor de gesmolten zout reactor? Universiteit Utrecht

2050: Een duurzaam en hernieuwbaar energie- en grondstoffensysteem

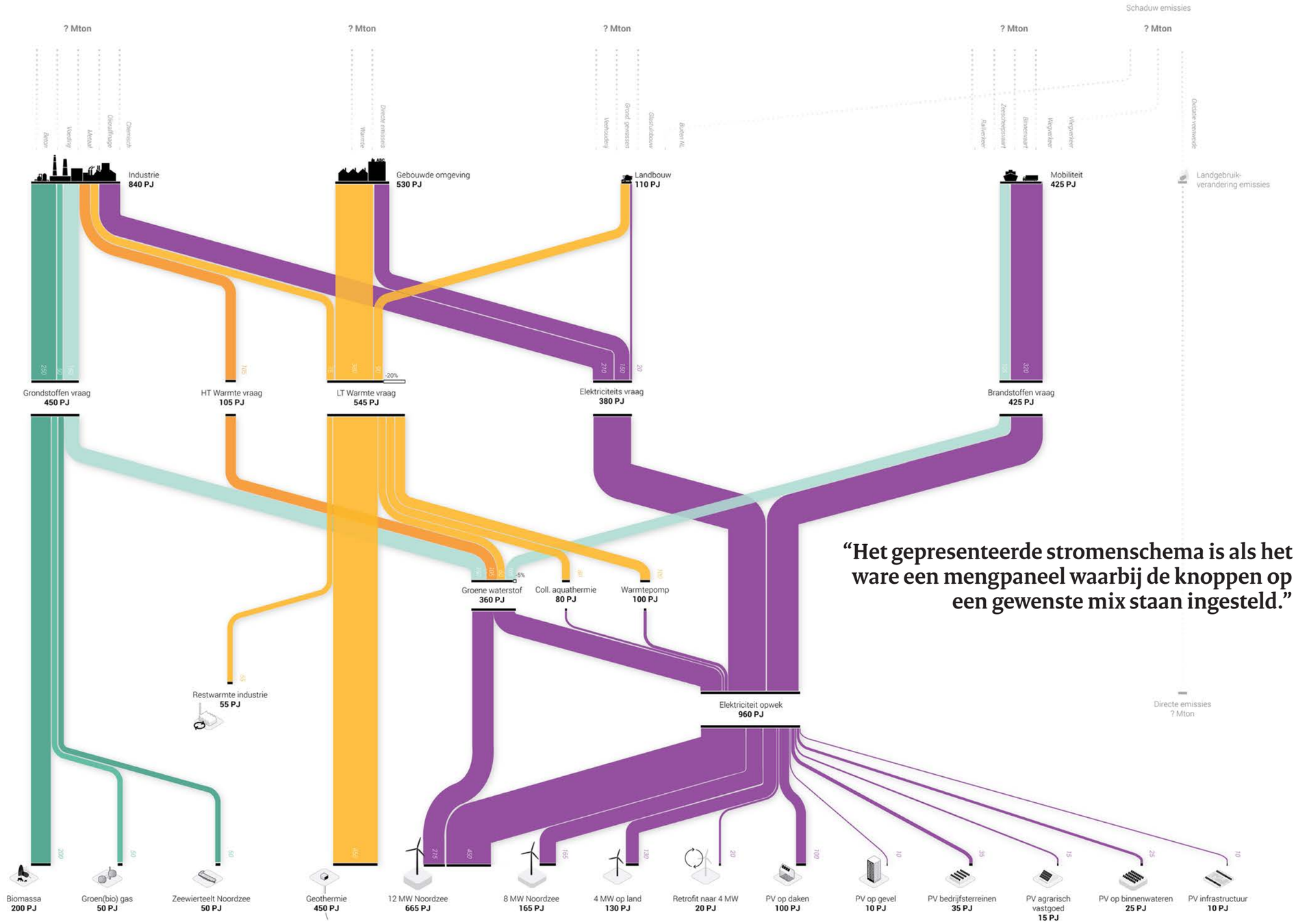
Door terug te redeneren vanuit de energievraag naar de commoditeit en energiebron is een energie- en grondstoffensysteem met zo min mogelijk conversieverliezen tot stand gekomen. Elke conversiestap gaat gepaard met verliezen, wat betekent dat er meer energie, en dus meer ruimte, noodzakelijk is. Met de focus op ketenoptimalisatie (van bron naar eindgebruik) wordt de exergetische potentie van hulpbronnen gemaximaliseerd[58]. De juiste bron wordt voor het juiste doel gebruikt. Zo wordt bijvoorbeeld waterstof (met een hoge exergetische potentie) niet of nauwelijks ingezet voor de laagwaardige warmtevraag van huishoudens of voor personenvervoer, maar juist voor de hoogwaardige warmtevraag van de industrie en als grondstof. Voor de laagwaardige warmtevraag bij onder andere huishoudens wordt daarom nadrukkelijk ingezet op een gelijkwaardige bron. En wordt grootschalig ingezet op geothermie, omdat dit een goed bijpassende warmtebron is van rond de 80°C - 90°C geschikt voor de warmtevraag van huidige warmteafgiftesystemen. Deze systeembenadering zorgt voor een zo ruimtelijk- en kostenefficiënt mogelijk systeem.

Het Sankey-diagram ontleedt de energiestromen in vijf sectoren, vijf energiedragers (biomassa, elektriciteit, waterstof, HT-warmte en LT-warmte) en vijftien energiebronnen. Theoretisch zal de CO_2eq-uitstoot hiermee nagenoeg nul zijn, maar gezien de directe emissies van bijvoorbeeld de veehouderij, zullen er toch enkele megatonnen CO_2eq in de atmosfeer vrijkomen. Hoeveel dit exact is, is onbekend. De verwachting is dat met deze energiemix en de opgesomde CO_2eq reductiemaatregelen die in het volgende hoofdstuk worden toegelicht, de doelstelling van 95% reductie gehaald zal worden. De schaduwuitstoot is met dit systeem nog niet opgelost. Het aanbod van energie en grondstoffen is gebaseerd op het theoretisch potentieel[59] en het ruimtelijk laadvermogen van land en zee. Hoe deze maatregelen ruimtelijk worden ingepast, wordt beschreven en verbeeld in hoofdstuk vijf.

Een duurzaam energie- en grondstoffensysteem kent meer variatie in aanbod en vraag. Voor een betrouwbaar systeem moet de leverings- en voorzieningszekerheid gewaarborgd blijven. Dit betekent een aanvullend flexibel vermogen, voldoende buffercapaciteit, opslagvoorzieningen en een optimale internationale connectiviteit om energiepieken en -dalen in het systeem op te vangen. ■

58 Exergie is de maximale hoeveelheid arbeid die uit een medium gewonnen kan worden bij het in evenwicht brengen met de omgeving.
59 Zie onder andere het rapport Berenschot (2018) Richting 2050: systeemkeuzen en afhankelijkheden in de energietransitie

Het energie- en grondstoffensysteem in 2050

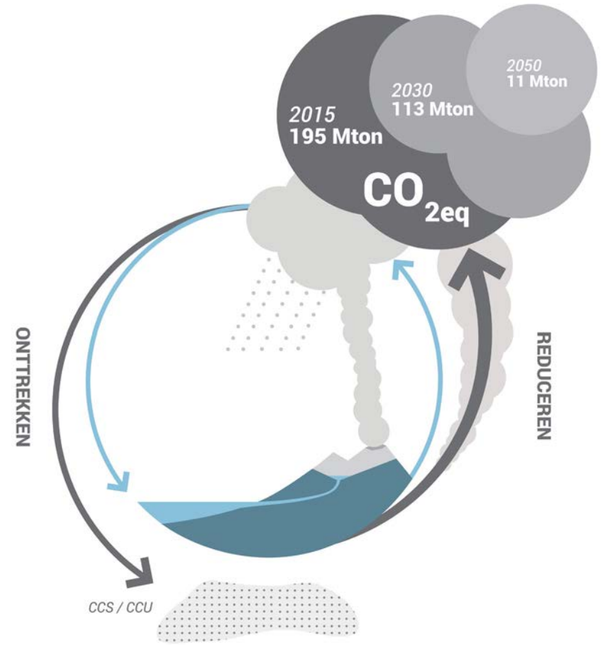


“Het gepresenteerde stromenschema is als het ware een mengpaneel waarbij de knoppen op een gewenste mix staan ingesteld.”

4

Reduceren en onttrekken

Via Parijs | een ontwerpverkenning naar een klimaatneutraal Nederland.



Afb. 17
De CO_2-eq cyclus

Dit hoofdstuk maakt inzichtelijk dat er naast de energietransitie ook nog andere reductiemaatregelen zijn om het aandeel broeikasgassen in de atmosfeer te verminderen.

Grofweg zijn maatregelen om broeikasgassen te verminderen onder te verdelen in twee categorieën, het reduceren van de uitstoot van CO_2eq, en het onttrekken van CO_2eq aan de atmosfeer.

Het **reduceren** van de CO_2eq-uitstoot van het energiesysteem kan door zuiniger om te gaan met fossiele energie of door om te schakelen naar een energiesysteem zonder schadelijke emissies. Ook verminderen wij onze uitstoot door minder vervuilend te reizen, minder hard te rijden of het veevoeder aan te passen van onze melkveehouderij, zodat de koeien minder methaangas uitstoten. In het Klimaatakkoord zijn verschillende reductiemaatregelen beoordeeld op hun effectiviteit, maatschappelijke kosten en baten, en technische haalbaarheid. Het Planbureau voor de Leefomgeving heeft deze reductiemaatregelen doorgerekend[60].

De mogelijkheden om broeikasgassen te **onttrekken** uit onze atmosfeer zijn minder bekend bij de maatschappij. De natuur zorgt zelf voor benutting van CO_2 via een aantal methoden. Fotosynthese is er daar één van. Met behulp van licht, water, mineralen en CO_2 maken planten koolhydraten aan. Hiervoor wordt door de planten CO_2 uit de atmosfeer onttrokken. Bossen, weiden, veen, de Noordzee, allen zijn een natuurlijke vorm van CO_2-opslag. Als planten verrotten of verbranden komt deze opgeslagen CO_2 weer vrij. Maar door er bijvoorbeeld bouwmaterialen of biobased producten van te maken kan de CO_2 juist voor langere tijd worden vastgelegd. Ook de natuur zelf stoot CO_2 uit door veranderende omstandigheden. Zo komt door verdroging van veen in Nederland 7 Mton CO_2eq per jaar vrij[61], ongeveer evenveel als de uitstoot van de gehele glastuinbouwsector. Omgekeerd kan juist het vernatten van veenweidengebieden een enorme vermindering betekenen van de uitstoot. Het aanplanten van bossen of het aanleggen van zeewiervelden in de Noordzee zorgt ook voor extra vastlegging van CO_2.

Op de volgende twee pagina's worden de belangrijkste maatregelen om CO_2 te reduceren en te onttrekken geïntroduceerd. Naast de maatregelen van het Klimaatakkoord zijn er ook maatregelen geformuleerd afkomstig uit het boek 'Drawdown'. In dit boekwerk komen de 100 meest effectieve oplossingen om klimaatontwrichting te keren aan bod. De ruimtelijke consequenties van deze maatregelen worden in hoofdstuk 5 in beeld gebracht.

"Bossen, weiden, veen, de Noordzee, allen zijn een natuurlijke vorm van CO_2-opslag."

Drawdown; het meest veelomvattende plan ooit om klimaatontwrichting te keren.

De maatregelen geformuleerd in dit boek zijn gebaseerd op nauwgezet onderzoekswerk door wetenschappers en beleidmakers over de hele wereld[62]. Hoewel deze maatregelen duidelijk zijn onderbouwd zijn zij niet specifiek toegespitst op de Nederlandse situatie zoals de maatregelen uit het Klimaatakkoord. Ze geven echter wel een 'orde van grootte' aan over hoe effectief bepaalde maatregelen kunnen zijn. Dit is belangrijk om de effectiviteit van maatregelen met elkaar te vergelijken en hierop te kunnen sturen.

Afb. 18
Mangrovebossen in Bonaire. Het behoud van de mangroves kan verdere CO_2-emissies voorkomen en toekomstige CO_2-opslag verzekeren.

60 PBL (2018); Kosten energie- en klimaattranstie 2030 – update 2018.
61 Wageningen University & Research, 2018. Veenweiden verantwoordelijk voor groot deel CO_2-uitstoot
62 Hawken, P., et al., (2017) Drawdown, het meest veelomvattende plan ooit om klimaatontwrichting te keren.

De beste CO_2-kiloknaller deals



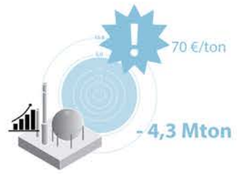
zuinige banden



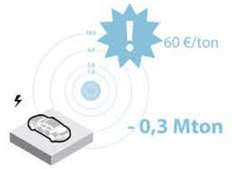
LED verlichting glastuinbouw



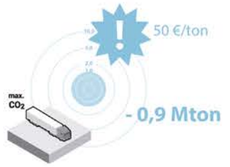
recycling industrie



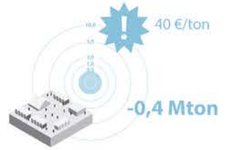
procesefficiëntie industrie



stimuleren elektrische personenauto's



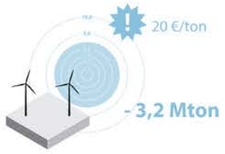
CO2-norm vrachtwagens



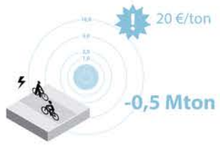
voetgangervriendelijke steden



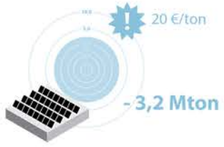
A+++ apparaten



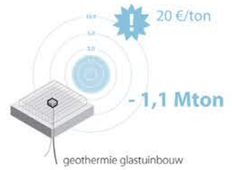
+50 PJ wind op land



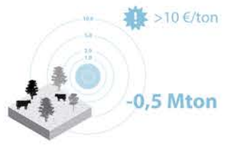
elektrische fietsen



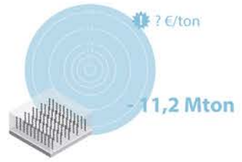
+25 PJ zonnevelden



geothermie glastuinbouw



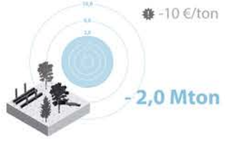
bosbeweiding



zeewierteelt Noordzee



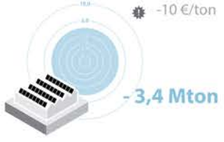
herstel mangrovebossen



slim bosbeheer



teelt tussen bomen



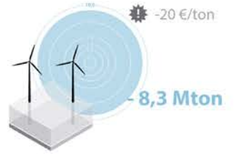
zonPV op bedrijven



aanplant naaldbossen op open zandgronden



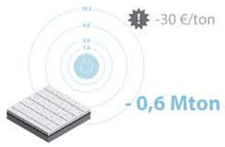
hogesnelheidslijnen



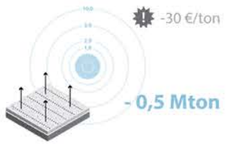
+75 PJ wind op zee



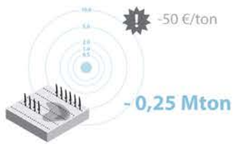
aanplant vochtige loofbossen op veengrond



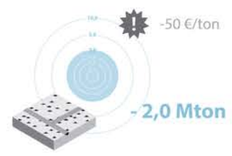
peilfixatie



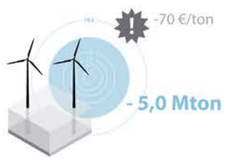
passieve vernatting



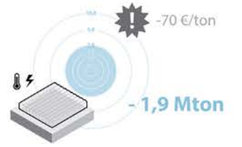
landbouwgrond naar natte landbouw



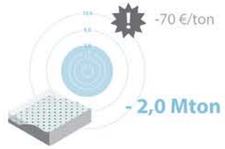
vernatten 50% veenweidengebieden



+75 -150 PJ wind op zee



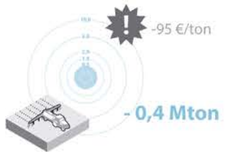
glastuinbouw als energiebron



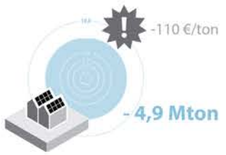
vervaning ophoogzand voor olivijn



CCS industriële emissies



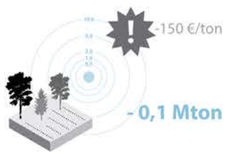
precisiebemesting



zonPV op woningbouw



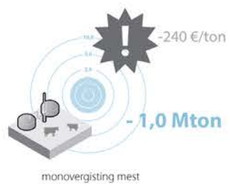
rantsoenaanpassing melkvee



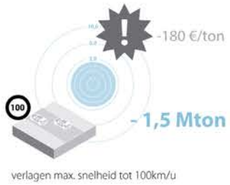
landbouwgrond naar natuur



> +150 PJ wind op zee



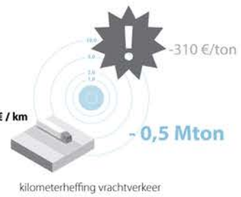
monovergisting mest



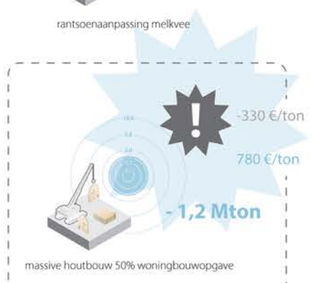
verlagen max. snelheid tot 100km/u



warmtekoudewinning bedrijven



kilometerheffing vrachtverkeer



massive houtbouw 50% woningbouwopgave



nul-op-de-meterrenovatie



e.warmtepomp/zonneboiler

Wat zien we hier?

Om de verschillende maatregelen te kunnen vergelijken, passen we de volgende rekenmethode toe. We delen de initiële kosten voor het implementeren van de maatregel door de verminderde of onttrokken uitstoot over de hele levensduur. Vervolgens rekenen we deze factor toe naar euro per ton vermeden of onttrokken CO_2eq. De kosten of opbrengsten gelden voor de Nederlandse samenleving als geheel. Hoe groter de blauwe ster, hoe groter de maatschappelijke opbrengst is. Hoe grotere de grijze ster, hoe groter de maatschappelijke kosten. Daarnaast staat per maatregelen de totale (theoretische) potentie in megaton (Mton) verbeeld. Hoe groter de cirkel in het diagram, hoe meer CO_2eq vermeden of onttrokken wordt. De maatregelen staan op volgorde van meest naar minst kosteneffectief.

Kijken we bijvoorbeeld naar de maatregel om zuinige banden te stimuleren voor personenauto's, in het diagram linksboven verbeeld, dan kost dit in eerste instantie geld om nieuwe banden aan te schaffen. Maar doordat er minder brandstof wordt verbruikt wordt op de lange termijn juist geld bespaard, in totaal 280 euro per ton vermeden CO_2. Wordt deze maatregel ingevoerd, dan kan 0,6 Mton CO_2eq vermeden worden.

Een ander voorbeeld is de nul-op-de-meter renovatie. Dit is een combinatie van verschillende maatregelen zoals vergaande isolatie, zon-PV, warmteterugwinning, etc. Hier kunnen we de uitstoot van CO_2eq, theoretisch met wel 12 Mton enorm terugdringen. Kosteneffectief is deze maatregel echter niet, in ieder geval niet voor een groot deel van de bestaande woningvoorraad. In totaal kost het 400 euro per ton vermeden CO_2eq om op deze manier onze uitstoot terug te dringen.

maatschappelijke baten uitgedrukt in euro per ton gereduceerde CO_2eq.

maatschappelijke kosten uitgedrukt in euro per ton gereduceerde CO_2eq.

hoeveelheid CO_2eq gereduceerd of opgeslagen in Mton per jaar.

maatregelen die op de volgende bladzijde verder worden toegelicht.

Afb. 19
Zeewierteelt

Afb. 20
Olivijn als vervanging van ophoogzand

Afb. 21
Transformatie landbouw naar natte landbouw

Afb. 22
Bosbeweiding

Afb. 23
Vernatten veen-weidengebieden

Afb. 24
Aanplant loofbossen

Afb. 25
Massieve houtbouw in woontoren HAUT. Ontwerp: Team V Architectuur, 2019.

Afb. 26
Stedelijke verdichting en fietsvriendelijke steden. Ontwerp: Norman Foster, 2014.



19



20



21



22



23



24



25



26

Integrale oplossingen

De volgende acht kansrijke maatregelen voor CO_2 reductie en onttrekking hebben tegelijkertijd meerwaarde op andere vlakken. Het zijn integrale oplossingen, die niet alleen bijdragen aan de doelstellingen voor 2050, maar tegelijkertijd een positieve bijdrage leveren aan de ruimtelijke diversiteit en kwaliteit van Nederland, aan de grondstoffenvoorziening voor de biobased economy of aan de woningbouwopgave en/of voedselvoorziening.

Zeewierteelt als vervanging van dierlijke eiwitten
Zeewier heeft veel potentie als grondstof voor de industrie en als voedingsbron. Met name het laatste kan een enorme impact hebben op de huidige CO_2eq-balans[63]. Als de ruimte tussen de windturbines op de Noordzee wordt gebruikt, dan is er theoretisch ruimte voor 7.500 km^2 zeewierteelt. Als wij anders gaan eten en onze dierlijke eiwitten vervangen door plantaardige eiwitten uit deze zeewiervelden, dan reduceren wij onze jaarlijkse uitstoot met 11,2 Mton[64]. Verschillende proeven zijn al gestart op de Noordzee om zeewierteelt te combineren met het opwekken van offshore windenergie[65].

Olivijn als vervanging van ophoogzand voor kustverdediging.
Verschillende silicaten, zoals olivijn of serpentijn, reageren met CO_2 en vormen daarbij stabiele carbonaten. Dit is een natuurlijk proces waardoor CO_2 kan worden vastgelegd. De snelheid van CO_2 vastlegging van dit natuurlijke proces is zeer laag, maar door het te vergruizen kunnen in potentie grote hoeveelheden CO_2 worden vastgelegd[66]. Voor Nederland lijkt de vervanging van ophoogzand voor kustverdediging door olivijn een realistische optie[67]. Doen wij dit voor een kwart van onze stranden, dan kan olivijn theoretisch 1,2 Mton CO_2eq per jaar opslaan.

Transformatie veenweide naar natte landbouw
De transitie van veehouderijen op veenweidegebied naar natte landbouw voorkomt verdere oxidatie van veen en de daarbij gepaard gaande uitstoot van CO_2. Door niet (of minder) te bemalen wordt tegelijkertijd bodemdaling tegengegaan. Deze maatregel zal naar verwachting geleidelijk verlopen vanwege de economische en waterhuishoudkundige impact[68]. Het Planbureau voor de Leefomgeving gaat uit dat een realistisch tempo voor deze transformatie 200 tot 500 hectare per jaar omvat, wat resulteert in 15.000 hectaren natte landbouwgronden in 2050. Binnen de landbouw is het ontwikkelen van natte teelten op den duur een reële optie. Voorbeelden van alternatieve natte teelten zijn lisdodde (rietsigaren), veenmos, wilde rijst, cranberry's en kroosvaren[69].

Vernatten veenweidengebieden
Door peilfixatie/passieve vernatting blijft het grondwaterpeil op een vast niveau en komt deze dichter bij het oppervlak. De emissies door oxidatie van veen nemen daardoor ook af. Een waterpeil van 20cm onder het maaiveld wordt beschouwd als optimaal voor het reduceren van broeikasgassen[70]. De emissiereductie is becijferd op 0,5 Mton, uitgaande dat 140.000 hectaren passief worden vernat[71]. Implementatie kan snel en eigenlijk overal in het veengebied plaatsvinden. Wordt de helft van alle veenweidegebieden vernat, dan wordt jaarlijks 2 Mton CO_2 in de grond gehouden.

Bosbeweiding
Door bomen op graasgebieden te planten ontstaat er een wisselwerking tussen dier (mest) en planten (veevoeder). Deze symbiotische landbouwmethode is gunstig voor zowel productie als CO_2-vastlegging[72]. Bosbeweiding draagt bij aan een gezond en weerbaar landbouwsysteem, met een hoger dierenwelzijn, hogere biodiversiteit, betere waterhuishouding en gezondere bodem. Daarnaast kan het aanplanten van bomen bijdragen aan de ruimtelijke diversiteit en kwaliteit van een gebied. Theoretisch kan de reductie in Nederland ongeveer 0,5 Mton[73] bedragen.

Aanplant loofbossen en slim bosbeheer
De Nederlandse bos- en houtsector wil de komende drie decennia 100.000 hectaren nieuw bos in Nederland creëren[74]. Dit leidt geleidelijk tot een toename van de vastlegging van CO_2 in bossen. In 2050 zouden deze nieuwe bossen ca 1,3 Mton per jaar onttrekken[75]. De hoeveelheid CO_2 die kan worden vastgelegd hangt af van een aantal factoren[76] zoals het type boom dat wordt aangeplant, de grondsoort, het beoogde beheer en de snelheid van de bosuitbreiding.
Door 'slim' bosbeheer (meer aanplant en kap van snelgroeiende boomsoorten) worden bestaande bossen productiever. Als aanvullend ook het geproduceerde hout duurzaam wordt gebruikt, in bijvoorbeeld de woningbouwsector, neemt de hoeveelheid vastgelegde koolstof toe. Geschat wordt dat door slim bosbeheer over een langere periode (tot 2050) gemiddeld 2 Mton[77] jaarlijks kan worden vastgelegd.

Massieve houtbouw als CO_2 opslag
Voor vrijwel alle gebouwdelen bestaan biobased alternatieven zoals houtwol voor isolatie en hennepvezel en vlas in biocomposieten elementen. Maar vooral het gebruik van massief hout als materiaal voor het casco; de wanden, vloeren, trappen en daken, biedt grote kansen. Gezien de immense woningbouwopgave -de realisatie van één miljoen nieuwbouwwoningen de komende 20 jaar- kan een massieve houtbouwstrategie een belangrijke maatregel blijken. Als we uitgaan dat de helft van de woningbouwopgave met massieve houtbouw wordt gerealiseerd, kan hierdoor jaarlijks 1,2 Mton CO_2eq opgeslagen worden. Daarnaast wordt in totaal 55 Mton aan CO_2-uitstoot vermeden doordat er geen betonproductie nodig is.

Stedelijke maatregelen / voetgangers-vriendelijke steden
Maatregelen die in de stad genomen kunnen worden om de CO_2-reductie opgave te halen betreffen bijvoorbeeld het reduceren van mobiliteit, zoals het beperken van de noodzaak tot reizen, en het verhogen van de mogelijkheden op loop- en fietsafstand. Wanneer de toekomstige woningbouwopgave op een slimme manier wordt ontworpen, kan dit een reductie van mobiliteit tot gevolg hebben van 10 tot 15 PJ[78]. Dit effect kan nog versterkt worden wanneer bestaande wijken worden verdicht en er meer draagvlak ontstaat voor voorzieningen en openbaar vervoer op loop- en fietsafstand, waardoor niet alleen de bewoners van nieuwbouw, maar ook van bestaande bouw minder CO_2 uitstoten door mobiliteit. Het uitbreiden en verbeteren van de fietsinfrastructuur draagt hier verder aan bij. Veel van de maatregelen die onze steden en dorpen duurzamer maken, zorgen tegelijkertijd voor meer levendigheid. ■

63 Innoveren met een missie, integrale kennis- en innovatiagenda voor klimaat en energie, 2019.
64 Uitgaande dat tien ton nat zeewier gelijk staat aan één ton opgenomen CO_2. Uitgaande van zeewierproductie als vervanging van rundvlees door plantaardige proteine. Bron: Innoveren met een missie, integrale kennis- en innovatiagenda voor klimaat en energie, 2019.
65 Bron: Stichting Noordzeeboerderij
66 PBL (2018); Kosten energie- en klimaattranstie 2030 – update 2018.
67 Montserrat et al., 2017. PBL (2018); Kosten energie- en klimaattranstie 2030 – update 2018.
68 PBL (2018); Kosten energie- en klimaattransitie 2030 – update 2018
69 Bromet,. L. & De Groot, T., (2019) Veen red je niet allen; initiatiefnota over natuur en klimaat in het veenweidegebied.
70 Zie ook http://stuurgroepgroenehart.nl/publish/pages/301273/juli_2019_-_sant_en_co_fabrications_-_groene_hart_-_ontwerpend_onderzoek_-_rapport_def.pdf
71 Planbureau voor de Leefomgeving (2019) Effecten ontwerp Klimaatakkoord.
72 Hawken, P., et al., (2017) Drawdown, het meest veelomvattende plan ooit om klimaatontwrichting te keren.
73 De cijfers bij deze maatregel zijn gebaseerd op wereldwijde data en niet toegespitst op de Nederlandse verhoudingen en zijn daarom minder nauwkeurig.
74 CE Delft (2017) MKBA 100.000 hectare extra bos in Nederland.
75 Pulselli et al. 2019. Dr. Riccardo Pulselli berekent dat 1 hectare aan gezond bos ongeveer 13 ton CO_2-uitstoot compenseert. Dat is dus 1,3 Mton bij 100.000 ha)
76 Gebaseerd op cijfers uit de studie: Zuid-Houtland, gepubliceerd in Regio van de Toekomst; schetsen voor de Nationale Omgevingsvisie. BNSP & NVTL, 2019.
77 PBL (2018); Kosten energie- en klimaattransitie 2030 – update 2018.
78 Zie voor een meer gedetaillerde uitwerking van deze principes de bijdrage van Fabrications in het rapport: Ruimte in het Klimaatakkoord, bladzijden 45-46.

Doeltreffend naar Parijs 2050

Via Parijs | een ontwerpverkenning naar een klimaatneutraal Nederland.

Afb. 27
Aanleg van het gasnetwerk in 1963.

Dit hoofdstuk toont in vier stappen hoe het gewenste energie- en grondstoffensysteem tot stand zou kunnen komen; doeltreffend naar Parijs 2050 en daar voorbij. Per energiedrager wordt beredeneerd waar de ruimtelijke componenten van de energie-productie, -opslag en -distributie, kunnen landen.

Op de komende bladzijden komen achtereenvolgens de energiesystemen voor warmte, elektriciteit, waterstof en biomassa aan bod. Vervolgens worden de thema's circulaire landbouw & eiwittransitie en verstedelijking & mobiliteit met bijbehorende CO_2 reductiemaatregelen toegelicht. Aan de hand van geografische kenmerken (waar waait het hard, waar schijnt de zon het meest, waar is de geothermische potentie van de ondergrond het hoogst) worden de ruimtelijke componenten over Nederland en de Noordzee verdeeld. Altijd rekening houdend met de omgevingskwaliteit en regionale identiteit. Dit leidt tot een compleet beeld waarin de verschillende systeemonderdelen een logische en passende plaats hebben gevonden.

Het ruimtelijk casco

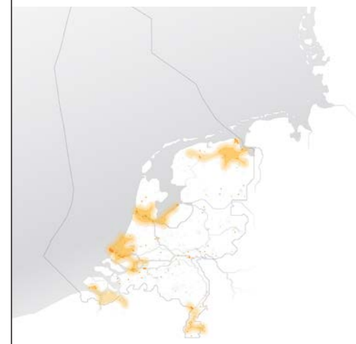
Nederland beschikt al over een uitstekend raamwerk om de transitie te accommoderen. Robuuste (internationale) netwerken voor de levering van olie en aardgas hebben Nederland een internationale concurrentiepositie bezorgd in de petrochemie. Dat geldt nu voor olie en aardgas, en in de toekomst ook voor duurzame energie en biobased grondstoffen. Zo ook zullen robuuste (internationale) netwerken voor de levering van waterstof, elektriciteit, warmte, CO_2 en biomassa randvoorwaardelijk zijn voor de ontwikkeling van de biochemie.

Voor een deel van de toekomstige stromen kan gebruik gemaakt worden van bestaande infrastructuur. Ook in andere leidingstroken is vaak nog ruimte om nieuwe stromen te accommoderen. Voor veel van de systemen geldt dat opschaling leidt tot een robuuster en efficiënter systeem. Bundeling van deze systemen en bijbehorende infrastructuren maakt ruimtelijke inpassing eenvoudiger en veelal mogelijk in bestaande leidingtracés of langs snelwegen. Daarmee ontstaat het beeld dat de ruimtelijke geografie van toekomstige stromen van duurzame energie en grondstoffen grotendeels samenvalt met de huidige geografie van fossiele stromen. Ook bestaande voorzieningen zoals diepzeehavens en overslagpunten zullen opnieuw zwaartepunten blijken in deze netwerken.

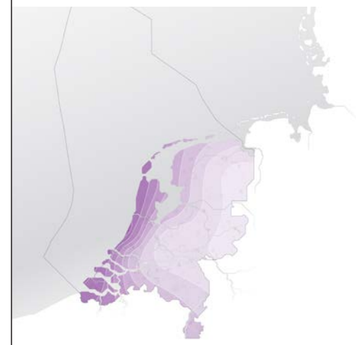
Op de komende bladzijden zullen per 'stroom' de ruimtelijke componenten een plaats krijgen op de kaart. Elke paragraaf zal beginnen met een korte inleiding, een toelichting op de systeemarchitectuur, een beschrijving van de kaart en een ooghoogte impressie hoe dit systeem er in de toekomst uit kan zien.



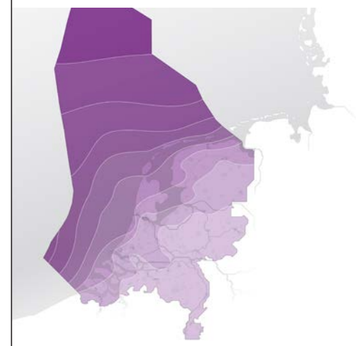
Afb. 28
Geothermische potentie



Afb. 29
Restwarmte potentie



Afb. 30
Potentie zoninstraling



Afb. 31
Potentie windsnelheid

Potentie warmte opwekking
Potentie elektriciteitsopwekking

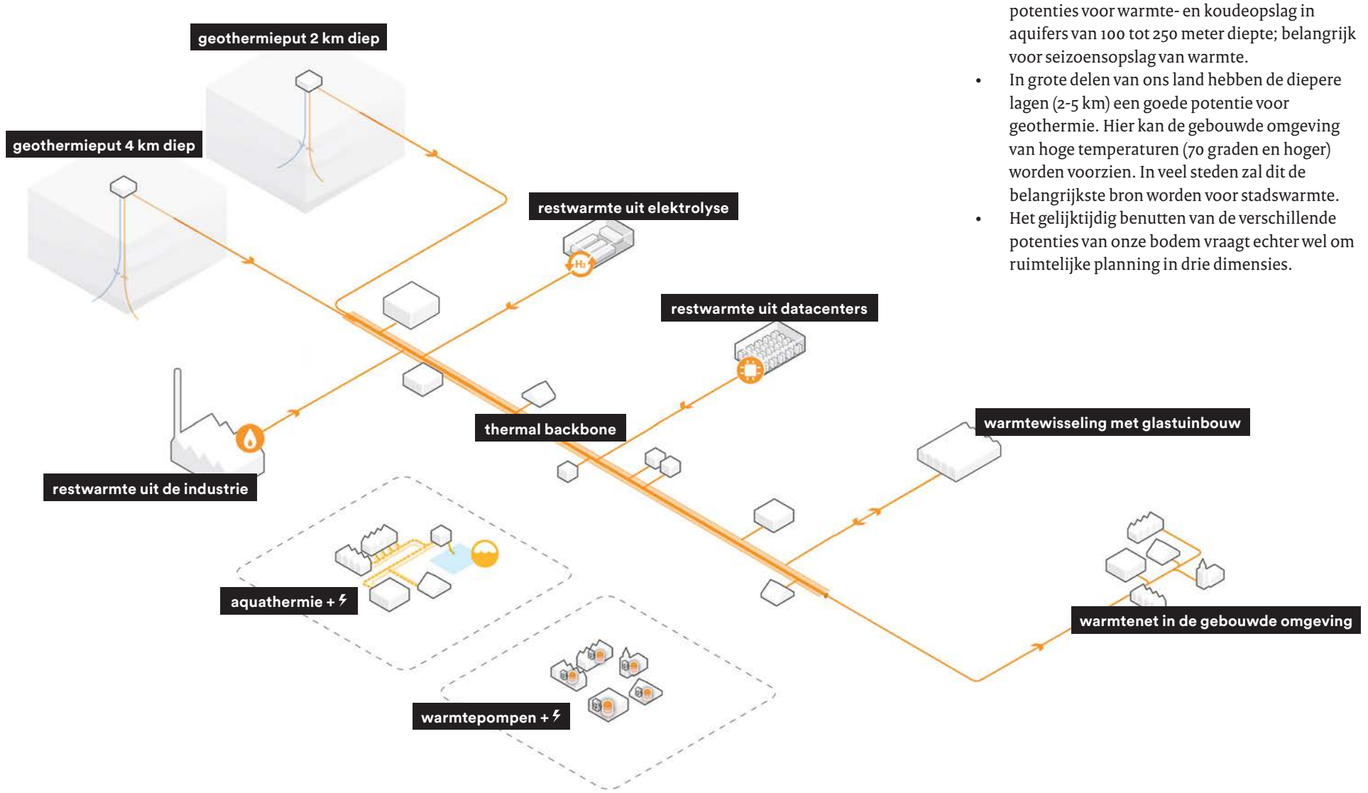
5.1 Warmte

Het ruimtelijk narratief begint met het warmtesysteem. Hoe meer er direct met hernieuwbare warmte opgelost kan worden, des te minder elektriciteit er opgewekt hoeft te worden ten behoeve van de warmtevoorziening. Daarmee kan ook de visuele impact beperkt blijven.

De behoefte aan warmte beslaat meer dan een derde van onze totale energie- en grondstoffenvraag in 2050. De energietransitie op het gebied van warmte is extra gecompliceerd door het verschil in hoge en lage temperatuur warmtevraag. Een aanzienlijk deel van de lage temperatuur warmtevraag kan door grootschalig en collectief opgewekte warmte uit geothermie worden ingevuld. In delen van Nederland, vooral Zuid-Holland, Limburg en de noordelijke provincies, bevinden zich goed doorlaatbare aardlagen en breuklijnen in de aardkorst[79]. Via *thermal backbones*[80] en warmtenetten wordt deze warmte naar de eindgebruikers getransporteerd. Voor gebieden met een geconcentreerde warmtevraag (stedelijk gebied en glastuinbouw) lijken warmtenetten de meest kostenefficiënte oplossing. De hoge temperatuur warmtevraag kan door middel van waterstof worden ingevuld. Waar deze (groene) waterstof geproduceerd komt in hoofdstuk 5.3 aan bod.

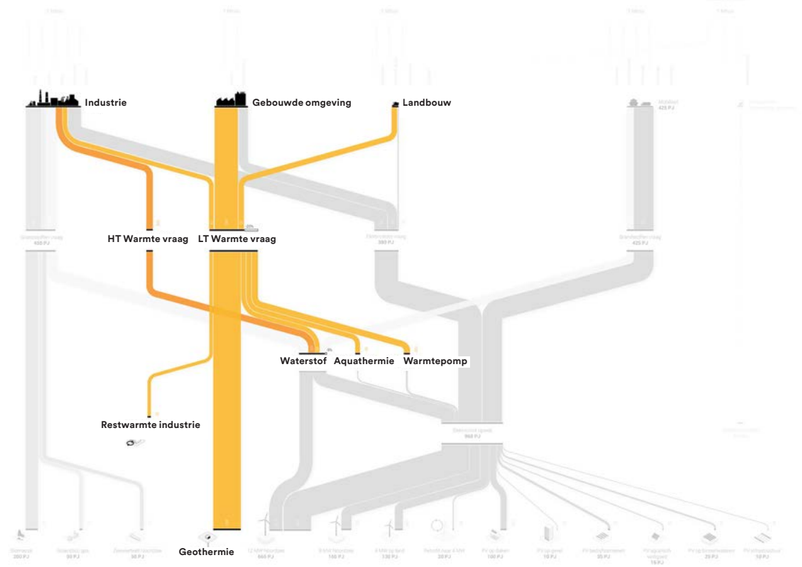
Voor een optimaal functioneren van een collectief warmtenet is het van belang dat de warmte die wordt opgewekt efficiënt wordt gebruikt. Er dient gestreefd te worden naar een 'open warmtenet'. Dat maakt sturing beter mogelijk, en zorgt ervoor dat warmtenetten op termijn door meerdere bronnen en verschillende producenten kunnen worden gevoed waardoor de leveringszekerheid toeneemt. Er kan dan mogelijk een warmtemarkt ontstaan waarbij de consument kan kiezen uit leveranciers. Voor de robuustheid van het netwerk is het van belang om deze infrastructuur te dimensioneren op toekomstig gebruik.

Systeemarchitectuur warmte



Ruimtelijke componenten:

Het warmtesysteem bestaat grotendeels uit ondergrondse componenten. Warmte zal voor het merendeel uit geothermiedoubletten komen. Deze warmte wordt via grote buisleidingen, de thermal backbones, getransporteerd. Restwarmte uit de industrie zal ook via deze leidingen worden getransporteerd. Daarnaast zal restwarmte dat ontstaat tijdens het elektrolyseproces, voor de productie van waterstof, de backbone voeden. Warmtevragers zoals de gebouwde omgeving en glastuinbouwsector zijn zoveel mogelijk aan deze aanbieders verbonden. Het is van belang dat dit een bi-directioneel netwerk is, waar meerdere warmteleveranciers warmte kunnen leveren. Waar dit niet mogelijk is zullen losse systemen zoals collectieve aquathermie of (collectieve) warmtepompen in de warmtebehoefte voorzien.



Afb. 32
Het onderdeel warmte in het totale energiesysteem voor 2050. Voor het totale overzicht zie bladzijde 46.

De Nederlandse bodem is bijzonder geschikt om een duurzaam energiesysteem te ondersteunen, vooral als het gaat om onze warmtevoorziening.

- De constante temperatuur rond 11 graden in ondiepe lagen geeft natuurlijke mogelijkheden voor passieve koeling en voorverwarming; actief kan er gebruik van worden gemaakt middels warmtepompen en bodemlussen.
- Als deltaland heeft Nederland zeer goede potenties voor warmte- en koudeopslag in aquifers van 100 tot 250 meter diepte; belangrijk voor seizoensopslag van warmte.
- In grote delen van ons land hebben de diepere lagen (2-5 km) een goede potentie voor geothermie. Hier kan de gebouwde omgeving van hoge temperaturen (70 graden en hoger) worden voorzien. In veel steden zal dit de belangrijkste bron worden voor stadswarmte.
- Het gelijktijdig benutten van de verschillende potenties van onze bodem vraagt echter wel om ruimtelijke planning in drie dimensies.

Optimaal benutten van de potentie van de ondergrond

Behalve dat geothermie een kosteneffectieve vorm van duurzame energiewinning is, heeft geothermie nog een ander belangrijk voordeel: de zichtbare ruimtelijke impact is minimaal. Dit in tegenstelling tot de ruimtelijke en landschappelijke impact van windturbines, pv-cellen en zonnecollectoren. De meeste infrastructuur voor geothermie bevindt zich ondergronds en ook de bovengrondse behuizing van de warmtewisselaars (geothermiestations) is nog geen 100m² groot. Een ander voordeel is dat er geen concurrentie ontstaat met ander vormen van landgebruik zoals voedselproductie. En hoewel hier nog nader onderzoek naar gedaan moet worden, lijkt geothermie ook veel minder aardbevingsgevoelig, omdat het gebruikte grondwater ook weer teruggepompt wordt en er nauwelijks drukverschillen in de ondergrond ontstaan. Omdat het een gesloten systeem betreft lijkt ook de mogelijke impact op de ecologie van de ondergrond en het grondwater beperkt[81]. Daarmee is er op al deze aspecten ook minder maatschappelijke weerstand te verwachten waardoor een grootschalige implementatie mogelijk is en voorstelbaar wordt.

Het op grote schaal kunnen benutten van aardwarmte vraagt echter wel om coördinatie. De bronnen moeten namelijk onderling op minimaal 1,5 kilometer afstand liggen om niet in elkaars invloedssfeer te komen waardoor het rendement wordt verlaagd. Bij teveel onderlinge afstand wordt de beschikbare aardwarmte niet optimaal benut en is het transportnetwerk minder efficiënt.

"We streven naar een open, publiek, warmtenet, waar meerdere warmte-leveranciers op kunnen aantakken."

Onzekerheden van geothermie.

Er is nog relatief weinig bekend van de ondergrond. De (globale) inschattingen van de permeabiliteit van de bodem en daarmee de capaciteit voor geothermie van verschillende delen van Nederland lopen ver uiteen. Daarnaast bestaan zorgen over het benutten van de bodem, onder andere naar aanleiding van de recente aardbevingen in Groningen als gevolg van aardgaswinning. Ook bestaat de angst dat winning van geothermische energie de zoetwaterwinning beïnvloed. Omdat winning van geothermie volgens andere principes plaatsvindt dan aardgaswinning is vooralsnog onduidelijk of deze zorgen terecht zijn. Nader onderzoek is hiervoor nodig.

79 TNO (2015) Geologische Dienst, Potentiekaart ondergrond aardwarmte http://www.thermogis.nl/basicviewer/ThermoGISBasic.html.
80 Studio Marco Vermeulen, PBL, CRa & Ministerie I&M (2016) Dutch Smart Thermal Grid; Strategie voor de verduurzaming van de warmtevoorziening
81 Studio Marco Vermeulen, PBL, CRa & Ministerie I&M (2016) Dutch Smart Thermal Grid; Strategie voor de verduurzaming van de warmtevoorziening



Warmte in 2030

Dat een landsdekkend warmtenetwerk er niet op korte termijn is, is duidelijk. Voor het transport van warmte over lange afstand is er behoefte aan een volledig nieuw netwerk. Het lijkt logisch om voor de plaatsing van nieuwe leidingen gebruik te maken van bestaande buisleidingenstroken waar nog voldoende ruimte is voor nieuwe leidingen. Waar vraag en aanbod van warmte dicht bij elkaar ligt zoals in Zuid-Holland en Noordoost Groningen, kan snel gestart worden met de aanleg van geothermieputten en warmtenetten. De eerste lange afstand koppelingen zullen gemaakt worden tussen regio's met een grote warmtevraag en regio's met een groot warmteoverschot. De regio Amsterdam heeft bijvoorbeeld een grote warmtevraag, maar weinig geothermische potentie. De regio Noord-Holland Noord heeft echter wel veel warmte beschikbaar in de ondergrond. Het lijkt logisch dat deze regio's warmte met elkaar zullen uitwisselen. Deze eerste koppelingen maken de weg vrij voor verdere aantakking van andere regio's. De afstand tussen bron en afnemer is immers verkleint door de aanleg van de eerste koppelingen met buisleidingen. Dit principe van een groeiend netwerk kan worden vergeleken met het ontstaan van het rijkswegennetwerk. In de jaren 30 ontstonden de eerste punt naar punt wegverbindingen. Anticiperend op de massamotorisatie in de jaren '70 werd begonnen met de aanleg van een (West-Europees) netwerk van E-wegen. Nu vormen deze wegen geen punt naar punt verbindingen meer, maar zijn het loops geworden waaraan steden worden aangetakt. Sindsdien creëert het snelwegennetwerk een aantrekkelijk vestigingsklimaat en is het randvoorwaardelijk voor groei en verstedelijking.

Een systeem met een hiërarchische opbouw is ook een wenselijk perspectief voor het warmtenetwerk. Dit vraagt om een sterke planning en regie op nationaal niveau en op de korte termijn. Een belangrijk verschil met het rijkswegennet is dat we geen 100 jaar de tijd hebben voor realisatie en organische groei.

In gebouwde omgevingen die zich op korte afstand van oppervlaktewater bevinden is er ook potentie voor het collectief toepassen van aquathermie. Middels warmtepompsystemen kan warmte en koude worden gehaald uit het oppervlaktewater, maar ook uit afvalwater en drinkwater. Verkennende berekeningen laten zien dat hier grote potentie voor bestaat[82]. Het jaarrond gebruik maken van oppervlakte water als warmtebron levert niet alleen duurzame warmte op maar tegelijkertijd nog aan aantal andere voordelen. Met het onttrekken van warmte aan oppervlaktewater verbetert de waterkwaliteit en wordt de temperatuur in stedelijke omgevingen in de zomer gereduceerd.



Afb. 33
Wegennet in 1935, punt naar punt.



Afb. 34
Wegennet in 1975, rijkswegennet.



Afb. 35
Wegennet in 2018, voorwaarde voor groei.

82 CE Delft (2018) Nationaal potentieel van aquathermie.

Het warmtesysteem in 2050

- geothermisch doublet, 0,5 PJ per put
- ruimtelijke reservering voor nieuw doublet van 0,5 PJ (t=30)
- geothermisch doublet, 0,15 PJ per put
- ruimtelijke reservering voor nieuw doublet van 0,15 PJ (t=30)
- indicatief tracé hoofdwarmteleiding / Thermal Backbone, zoveel mogelijk gebruik makend van ruimte in buisleidingenstrook
- industriegebied aangesloten op collectief warmtenet
- gebouwde omgeving aangesloten op collectief warmtenet
- ruimtelijke reserveringen voor zoetwater in de ondergrond, nader onderzoek voor geothermie noodzakelijk
- restwarmte uit datacenters optimaal benut door het cascaderen van warmte
- restwarmtebronnen worden optimaal benut door het cascaderen van warmte
- gebouwde omgeving aangesloten op collectief warmtenet gevoed door aquathermie
- elektrolysers voor de productie van groene waterstof t.b.v. de hoge temperatuur warmtevraag (1.600 ha)
- indicatief tracé bestaand aardgasnetwerk
- grens Nederlands deel Noordzee

“De zichtbare ruimtelijke impact van geothermie is minimaal.”



Warmte in 2050

Zodra de eerste koppelingen zijn gemaakt kan vanuit de regio’s met een warmteoverschot met goed geïsoleerde buisleidingen (thermal backbones) restwarmte en geothermie over grotere afstand aangevoerd worden en kunnen nieuwe warmtenetten worden aangelegd. Losstaande warmtevragers langs de backbones kunnen ook aangesloten worden. Langzaam maar zeker kan er zo een landsdekkend, robuust warmtenetwerk ontstaan waar een grote diversiteit aan partijen warmte kan aanbieden en afnemen: het ‘Smart Thermal Grid’. Er kan vanuit verschillende (duurzame) warmte- en restwarmtebronnen en aanbieders aan het smart grid worden geleverd. In een smart thermal grid kunnen vraag en aanbod op elkaar worden afgestemd. Het gaat aan de aanbodkant om water van verschillende temperaturen en ook aan de vraagkant zijn er verschillende temperaturen gewenst. Een ideale match wordt bereikt als aan de vraagkant kan worden gecascadeerd, dat wil zeggen dat in verschillende temperatuurtrappen restwarmte van hoogwaardig tot laagwaardig optimaal kan worden benut. In de hele keten wordt dan gebruik gemaakt van de restwarmte van andere warmtegebruikers[83]. Het bereiken van een dergelijke configuratie vraagt om uitgekiende ruimtelijke ordening en het nodige ‘loodgieterswerk’.

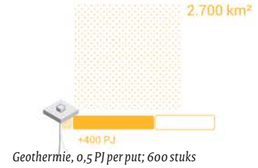
De hoeveelheid beschikbare restwarmte in 2050 is onzeker. Maar het gebruik van restwarmte zal wel een cruciale rol blijven vervullen. Door efficiëntere processen zal er naar alle waarschijnlijkheid wel minder industriële restwarmte beschikbaar zijn dan nu. Aan de andere kant zullen bijvoorbeeld nog te bouwen datacenters een nieuwe bron van restwarmte zijn[84]. Het Planbureau voor de leefomgeving schat de potentie van restwarmte uit datacenters in 2050 zelfs op 100 PJ[85]. Anno 2017 staat er aan datacentervermogen 1.247 MW, wat een restwarmteproductie van 40 PJ betekent[86]. De restwarmte van datacenters en industrie zal via cascadering benut worden door glastuinbouw, kantoren, woningen, overige utiliteitsbouw en uiteindelijk de agrarische sector[87].

In gebieden waar de warmtevraag niet genoeg geconcentreerd is, en een warmtenet te kostbaar wordt (bijvoorbeeld in het buitengebied), lijken elektrische warmtepompen, idealiter in combinatie met aquathermie[88] (deze zijn minder luidruchtig dan lucht/water-warmtepompen en verbruiken minder elektriciteit), de beste optie. Dat geldt ook voor de gebieden die te ver (lees te kostbaar) van een warmtebron of hoofdleiding af liggen. De steden in Zeeland zijn hier een goed voorbeeld van. Een warmtepomp is alleen mogelijk in combinatie met een lage temperatuur afgiftesysteem (bijvoorbeeld vloerverwarming) en effectief als de bebouwing zeer goed geïsoleerd is. Indirect ruimtelijk effect van de toepassing van elektrische warmtepompen is de toename van de elektriciteitsbehoefte en daarmee van het aantal windturbines en/of zonnepanelen.

Ruimtebeslag



Restwarmte



Geothermie, 0,5 PJ per put; 600 stuks



Geothermie, 0,15 PJ per put; 150 stuks



Aquathermie



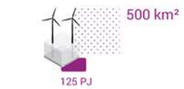
Individuele warmtepompen



Waterstof t.b.v. hoge temperatuur warmtevraag



Tracé hoofdwarmteleiding / Thermal Backbone

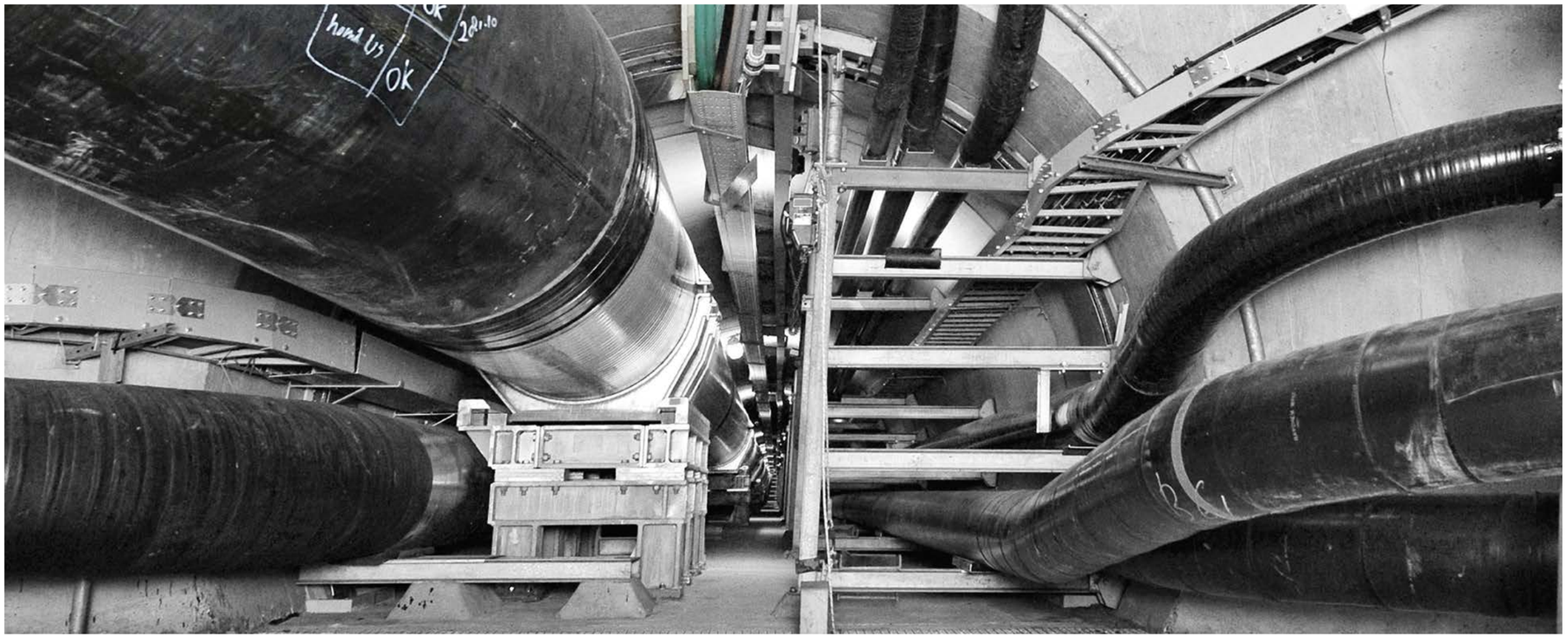


Wind op zee t.b.v. hoge temperatuur warmtevraag: 300 turbines



Overige elektriciteitsproductie t.b.v. warmtevraag





“Wanneer de gehele warmtevraag met elektrische warmtepompen wordt opgelost, zijn er ongeveer 3.000 windturbines op land extra nodig.”

All-electric warmtevoorziening

De lage temperatuur warmtevraag kan ook door middel van all-electric voorzieningen worden ingevuld. Hoewel de ruimtelijke impact in eerste instantie klein lijkt (warmtepompen zijn relatief klein) is de daadwerkelijke impact van de hele keten groot. Wanneer we bijvoorbeeld de gehele warmtevraag van de gebouwde omgeving met warmtepompen zouden bedienen, zijn er in theorie ongeveer 3.000 extra windturbines op land nodig[89], die zorgen voor een nog grotere impact op de omgevingskwaliteit van ons land. Tevens zullen de miljoenen warmtepompen gevels ontsieren en voor geluidsoverlast zorgen. Woningen zullen maximaal geïsoleerd moeten zijn om de warmtepomp te laten renderen, terwijl dit voor met name oudere woningtypes vrijwel onmogelijk en erg kostbaar is. Daarnaast wordt het energiesysteem dan veel meer afhankelijk van elektriciteit. Dit kan grote gevolgen hebben tijdens een windstille periode of als er onvoldoende daglicht is (dunkelflaute). Dit betekent vervolgens dat er meer energieopslag nodig is, bijvoorbeeld in batterijen of in de vorm van waterstof, met bijbehorende conversieverliezen als gevolg. Bovendien zijn warmtepompen bij elkaar opgeteld veel duurder dan collectieve oplossingen op basis van geothermie en restwarmte[90]. Kortom, het is niet gewenst om een all-electric warmtevoorziening op grote schaal toe te passen in Nederland.

Afb. 36
Airconditioners in het straatbeeld van Azië verstoren het straatbeeld en zorgen voor geluidsoverlast. Vergelijkbare zorgen zijn er voor het op grote schaal inzetten van elektrische warmtepompen.

Afb. 37
De landsdekkende kabelgoot kan relatief eenvoudig nieuwe energiestromen faciliteren zoals warmte. Buisleidingenstrook bij Moerdijk.

Vorige bladzijden:
83 Nico Tillie, Andy van den Dobbelsteen et al, REAP, Rotterdamse Energie Aanpak, TU-Delft, dS+V (2009)
84 CE Delft (2014). Energiegebruik Nederlandse commerciële datacenters 2014 -2017
85 Bron: Planbureau voor de Leefomgeving: Toekomstbeeld klimaatneutrale warmtenetten in Nederland.
86 Gezien de onzekerheid over de beschikbaarheid van restwarmte uit de industrie schatten wij de totaal te benutten restwarmte op 55 PJ in 2050.
87 Bron restwarmte cascadering: Eindrapport overheidswerkgroep, 2019. blz, 13
88 Studio Marco Vermeulen, 2019. Energielandschappen van de Toekomst; Zeeuwse Warmte en Koude. NederlandBovenWater

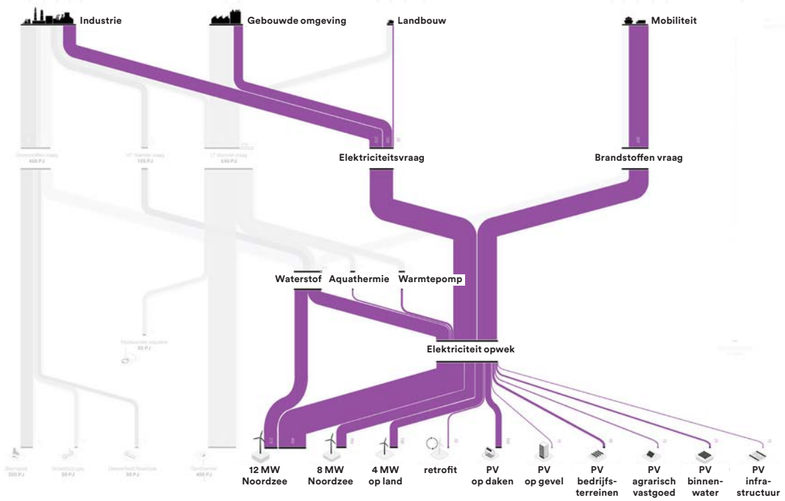
89 Uitgaande van een COP van elektrische warmtepompen van, 1:3
90 Studio Marco Vermeulen, PBL, CRa & Ministerie I&M (2016) Dutch Smart Thermal Grid; Strategie voor de verduurzaming van de warmtevoorziening

5.2 Elektriciteit

Meer dan een derde van onze totale energie- en grondstoffenvraag in 2050 is elektriciteit. Keuzes waar en hoe duurzame elektriciteit opgewekt wordt, hebben een grote ruimtelijke impact.

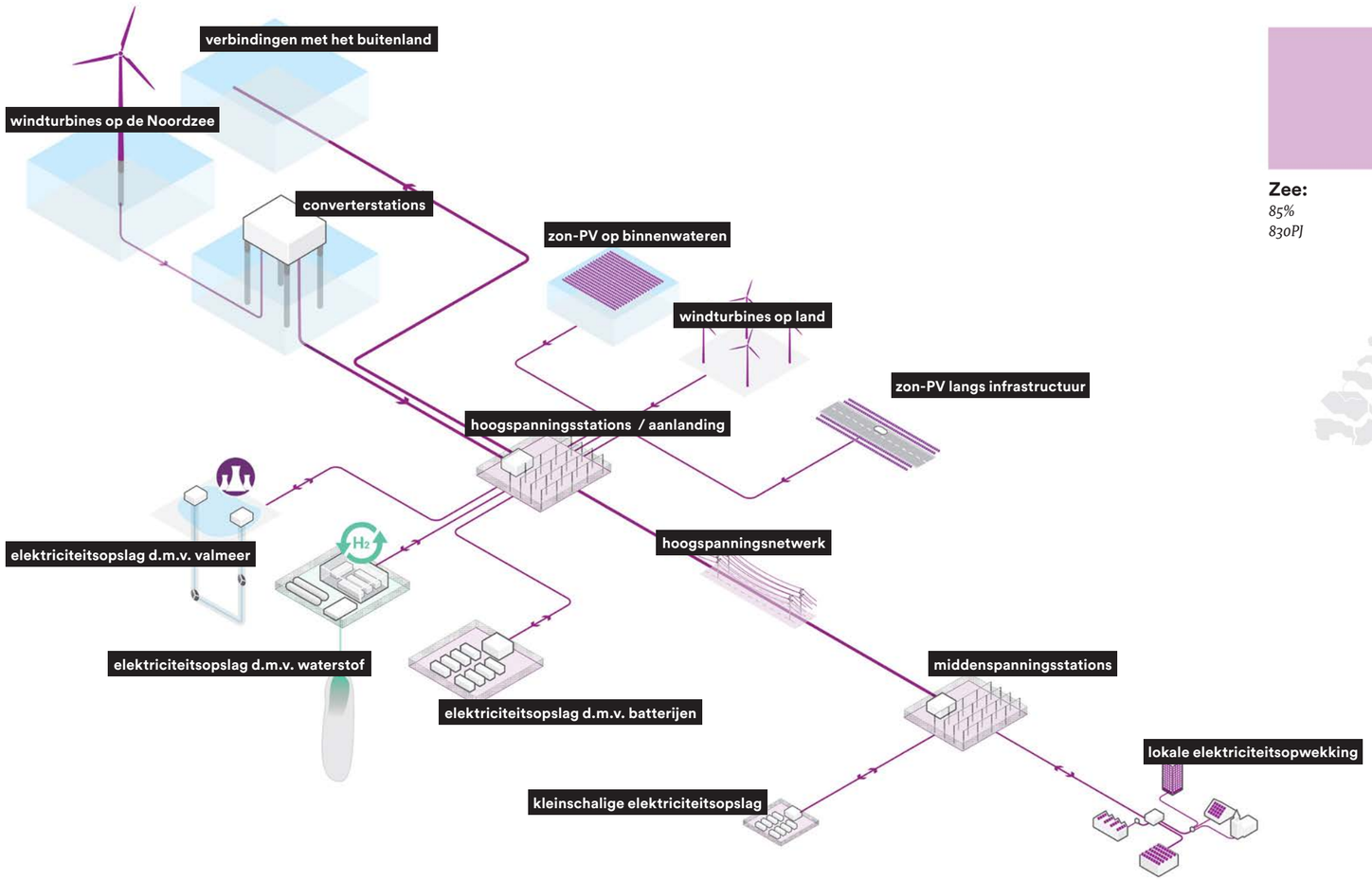
Bij het opwekken van hernieuwbare energie loont grootschaligheid en concentratie. Dit is kosteneffectief en beperkt op nationale schaal de zichtbare ruimtelijke impact. Een toekomstig duurzaam en hernieuwbaar elektriciteitssysteem valt of staat bij het optimaal benutten van de Noordzee voor de productie van elektriciteit. Wanneer we deze potentie ten volle benutten, is het mogelijk om de ruimtelijke impact op land beperkt te houden. Nederland heeft op zee nu nog maar vijf, relatief kleine, windparken.

De komende jaren komen daar vijf grote windparken bij. Te beginnen bij de kust voor Zeeland, daarna bij Zuid- en Noord-Holland. Ook boven de Wadden, waar sinds afgelopen jaar het grootste windturbinepark van Nederland staat (Gemini), zullen nieuwe windturbines komen. Worden alle plannen tot 2030 gerealiseerd[91], dan zullen er in totaal 1.300 windturbines operationeel zijn met een opbrengst van 165 PJ. Dit vraagt om 2.200 km² ruimte op de Noordzee.



Afb. 38
Het onderdeel elektriciteit in het energiesysteem voor 2050. Voor het totale overzicht zie bladzijde 46.

Systeemarchitectuur elektriciteit



Ruimtelijke componenten:

Hoogspanningsstations vormen de knooppunten in onze elektriciteitsvoorziening. Ze verbinden de opwek van elektriciteit (aanbod) en vraag met elkaar, sluiten hoogspanningsverbindingen op elkaar aan en transformeren de spanning naar een ander niveau. Daarnaast worden buffermaatregelen hierop aangesloten. Elektriciteit wordt opgeslagen in batterijen, door elektriciteit te converteren naar waterstof en deze in zoutcavernes of lege gasvelden op te slaan, of doormiddel van valmeren. Via het hoogspanningsnetwerk wordt elektriciteit getransporteerd. Op kleinere schaal kan lokale elektriciteitsopwekking terug geleverd worden aan het netwerk. Ook hier zullen kleinschalige opslagmaatregelen noodzakelijk zijn.

Afb. 39
De verhouding tussen wind op zee en wind op land in 2050.

"Een toekomstig duurzaam en hernieuwbaar elektriciteits-systeem valt of staat bij het optimaal benutten van de Noordzee."

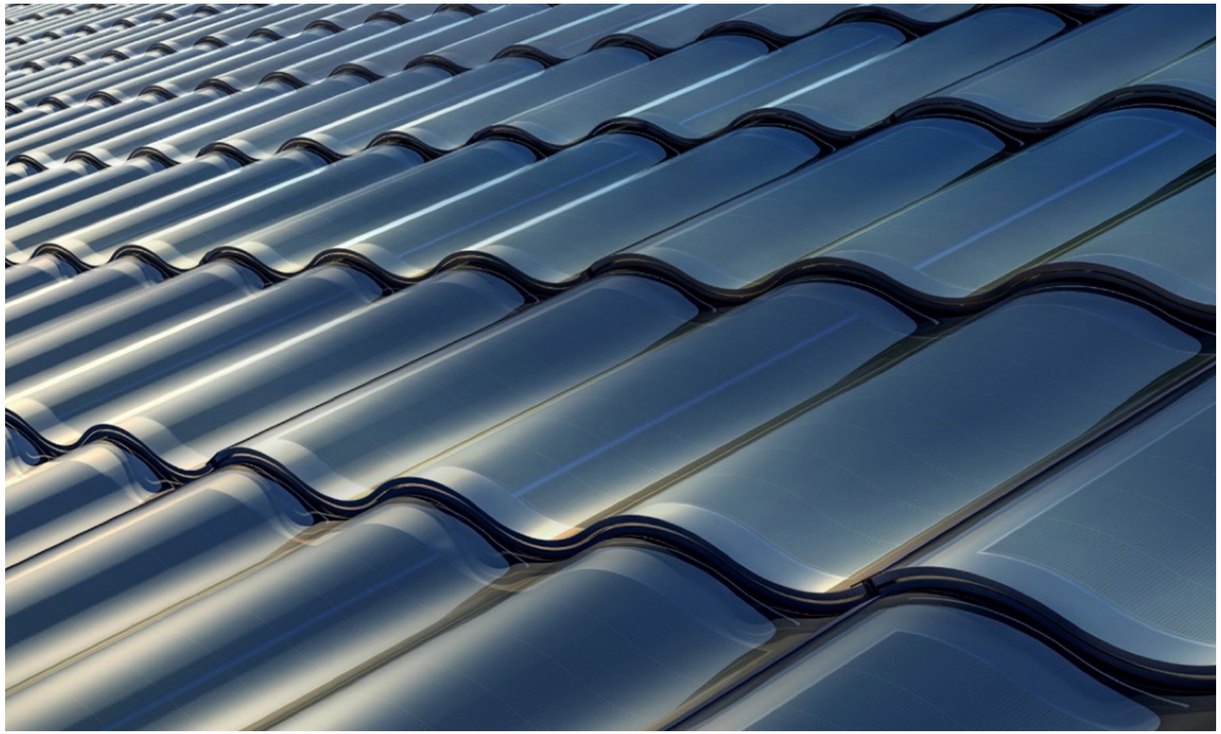
91 Zie verder de Routekaart Wind op Zee 2030, overeenkomstig Scenario III - Snel Vooruit - uit PBL (2018), De toekomst van de Noordzee, De Noordzee in 2030 en 2050: een scenariostudie

“We moeten zuinig zijn op onze ruimte en mono-functionele oplossingen voorkomen.”

Wind op land

Het kiezen voor geconcentreerde windturbine locaties op de plekken in Nederland waar het het hardst waait heeft twee voordelen. Ten eerste zijn er minder turbines nodig om dezelfde energie op te wekken. Met als effect minder kosten, hogere opbrengsten en een kleinere ruimtelijke impact bekeken op de schaal van Nederland. Ten tweede wordt er contrast gecreëerd tussen ‘vol’ en ‘leeg’. Dit geeft letterlijk ruimte om andere delen van Nederland vrij te houden van windturbines. Grootschalige, rationele landschappen waaronder jonge ontginningen, grootschalige zeekeipolders, grootschalige havengebieden en hoogveenontginngingen, lenen zich het beste voor het grootschalig en geconcentreerd opwekken van windenergie. De grootschalige maat van de turbines past bij de maat en schaal en het karakter van deze landschappen. In deze gebieden kan energieopwekking een nieuwe laag toevoegen aan het bestaande landschap. Bijkomend voordeel is dat, door het plaatsen van windturbines, sommige andere ongewenste functies worden uitgesloten en het contrast met andere landschappen kan worden vergroot. De Flevopolders en de Wieringermeerpolder zijn zulke landschappen. Op deze locaties wordt al de meeste windenergie opgewekt en hiervoor bestaan nu ook al de meest omvangrijke plannen. Daarnaast is het grondgebied relatief nieuw (pas in 1930 drooggelegd) en kent een lange geschiedenis van windenergie. Met name voor Flevoland zal de geconcentreerde opstelling een verbetering[92] zijn ten opzichte van de huidige versnipperde opstellingen. Ook de oostzijde van de Zeeuwse Eilanden en delen van West-Brabant lenen zich voor grootschalige windlocaties, alsook het rationele jonge ontginningslandschap De Peel. Naast concentraties van windturbines in het landschap is er ook ruimte voor windturbines op grootschalige bedrijventerreinen en glastuinbouwgebieden zoals het Westland. Ook onze zeehavens Rotterdam, de Eemshaven, het Noordzeekanaalgebied en de Zeeuwse havens Terneuzen en Vlissingen, lenen zich voor grootschalige windturbinelocaties. Turbines worden bij voorkeur in een gridopstelling geplaatst. Lijnopstellingen werken alleen in situaties waarbij over een afstand van vele kilometers een ononderbroken rij van turbines geplaatst. Vaak vindt echter interferentie plaats met achterliggende lijnopstellingen. Lijnopstellingen zullen daardoor maar een beperkte bijdrage kunnen leveren aan de grote hoeveelheid elektriciteit die nodig is. Concentraties in rasteropstellingen zijn ruimtelijk het meest efficiënt en hebben daarom de voorkeur. In totaal is er ruimte voor 3.500 grootschalige windturbines op land. Ter vergelijking, nu staan er 2.300 kleinere windturbines opgesteld.





Afb. 40
Verbeelding van een gridopstelling van windturbines in het polderlandschap. Bron: ‘Wind in het open landschap’ uit de studio Duurzaam energielandschap Oss, gemaakt door BoschSlabbers, 2017.

Afb. 41
Dakpannen met geïntegreerde zonnecellen.

92 Planbureau voor de Leefomgeving (2019). Wind-op-land: Lessen en ervaringen
93 Rijkswaterstaat, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Rijksvastgoedbedrijf & Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2019) Pilotprogramma Hernieuwbare energie op rijksareaal

Zonne-energie

Opwekking van zonne-energie vindt zo veel mogelijk decentraal plaats via daken en gevels van gebouwen. De (Rijks)overheid kan het ten volle benutten van het huidige dakpotentieel op verschillende manieren stimuleren. Denk bijvoorbeeld aan een zonneladder of voorkeursvolgorde, een dakenwet, of het aanpassen van de SDE+. Op bedrijventerreinen, agrarisch vastgoed en op daken van woningen en kantoren zal in totaal 360 km² zonnepanelen geplaatst worden. Dit kan met zonnepanelen, maar bijvoorbeeld ook met zonnedakpannen.

We moeten zuinig zijn op onze ruimte en monofunctionele oplossingen voorkomen. Zonneparken concurreren met de voedselproductie en hebben een negatieve impact op de ecologische waarde van de omgeving. In deze strategie zal daarom geen zonne-energie opgewekt worden op landbouwgronden en natuurgebieden. Daar waar de natuurwaarden en voedselproductie niet in het geding zijn, kunnen wel op grote schaal zonnepanelen geplaatst worden. Zo zal er in het IJsselmeer in totaal 60 km² aan drijvende zonnepanelen worden gerealiseerd.

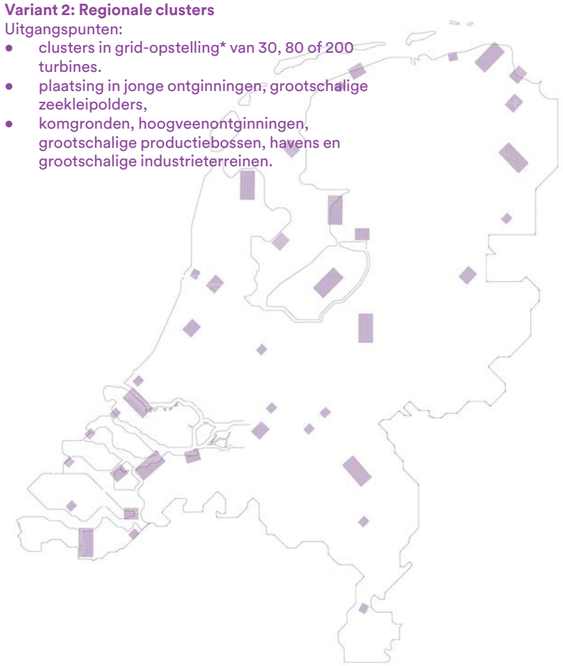
De ruimte langs snelwegen biedt ook mogelijkheden voor de opwekking van zonne-energie. De kansen voor de opwekking van zonne-energie langs het rijkswegennet lijken groot. De komende jaren zal Rijkswaterstaat verschillende pilotprojecten realiseren[93]. Vanuit landschappelijke kwaliteit en de beleving vanuit het landschap vanuit de auto en de trein, zouden we hier zeer selectief mee om moeten gaan. In dit toekomstbeeld worden daarom drie iconische zonneroutes gemaakt: de A37, A15 en de A59 die zich daarmee duidelijk onderscheiden. Deze routes zullen substantieel bijdragen aan de elektriciteitsopwekking, landschappelijk ingepast zijn en met behoud van ecologische waarden van het Rijkswaterstaat areaal. Andere snelwegen en spoorlijnen richten zich alleen op bouwkundig geïntegreerde (onzichtbare) oplossingen, zoals zonne-geluidsschermen of de solar-road. Ook voor zonne-energie geldt; durf te kiezen voor enkele grootschalige en geconcentreerde opwek locaties en vrijwaar gebieden waar dit niet gewenst is.

Varianten Wind op Land

Variant 1: Nationale clusters
Uitgangspunten:
- clusters in grid-opstelling* van 200, 300, 400 of 1.000 turbines.
- plaatsing in jonge ontginningen, grootschalige zeekleipolders, grootschalige havengebieden en hoogveenontginningen.



Variant 2: Regionale clusters
Uitgangspunten:
- clusters in grid-opstelling* van 30, 80 of 200 turbines.
- plaatsing in jonge ontginningen, grootschalige zeekleipolders,
- komgronden, hoogveenontginningen, grootschalige productiebossen, havens en grootschalige industrieterreinen.



Variant 3: Lokale clusters
Uitgangspunten:
- clusters in grid-opstelling* van 15 of 30 turbines.
- plaatsing voor ongeveer 2/5 in jonge ontginningen, grootschalige zeekleipolders, komgronden, hoogveengebieden, havens en grootschalige industrieterreinen.
- plaatsing voor ong. 3/5 op lokale bedrijventerreinen en verspreid over elke provincie, met iets meer clusters in de kustprovincies.

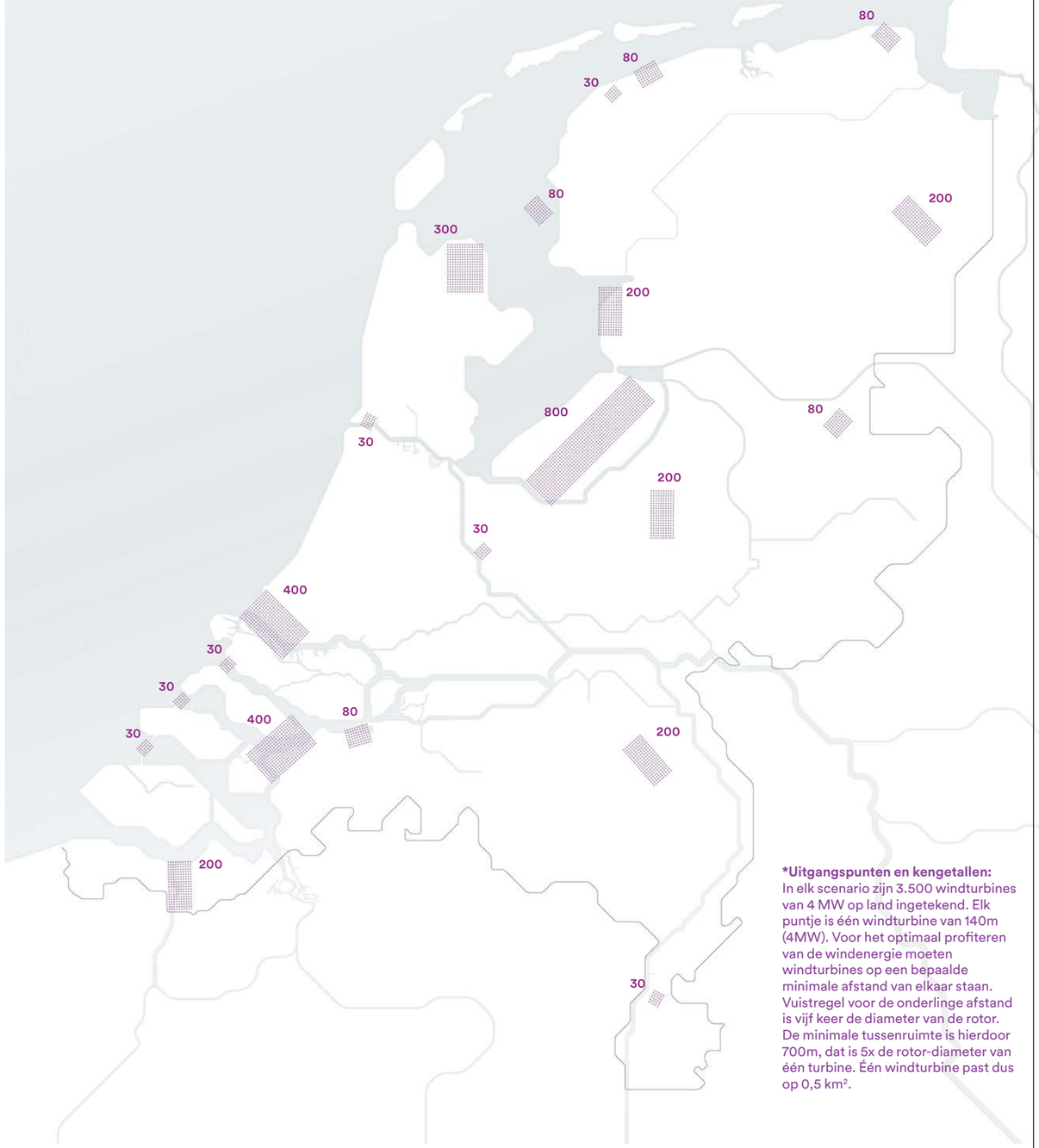


Variant 4: Confetti
Uitgangspunten:
- clusters in grid- en lijnopstellingen* van 2, 4 of 8 turbines.
- plaatsing verspreid over Nederland, met zowel los van elkaar als bij elkaar liggende opstellingen.
- dit scenario is ruimtelijk onwenselijk.



Voorkeursmodel Wind op Land

De vier varianten voor clustering laten goed zien wat een meer of mindere mate van clustering van windturbines oplevert. In elke variant zijn 3.500 windturbines van 4 MW op land ingetekend (totaal 150 PJ). Het voorkeursmodel bestaat uit een combinatie van clusters op nationale (vanaf 200 turbines) en regionale schaal (vanaf 30 turbines).



***Uitgangspunten en kengetallen:**
In elk scenario zijn 3.500 windturbines van 4 MW op land ingetekend. Elk puntje is één windturbine van 140m (4MW). Voor het optimaal profiteren van de windenergie moeten windturbines op een bepaalde minimale afstand van elkaar staan. Vuistregel voor de onderlinge afstand is vijf keer de diameter van de rotor. De minimale tussenruimte is hierdoor 700m, dat is 5x de rotor-diameter van één turbine. Één windturbine past dus op 0,5 km².

Het elektriciteitssysteem in 2030

offshore windparken in 2030, 8 MW windturbines (1.300 stuks)
concentratiegebied wind op land, 4 MW windturbines (1.800 stuks)
bestaande windturbines (2.400 stuks)

zon-PV op daken en gevels gebouwde omgeving
zon-PV op binnenwateren, bedrijventerreinen, logistieke hallen en andere industriegebieden
zon-PV langs infrastructuur (langs wegen, op dammen, tussen spoorrails)

offshore converterstations
groene waterstofproductie

back-up multifuel centrales gevoed met waterstof en/of biomassa
elektriciteitsopslag, bijvoorbeeld bij hoogspanningsstations

indicatief tracé elektriciteitsnetwerk
indicatief tracé elektriciteitskabels Noordzee
grens Nederland

NB.
Wind op Land: Elke windturbine verbeelt twee windturbines van 140m hoog (4MW).
De minimale tussenruimte is 700m (5x de rotordiameter van 1 turbine).
Één windturbine past op 0,5 km².
Zon-PV op agrarisch vastgoed is niet ingetekend op kaart.

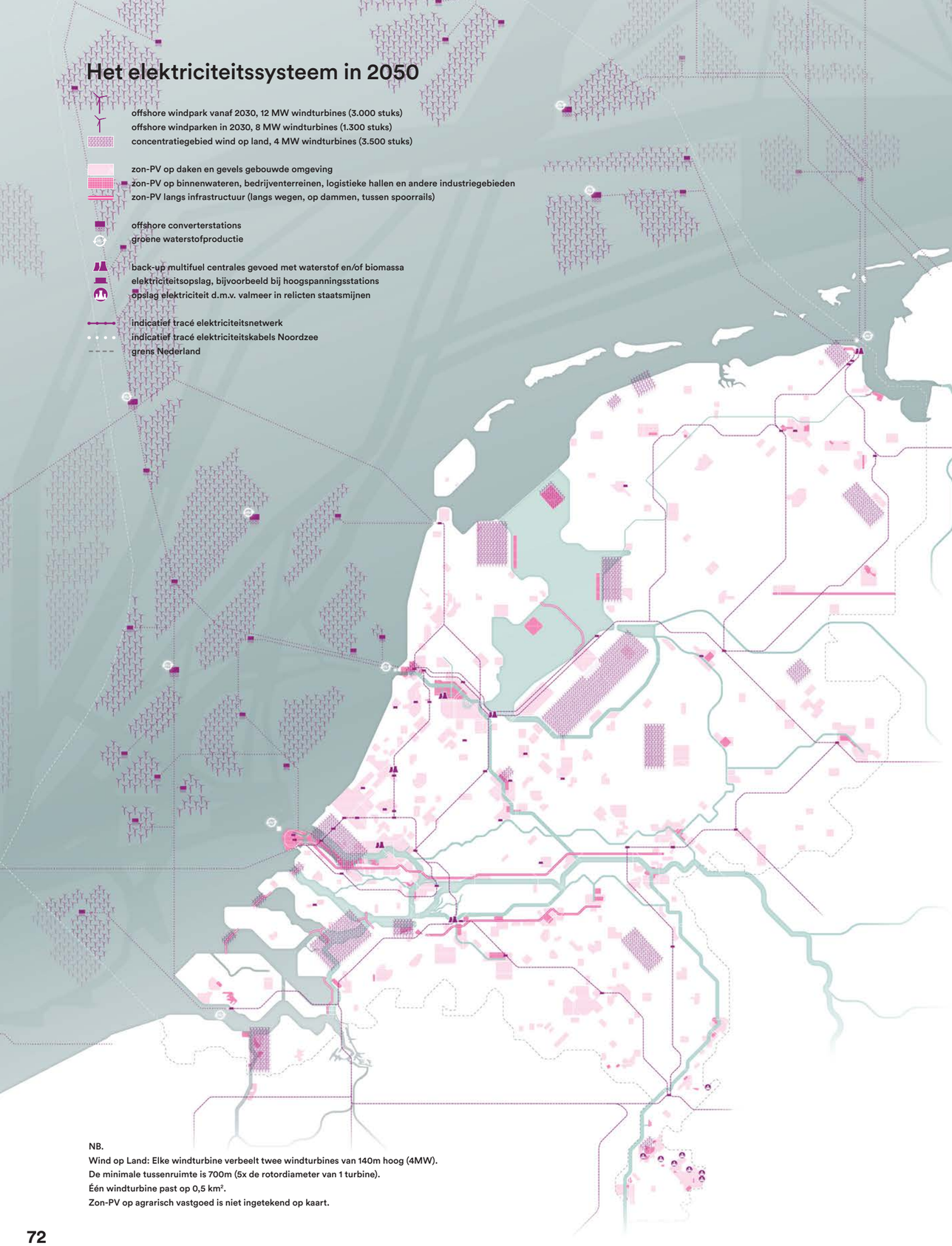
Elektriciteit in 2030

De strategie voor windturbines op land is tweeledig. Enerzijds worden windturbines geplaatst aan de hand van ruimtelijke kenmerken in grootschalige en rationele landschappen die de turbines qua maat en schaal kunnen dragen. Anderzijds waait de wind simpelweg harder en vaker in bepaalde delen van Nederland. Worden windturbines op deze locaties geplaatst, dan zijn er in totaal minder turbines nodig om dezelfde energie op te wekken.

Nationale en regionale concentraties van wind vinden plaats op locaties waar het laadvermogen van het landschap dat toelaat (zie varianten voor wind op land op de vorige pagina's) én waar de windpotentie hoog is. Bestaande, verouderde windturbines in bijvoorbeeld Flevoland en Zeeland worden vervangen voor meer efficiënte modellen en zo veel mogelijk opgenomen in gridopstellingen. Bestaande plannen voor clusters in onder andere de Wieringermeer en de Veenkoloniën worden gerealiseerd. Grofweg kan een vijfde van de bestaande windturbines op deze manier opgenomen worden in het toekomstige energiesysteem. Tegelijkertijd kan er ook gestart worden het opruimen van de 'hagelslag' aan huidige windturbines.

Bij elkaar opgeteld leveren de op deze kaart voorgestelde concentratiegebieden voor wind op land (1.800 turbines) en de zonnepanelen op binnenwateren, bedrijventerreinen en logistieke hallen in totaal 125 PJ (35 TWh) aan energie: het beoogde doel van de RES-en. Daarbij zijn de nog bestaande turbines op de kaart, waarvan een groot deel verouderd is, niet meegerekend. Daarnaast vindt opwek van elektriciteit plaats op de Noordzee, volgens de routekaart Wind op Zee 2030 (ca 165 PJ) en individueel op daken in de bebouwde omgeving zoals benoemd in het Klimaatakkoord (ca 25 PJ, 7 TWh).

"Nationale en regionale concentraties van windturbines vinden plaats op locaties waar het laadvermogen van het landschap dat toelaat én waar de windpotentie hoog is."



NB.
Wind op Land: Elke windturbine verbeelt twee windturbines van 140m hoog (4MW).
De minimale tussenruimte is 700m (5x de rotordiameter van 1 turbine).
Één windturbine past op 0,5 km².
Zon-PV op agrarisch vastgoed is niet ingetekend op kaart.

Elektriciteit in 2050

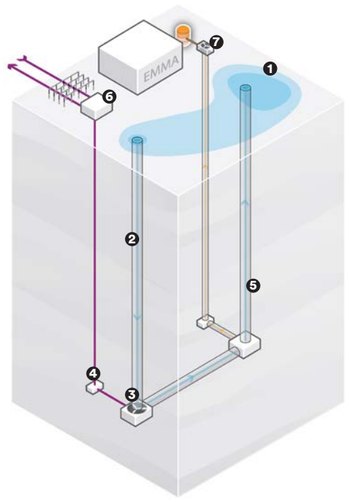
Bijgaande kaart toont alle ruimtelijke componenten voor het elektriciteitssysteem in 2050. De ruimte op de Noordzee wordt ten volle benut voor de productie van elektriciteit. Er is duidelijke sturing nodig om dit te realiseren en conflicten te voorkomen tussen windenergie, scheepvaart, natuurbelangen en visserij. In totaal zal 7.500 km² van de Noordzee benut worden voor windenergie. Dat zijn 4.300 windturbines in totaal. Dit is de maximale potentie volgens de scenariostudie van het Planbureau voor de Leefomgeving: De toekomst van de Noordzee[94]. Rondom de windturbines zal zeewier gekweekt worden, in paragraaf 5.6 wordt hier verder op ingegaan.

De elektriciteit opgewekt op de Noordzee zal op strategische plekken aanlanden bij de industriële havengebieden Vlissingen, Rotterdam, het Noordzeekanaalgebied en de Eemshaven, zogenoemde 'energy ports'[95]. Dit zijn locaties waar veel vraag zal zijn naar elektriciteit, waar al een zwaar elektriciteitsnetwerk ligt, en waar de mogelijkheid is om elektriciteit te converteren naar andere energievormen.

Geconcentreerde windturbine locaties op land, in totaal gaat het om 3.500 windturbines, zullen op strategische locaties in Nederland worden gerealiseerd. Verdere elektriciteit wordt opgewekt door zonnepanelen in de gebouwde omgeving, op agrarisch vastgoed, op het binnenwater en langs enkele snelwegen en dammen.

Naar 2050 toe zal het hoogspanningsnetwerk aanzienlijk moeten worden uitgebreid om te voorzien in een toenemende behoefte aan elektriciteit. Denk bijvoorbeeld aan het verzwaren van het elektriciteitsnetwerk ten behoeve van de aanlanding van wind op zee (bijvoorbeeld in Den Helder). Ook het verzwaren van bestaande verbindingen zal nodig zijn om aan de elektriciteitsvraag te voldoen, bijvoorbeeld ten behoeve van de chemische industrie in Chemelot. Verdere internationale verbindingen zullen nodig zijn om het netwerk robuust te maken, bijvoorbeeld door de aanleg en het versterken van (gelijkstroom)verbindingen met het buitenland zoals de BritNed, COBRA en NorNed connectoren.





Afb. 42
Schematische weergave van de werking van een valmeer in een voormalige mijnschacht.

1. *valmeer*
2. *toevoer pijp naar turbine*
3. *turbine voor elektriciteitsopwekking*
4. *transformator*
5. *afvoer pomp naar valmeer*
6. *hoogspanningsstation*
7. *warmteterugwinning*

Prosper-Haniel kolenmijn

Momenteel wordt onderzocht of de Prosper-Haniel kolenmijn in de Duitse staat Noordrijn-Westfalen kan worden ingericht als een waterkrachtreservoir dat dienst zal doen als opslagbatterij voor overtollige wind- en zonne-energie. De capaciteit van deze opslagfaciliteit wordt enorm: genoeg voor de energievoorziening van 400.000 huishoudens. Dat is ongeveer 4,5 PJ elektriciteit. Technisch zijn er geen belemmeringen om in de Bottropse mijn een waterkrachtcentrale aan te leggen. Met onder de grond een reservoir in de vorm van een vijftien kilometer lange ring (capaciteit 575.000 kubieke meter) en een nieuw aan te leggen stuwmeer van tien hectare bovengronds.

Vorige bladzijden:
94 Gebaseerd op het scenario IV - Samen Duurzaam - uit PBL (2018), De toekomst van de Noordzee, de Noordzee in 2030 en 2050: een scenariostudie.
95 Planbureau voor de Leefomgeving, Hekkenberg, M., Koelemeijer, R., (2018). Analyse van het voorstel voor hoofdlijnen van het klimaatakkoord. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Buffercapaciteit

Energieopslag speelt een essentiële rol in de energietransitie, om piekvraag en -aanbod van stroom op te vangen en daarmee het elektriciteitsnet te ontlasten. Een land dat grotendeels op hernieuwbare energie draait, moet maatregelen nemen om de periodiciteit van duurzame energiebronnen het hoofd te bieden. Piekcapaciteit en buffers zijn systeemeisen die beter grootschalig te organiseren zijn en zijn dus goed te combineren met grootschalige opwek. De industriële clusters langs de kust kunnen hierin een rol vervullen door elektriciteit om te zetten in waterstof. Van nature vindt hier al conversie van energie plaats. Bestaande elektriciteitscentrales kunnen worden omgevormd naar 'noodaggregaten' waar door middel van waterstof of biomassa elektriciteit wordt opgewekt.

Het uitbreiden van zogenoemde zee-interconnectoren tussen de elektriciteitsnetten van de landen rond de Noordzee draagt bij aan de robuustheid van de Noordwest-Europese netten. Internationale uitwisseling van elektriciteit gebeurt nu al met bijvoorbeeld Noorse waterkracht, maar gaat met grote conversieverliezen gepaard. Elektriciteit kan zowel op grote als kleine schaal worden opgeslagen in batterijen. Echter hebben de meeste batterijen tot op heden een vervuilende impact.

Het oppompen van water en uit het verval daarvan weer elektriciteit opwekken is een efficiënte techniek om een overschot aan geproduceerde elektriciteit op te slaan. Wij hebben in Nederland alleen geen hoge bergen of stuwmeren. Er is echter nog een andere manier. De voormalige staatsmijnen in Limburg kunnen een rol vervullen als waterkrachtcentrale. De oude mijnen worden uitgerust met turbines aan de voet van de mijnschachten, die energie opwekken als er een tekort is aan wind- en zonne-energie. Het water wordt opgepompt met behulp van overtollige duurzame energie. Bij een tekort aan die groene stroom stort het water via de schachten de diepte in naar de turbines.

De aanwezige hoogspanningsstations en verdichting in het elektriciteitsnetwerk door de chemische industrie van Chemelot bieden kansen om hier elektriciteit op te slaan. De relicten van een historisch energielandschap kunnen zo onderdeel worden van het energiesysteem van de toekomst.

"De opslag voor piekcapaciteit en energie buffers zijn systeemeisen die beter grootschalig te organiseren zijn."

water wordt opgepompt om energie op te slaan

hoogspanningsstation

Chemelot

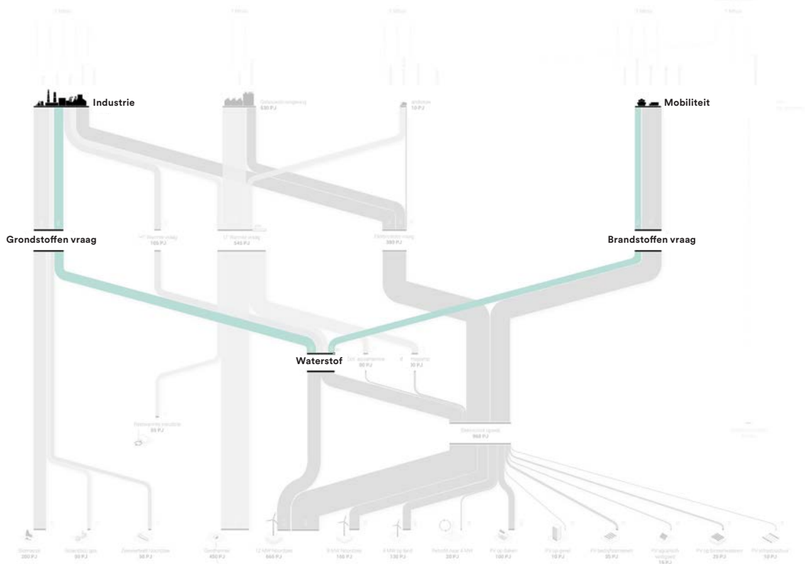
voormalige staatsmijnen

valmeer met turbine

5.3 Waterstof

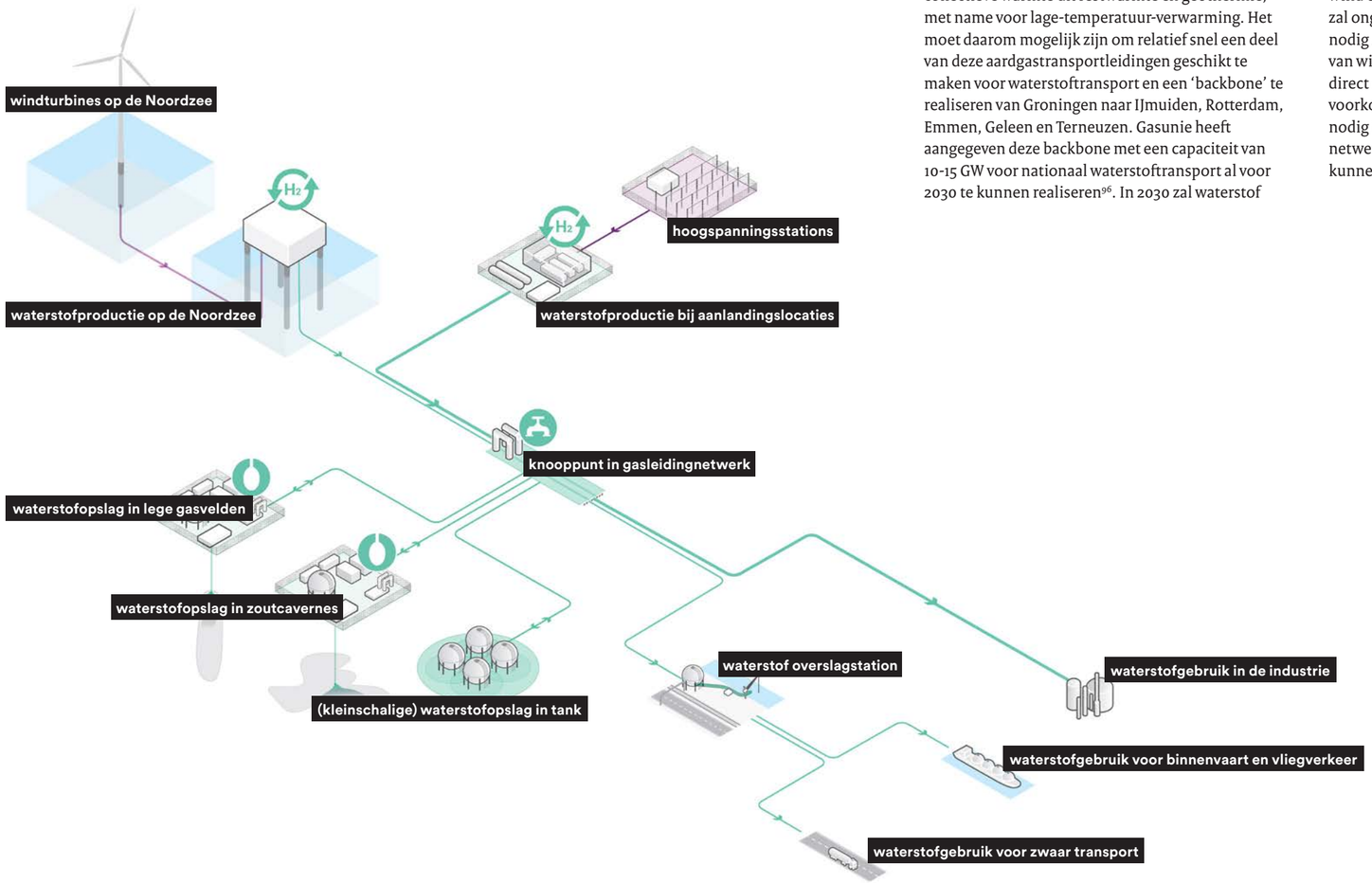
De vraag naar waterstof behelst ongeveer een vijfde van onze totale energie- en grondstoffenvraag in 2050. Hiervan is ongeveer een kwart nodig in de mobiliteitssector, de rest is nodig in de industrie.

Er is een groeiende internationale consensus dat duurzame waterstof een sleutelrol zal spelen in de transitie naar een duurzame energievoorziening. Waterstof is van cruciaal belang om de CO_2eq emissies van de industrie en zwaar transport te verminderen en daarnaast energieopslag op grote schaal te kunnen realiseren. Daarnaast is elektrolyse een middel om overschotten aan (wind)energie te converteren als het elektriciteitsaanbod groter is dan de vraag. Bovendien kan waterstof ook dienen als back-up van het elektriciteitssysteem op momenten dat er weinig duurzame elektriciteit beschikbaar is. Nederland is door haar unieke positionering en aanwezige infrastructuur goed uitgerust om een voorlopersrol op het gebied van waterstof in te nemen. De Nederlandse aardgastransportinfrastructuur, -de hogedrukleidingen voor transport over grotere afstanden-, is ideaal om grote hoeveelheden gas te transporteren. Met aanpassingen aan bestaande compressorstations en door het aanbrengen van een coating in het huidige (Gronings-) aardgasnetwerk kan de gasinfrastrucuur geschikt gemaakt worden om waterstof te transporteren. Een deel van de bestaande transportcapaciteit komt de komende jaren beschikbaar doordat de gasproductie in Groningen in 2030 verdwenen zal zijn en doordat de vraag naar gas vermindert. Dat laatste vanwege



Afb. 43
Het onderdeel waterstof in het energiesysteem voor 2050. Voor het totale overzicht zie bladzijde 46.

Systeemarchitectuur waterstof



Ruimtelijke componenten:

Waterstof wordt geproduceerd door elektrolyse, waarbij water omgezet wordt in waterstof en zuurstof door toediening van elektriciteit. Deze elektrolyse-installaties worden zo dicht mogelijk bij de opwek van duurzame elektriciteit geplaatst om extra elektrische infrastructuur te voorkomen. Dit betekent waterstofproductie direct op de Noordzee of bij de aanlanding van Wind op Zee. Waterstof wordt via het aangepaste gasnetwerk getransporteerd en gebruikt in de industrie of als brandstof voor zwaar transport. In lege gasvelden, zoutcavernes of opslagtanks kan waterstof opgeslagen worden.

besparingen en vervanging van aardgas door collectieve warmte uit restwarmte en geothermie, met name voor lage-temperatuur-verwarming. Het moet daarom mogelijk zijn om relatief snel een deel van deze aardgastransportleidingen geschikt te maken voor waterstoftransport en een 'backbone' te realiseren van Groningen naar IJmuiden, Rotterdam, Emmen, Geleen en Terneuzen. Gasunie heeft aangegeven deze backbone met een capaciteit van 10-15 GW voor nationaal waterstoftransport al voor 2030 te kunnen realiseren[96]. In 2030 zal waterstof geproduceerd worden op de aanlandlocaties van wind op zee bij de industriële clusters. Hiervoor zal ongeveer 10 km² aan elektrolyse-installaties nodig zijn, verspreid over de aanlandingspunten van wind op zee. Door bij de aanlandingspunten direct elektriciteit om te zetten in waterstof, wordt voorkomen dat er extra elektrische infrastructuur nodig is. De industrieclusters zijn met een dicht netwerk van buisleidingen aan elkaar verbonden en kunnen dus ook waterstof met elkaar uitwisselen.

"Door bij de aanlandings-punten direct elektriciteit om te zetten in waterstof wordt voorkomen dat er extra elektrische infrastructuur nodig is."

Onzekerheden van waterstof.

Waterstof is geen energiebron, maar een energiedrager. Het gebruik van waterstof is pas duurzaam wanneer de waterstof gemaakt wordt uit water en duurzaam opgewekte elektriciteit. We spreken dan over zogenaamde groene waterstof. De grijze waterstof die nu door de industrie wordt gebruikt voor het maken van grondstoffen heeft aardgas als bron. Er zijn grote verwachtingen over waterstof uit water met elektriciteit als energiebron, maar het wordt nog nauwelijks toegepast, o.a. omdat er erg veel extra opwekcapaciteit voor nodig is. Import van groene waterstof lijkt ook een mogelijkheid. Maar de vraag is of het buitenland wél voldoende groene waterstof kan produceren om in de toekomstige vraag te voorzien. Daarnaast zijn ook de opslagtechnologieën nog experimenteel en omgeven met onzekerheden. Er is altijd sprake van rendementsverlies en daardoor is het goedkoper en efficiënter om duurzame elektriciteit direct te benutten.

96 Gasunie (2018) Waterstofbackbone 2030.

Het waterstofsysteem in 2050

offshore windturbines (12 MW), 1.000 stuks, benodigd voor de productie van waterstof bij offshore convertorstations
offshore windturbines benodigd voor de elektriciteitsvraag
benodigd oppervlakte voor elektrolysers voor de productie van groene waterstof
back-up multifuel centrale gevoed met biomassa of waterstof
indicatief tracé waterstofnetwerk, gebruik makend van bestaand aardgasnetwerk of ruimte in buisleidingenstrook

seizoen en piekbuffering waterstof in zoutcaverne(s)
aanpassing/vervanging bestaande compressorstations
indicatie aansluitingen waterstof voor bio-raffinage en ander grootschalig verbruik in de industrie

industrie en gebouwde omgeving aangesloten aan bestaand aardgasnetwerk
indicatief tracé bestaand aardgasnetwerk
grens Nederlands deel Noordzee

Waterstof in 2050

Naargelang de afstanden tussen windturbines op zee en het vasteland groter worden, wordt het interessanter om waterstof direct op de Noordzee te produceren. Hiervoor zal aanvullend ongeveer 10 km² aan elektrolyse-installaties nodig zijn op de Noordzee zelf. Om de in totaal 360 PJ aan waterstof te produceren zullen er 1.000 windturbines op zee nodig zijn (als onderdeel van reeds genoemde 4.300 windturbines) met een ruimtebeslag van ongeveer 1.700 km². Met aanpassingen aan bestaande gas- en olie infrastructuur op de Noordzee kan deze waterstof naar land getransporteerd worden en hier in de waterstofrotonde worden gevoed. Met name de Eemshaven zal in de toekomst een belangrijk knooppunt voor (waterstof)conversie kunnen worden. Het huidige (Gronings)gasnetwerk vertakt zich vanaf hier door heel Nederland en in lege gasvelden en zoutcavernes is het mogelijk om waterstof op te slaan. Het is dus relatief eenvoudig om vanaf hier waterstof door Nederland, en wellicht zelfs richting Duitsland en België te transporteren. Ook nu wordt ruwe olie bij de zeehavens omgezet in olieproducten die per pijpleiding het achterland en het buitenland voorzien van energie en grondstoffen. Groene waterstof kan in principe over de hele wereld worden verscheept naar plaatsen die minder goed zijn uitgerust met hernieuwbare energiebronnen.

Ruimtebeslag



Waterstof t.b.v. grondstoffen en mobiliteit vraag



Waterstofpijpleiding



12 MW wind op zee t.b.v. waterstofproductie: 1.000 turbines

“Het strategisch en proactief sturen op de realisatie van netwerken, leidt tot een robuust ‘multi commodity grid’ dat voorwaarden-scheppend is voor het behoud en de vestiging van industrie.”

Communicerende vaten; de industrie als conversiecluster

De industrieclusters zullen naar alle waarschijnlijkheid een belangrijk knooppunt van koolwaterstofstromen en koolwaterstofconversie blijven. Sommige industrieclusters liggen echter geografisch gunstiger om bepaalde activiteiten te accommoderen in de transitie naar 2050. Industrieclusters waar in de toekomst grote hoeveelheden duurzame elektriciteit zullen aanlanden zijn de ideale locatie om door middel van elektrolyse duurzame waterstof te produceren. Ondanks dat de exacte verhoudingen onzeker zijn, kan worden aangenomen dat het transporteren van moleculen vele malen goedkoper is dan het transporteren van elektronen[97]. Het is dus voorstelbaar dat, zeker met de aanwezige ruimte in de buisleidingstrook[98], er op grote schaal gebruik zal worden gemaakt van transport via buisleidingen. Bewijs hiervan is de geplande aanleg van waterstofpijpleidingen in Zeeland, Zuid-Holland en Groningen. Deze zullen voorlopig nog gevoed worden door blauwe waterstof (waterstof uit aardgas in combinatie met CO_2afvang en opslag). Richting 2050 zal het waterstofnetwerk verder uitgebreid worden en gevoed worden met groene waterstof. Industrie op locaties waar geen grote hoeveelheid duurzame elektriciteit aanwezig is, kunnen vervolgens per pijpleiding voorzien worden van waterstof. Het strategisch en proactief sturen op de realisatie van bovenstaande netwerken, leidt tot een robuust ‘multi commodity grid’ dat voorwaardenscheppend is voor het behoud en de vestiging van industrie.



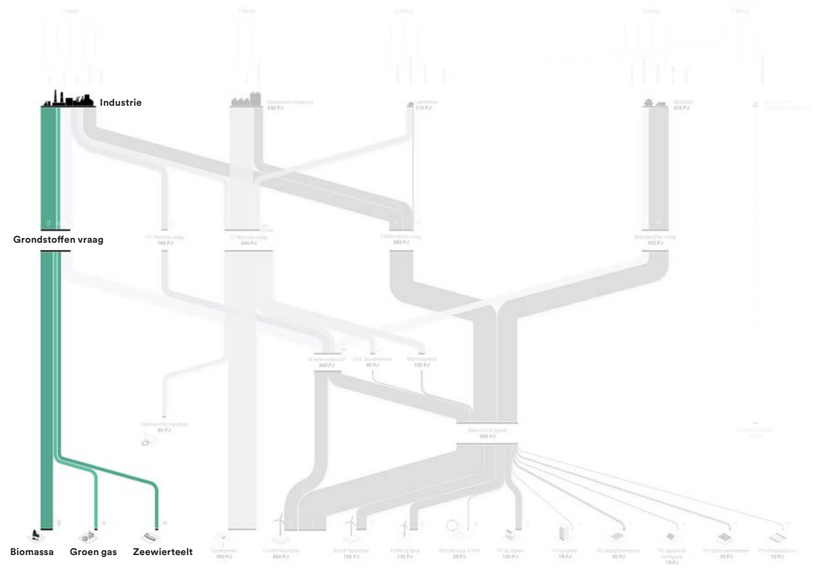
97 Berenschot, 2018. Elektronen en/of Moleculen. Utrecht: Berenschot Groep B.V.
98 Ministerie I&M, 2014

5.4 Biomassa

De behoefte aan biomassa beslaat ongeveer 15% van de energie- en grondstoffenvraag in 2050. Hoe deze biomassa wordt gewonnen, is nog de vraag. Belangrijk is dat dit niet concurreert met de transitie naar een circulaire landbouw of bestaande natuurwaarden. Het efficiënt gebruik van reststromen vormt de sleutel.

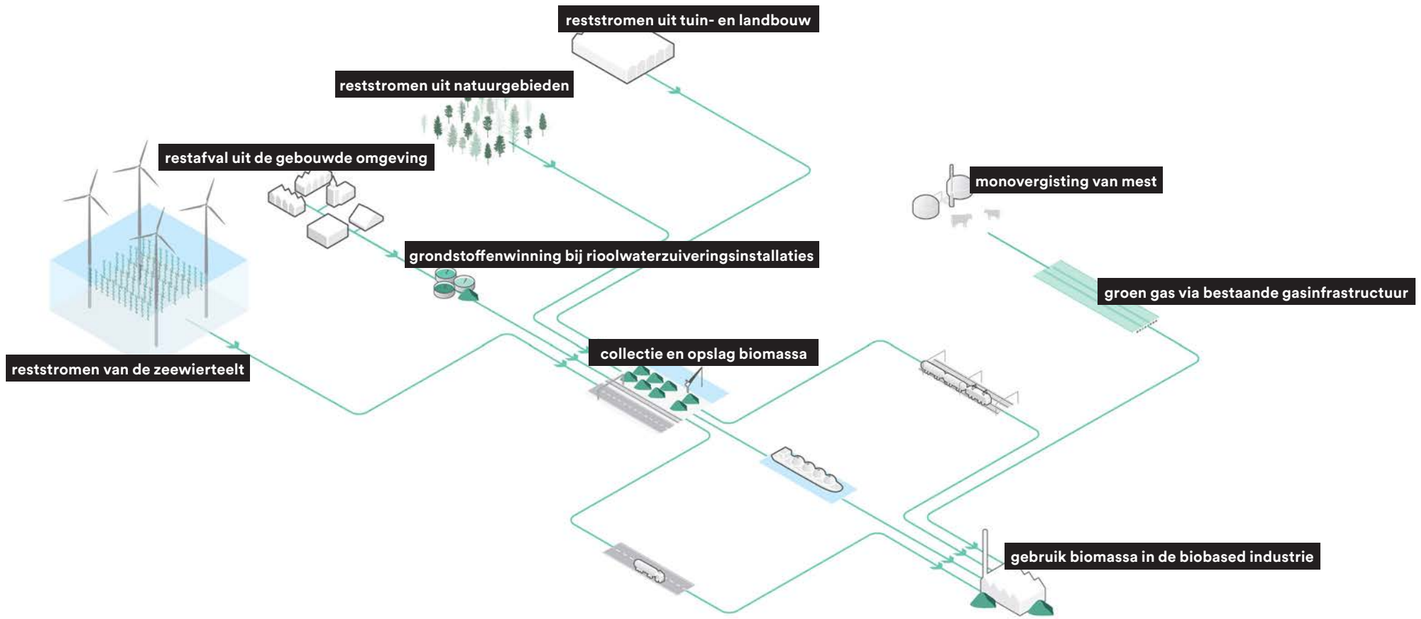
Niet alleen fossiele brandstoffen, maar ook het gebruik van fossiele grondstoffen gaat gepaard met broeikasgasemissies. De (petro)chemische industrie is daarom naarstig op zoek naar plantaardige grondstoffen die op termijn fossiele grondstoffen kunnen vervangen. Met deze grondstoffen kunnen vervolgens biobased producten worden gemaakt zoals medicijnen, bouwmaterialen en plastics. De groene grondstoffen zullen voor een groot deel gewonnen worden uit organisch restmateriaal afkomstig van de land- en tuinbouw en uit duurzaam natuurbeheer. Het is belangrijk dat biomassa hoogwaardig gebruikt wordt. Dit kan zowel als organische stof om de vruchtbaarheid van de bodem op peil te houden in de circulaire landbouw, alsook in de biobased industrie. Hoe het gebruik in beiden sectoren zich tot elkaar zal verhouden is onduidelijk. Het gebruik van biomassa als groene grondstof is een directe concurrent als het gaat om de transitie naar een circulaire landbouw en leidt tot het 'weglekken' van grondstoffen die nodig zijn om de bodemvruchtbaarheid op peil te houden. Organisch 'restmateriaal' is namelijk essentieel bij een transitie naar een circulaire landbouw, waarbij kunstmest wordt vervangen door natuurlijke, organische meststoffen. Idealiter wordt biomassa zo efficiënt mogelijk gebruikt en opgewerkt (gevaloriseerd) tot voor verschillende stakeholders bruikbare grondstoffen, waarna uiteindelijk het resterend organisch materiaal als compost terugkomt in de natuurlijke cyclus. Of dit technisch haalbaar is is nog onduidelijk.

De inzet van biomassa speelt een belangrijke rol in het halen van de klimaatdoelstellingen. Het gaat daarbij niet om de teelt van biomassa, maar om reststromen verkregen uit onder andere de voedselverwerkende industrie of de vergisting van mest. Mede afhankelijk van de ontwikkeling van de internationale landbouwproductiviteit en de mondiale voedselvraag, zullen er in de toekomst mogelijk scherpe keuzes nodig zijn rond de inzet van biomassa voor voedsel-, energie-, en grondstoffenproductie met het behoud van bodemvruchtbaarheid.



Afb. 44
Het onderdeel biomassa in het energiesysteem voor 2050. Voor het totale overzicht zie bladzijde 46.

Systeemarchitectuur biomassa



Ruimtelijke componenten:

Bijgaand schema toont verschillende biomassabronnen en hoe deze getransporteerd kunnen worden. Het gaat bij alle bronnen om reststromen. Dit zijn reststromen uit de voedselproductie zoals de zeewierteelt en de tuin- en landbouw of reststromen verkregen uit duurzaam natuurbeleid. Via de bestaande riolering zal afval van de gebouwde omgeving naar rioolwaterzuiveringsinstallaties worden getransporteerd, waar vervolgens grondstoffen uit deze reststromen gewonnen worden. Deze grondstoffen worden verzameld en opgeslagen en verder getransporteerd naar de biobased industrie. Ook groen gas geproduceerd uit mest zal, via de bestaande gasinfrastructuur, in deze industrie gebruikt worden.



Afb. 45
Shredders voor het vermalen van voedsel- en tuinafval waarna het via de riolering getransporteerd kan worden.



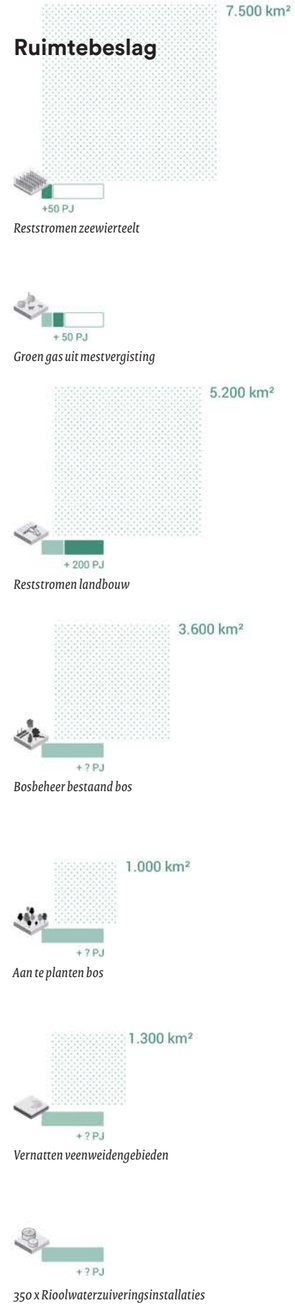
Biomassa in 2050

Natuur en Milieu becijfert in haar biomassa-visie dat er in 2050 maximaal 200 PJ[99] biomassa beschikbaar is uit reststromen van de glastuinbouw, landbouw en natuurbeheer. Dit is zonder de organische stoffen die Nederland nodig heeft voor transitie naar een circulaire landbouw en bijbehorende voedsel- en veevoerproductie. Biomassagebruik vereist grote ruimtelijke aanpassingen in en rond de zeehavens en industrieclusters. Dit betreft aanpassingen voor zowel de aanvoer als de opslag en verwerking van deze hoeveelheid goederen, naast alle andere ruimteclaims (zoals meer dan 10 km² elektrolyse-installaties) die door de energietransitie op havengebieden worden gelegd.

In de toekomst zullen ook stedelijke organische reststromen benut worden voor de biochemie door het slim gebruiken van de bestaande riolering. Steden genereren dagelijks enorme hoeveelheden biomassa, geproduceerd door miljoenen mensen. Deze biomassa wordt nu opgevat als afval en vindt zijn weg als 'zwart water' naar afvalwaterbehandelingen. Sommige van deze afvalwaterbehandelingen experimenteren momenteel met het omzetten van slib in groen gas of het extraheren van waardevolle grondstoffen uit het afvalwater. Wanneer dit principe wordt opgeschaald, kan dit in potentie een enorme hoeveelheid aan groene grondstoffen opleveren. Het wordt nog interessanter wanneer alle huishoudens hun voedsel- en tuinafval zouden vernietigen in zogenoemde shredders. Deze pulp kan dan 's nachts, wanneer het systeem onderbenut is, door de riolering naar de afvalwaterzuiveringsinstallaties worden getransporteerd. Hier kan het groene residu worden verfijnd tot groene bouwstenen en groen gas[100]. Op deze manier worden alle rioolwaterzuiveringsinstallaties geleidelijk kleinschalige bioraffinaderijen van stedelijk groenafval.

Aanvullend op de productie van groen gas bij rioolwaterzuiveringsinstallaties kan ook het (mono)vergisten van mest een waardevolle methode zijn om hernieuwbaar gas als grondstof (en mogelijk ook hoge temperatuur vraag) voor de industrie te winnen. Het is goed voorstelbaar dat er in ons land gebieden zijn waar, door de dominante positie van de veehouderij, een groot potentieel aanwezig blijft voor groen gas productie[101]. Delen van het (aard)gasnet kunnen worden behouden zodat het geproduceerde groen gas via deze leidingen naar de grote industrieclusters kan worden getransporteerd waardoor geen aanvullende infrastructuur nodig is. Kantekening hier is dat voor totstandkoming van de circulaire landbouw stedelijke organische reststromen de grootste lek vormen uit de voedselketen. Om daadwerkelijk kringlopen te sluiten zou er evenveel organisch materiaal terug in de bodem moeten als er jaarlijks verteerd, in ons klimaat zou het dan gaan om 1,5 tot 2 ton biomassa per hectare per jaar[102]. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen hoe de beschikbare biomassa ingezet kan worden in zowel de biobased industrie als de circulaire landbouw.

Naast het optimaal benutten van de aanwezige reststromen uit het huidig gebruik van het landschap zal nieuw landgebruik ook extra biomassa opleveren. De voorgestelde grootschalige zeewierteelt op de Noordzee kan met name hieraan bijdragen. Reststromen uit deze zeewierproductie kunnen belangrijke grondstoffen leveren voor de biobased economie. Geschat wordt dat uit de reststromen van de in totaal 7.500 km² aan zeewiervelden ongeveer 50 PJ aan waardevolle grondstoffen gewonnen kan worden. Eiwit is het meest waardevolle onderdeel van zeewier, maar zeewier bestaat maar voor een klein deel uit eiwitten[103]. De reststroompotentie is dus erg groot en kan een klimaatvriendelijk alternatief zijn voor fossiele grondstoffen voor de productie van chemicaliën en biobrandstoffen. De impact op de reductiedoelstellingen door plantaardige eiwitten uit zeewier te gebruiken als vervanging voor dierlijke eiwitten wordt besproken in paragraaf 5.5; Circulaire landbouw en eiwittransitie.



99 *Transitieagenda Circulaire economie, 2018. Biomassa & voedsel. In de literatuur wordt biomassa beschikbaarheid meestal uitgedrukt in Joules. Als omrekenfactor naar massa kan een gemiddelde waarde van 17 GJ/ton worden gehanteerd.*
100 *Studio Marco Vermeulen (2015) Biobased Backbone; towards a sustainable, economically resilient and more beautiful Dutch-Belgian Delta region.*
101 *Energie en Ruime; Een nationaal perspectief (2017); Dirk Sijmons, FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten, POSAD Spatial Strategies, Studio Marco Vermeulen, NRGlab / Wageningen Universiteit, Vereniging Deltametropool*
102 *Zie voor meer informatie over het gebruik van stedelijk restmateriaal in de circulaire landbouw het rapport: Circularity in agricultural production van de Wageningen University uit 2018.*
103 *Wageningen University & NoordzeeBoerderij, 2018. Kansen en belemmeringen voor 'Zeewierstarters'*

“Door delen van het landschap te transformeren kan jaarlijks bijna 7 Mton opslagen worden.”

Het absorbtievermogen van het landschap

Het gebruik van het landschap is altijd gepaard gegaan met een grote uitstoot aan broeikaskassen. Het landschap werd gebruikt om in grondstoffen en brandstoffen te voorzien. Om eten te kunnen bereiden en de huizen te verwarmen werden de oorspronkelijke bossen gekapt, de veengebieden ontgonnen en kolen en aardgas aan de bodem onttrokken. Wij kunnen dit ook omdraaien, door ons landschap zo in te richten dat het juist CO_2-opslaat in plaats van uitstoot. Deze absorptiemaatregelen zullen het landschap spectaculair veranderen.

De meeste prangende landschapsverandering zal plaatsvinden in de veenweidegebieden. Huidige oxidatie van de veenweiden gaat gepaard met een jaarlijkse CO_2 uitstoot van 4,3 Mton[104]. Het verhogen van de grondwaterstand in veenweidegebieden is een kostenefficiënte methode om CO_2-uitstoot te reduceren. Wordt de helft van alle veenweidengebieden vernat, dan levert dit een reductie van 2 Mton op[105].

Het vernatten van veenweiden gaat vaak ten koste van het oorspronkelijk landgebruik. Delen van deze veengebieden zullen worden getransformeerd tot natuur, alternatieve landbouw, productiebos of worden opgegeven. Daarmee zijn de veenweiden niet alleen een gouden kans voor het klimaat, maar ook voor meer biodiversiteit, weidevogels en een omslag naar een duurzame veehouderij en landbouwsector. Waar welke transformaties specifiek zullen plaatsvinden is niet onderzocht. Wel worden in paragraaf 5.5 verschillende toekomstperspectieven voor de landbouw besproken waar de transitie van de veenweidegebieden verder aan bod komt.

Het belang van meer groen

De Nederlandse bossen hebben een jaarlijkse netto koolstofopname van 2 megaton[106]. Maar de koolstofopslag in huidige bossen met huidig beleid is een tijdelijke oplossing, omdat bomen alleen koolstof opslaan als ze groeien.



“Vernatten van de veenweiden is niet alleen een gouden kans voor het klimaat, maar ook voor meer biodiversiteit en een omslag naar een duurzame veehouderij en landbouw-sector.”

Afb. 47
Elzenbroekbos



Nederland beschikt, buiten de Natura 2000 gebieden, over maar liefst 140.000 hectare bos, veelal oorspronkelijk aangelegd als productiebos voor de mijnbouw. Hier kunnen selectief bomen worden vervangen door jonge exemplaren van andere soorten. Dit levert circa 8m³ per hectare per jaar aan hout op.

Afb. 46
Een voorbeeld van duurzame bosbouw in Scandinavië.

Als ze dood gaan geven ze weer CO_2 af. Het gebruiken (en dus het kappen) van deze bomen om het hout vervolgens langdurig te gebruiken in combinatie met het aanplanten van nieuwe bomen draagt wel bij aan de reductiedoelstelling omdat CO_2 wordt afgevangen en langdurig wordt opgeslagen, een natuurlijke vorm van *Carbon Capture and Utilization* dus. Tegelijkertijd kan door de aanplant van een gevarieerdere mix aan bomensoorten de ecologische, landschappelijke en recreatieve meerwaarde in de vaak monotone bossen verbeterd worden.

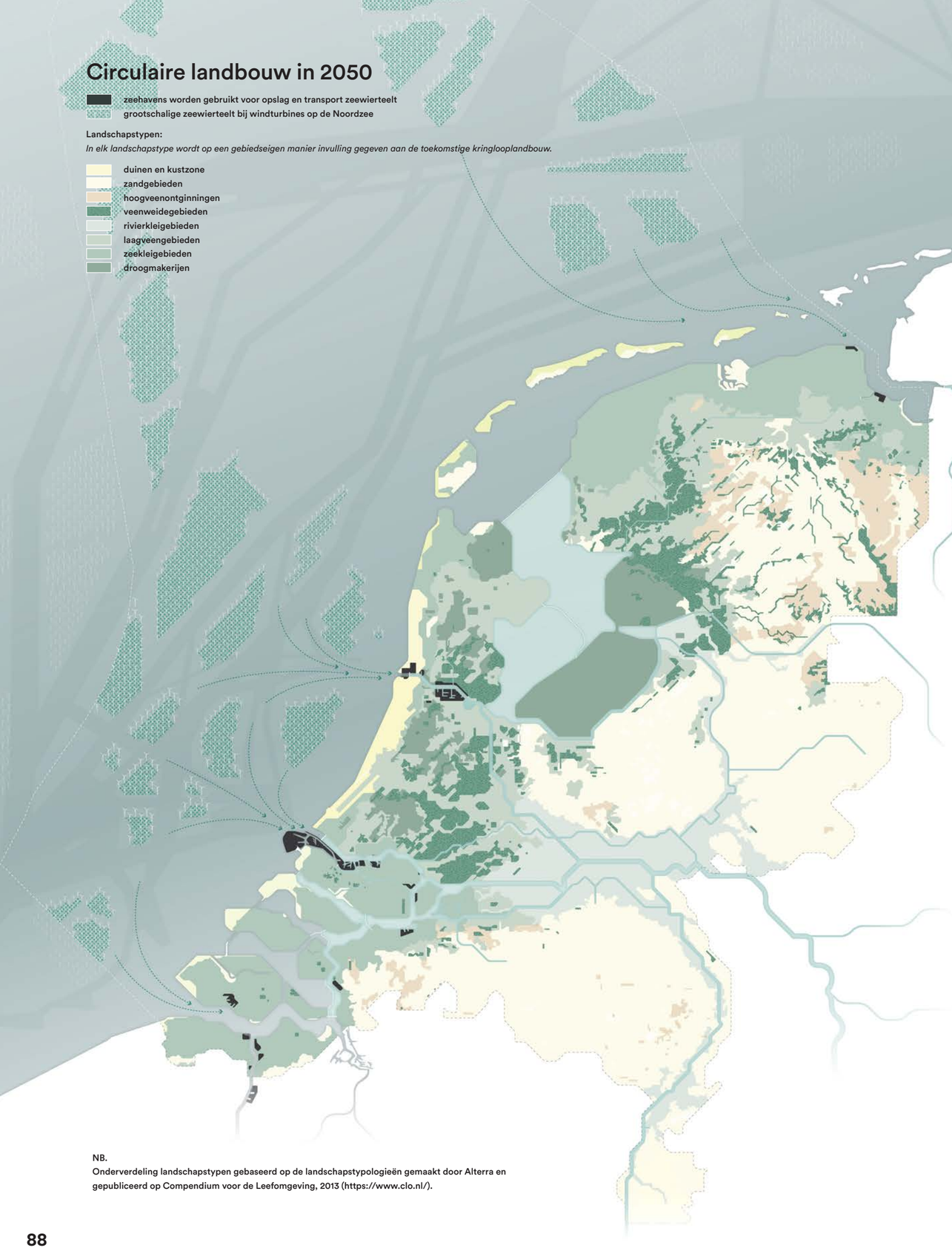
De Nederlandse bos- en houtsector heeft de ambitie om de komende drie decennia 100.000 hectare nieuw bos in Nederland creëren[107]. Dit zou een gemiddeld jaarlijkse CO_2 opname van ongeveer 1,3 Mton[108] betekenen. Deze bosaanplant en bijbehorend duurzaam beheer zou een impuls kunnen beteken voor delen van Nederland die kampen met een slechte bodemkwaliteit en/of een tanende agrarische economie. Waar deze bossen aangeplant gaan worden is echter niet nader onderzocht. Wel zullen deze bossen zich anders manifesteren naar gelang het landschapstype. Met het vernatten van veenweidegebieden kunnen hier bijvoorbeeld broekbossen worden aangeplant, die daar van oorsprong ook veel voorkwamen. De aanplant van nieuw bos en ander groen heeft niet alleen positieve effecten op ons landschap, maar kan ook in de bestaande gebouwde omgeving bijdragen aan diverse doelen. Wanneer we onze versteende steden meer van groen voorzien, verbeteren we het microklimaat, kunnen we de steden beter koel houden en wordt energie voor koelen bespaard. Tegelijkertijd verbeteren we de biodiversiteit, zuiveren we de lucht en slaan we CO_2 op. Als laatste levert meer groen in onze steden en dorpen een directe kwaliteitsimpuls op.

Tot slot kan door het vervangen van een kwart van het ophoogzand met olivijn 1,2 Mton CO_2eq opgeslagen worden (zie reductiemaatregelen op pagina 50). Olivijn heeft een lichtgroene kleur en als het verweert dan “bindt” het CO_2: de CO_2 in de lucht komt vast te zitten in een andere stof, bicarbonaat. Deze stof wordt door regen vervolgens weggespoeld en komt in de oceaan terecht. Het komt uiteindelijk als kalk op de bodem van de zee terecht waar het miljoenen jaren kan blijven liggen. Een deel van onze stranden zal dan groen worden, in de twee betekenissen van het woord.

Theoretisch zou deze landschapstransformatie van onze bossen, landbouw, stranden en veenweidengebieden jaarlijks 7 Mton aan broeikasgasemissies kunnen opslaan.

104 Wageningen University & Research, 2018. Veenweiden verantwoordelijk voor groot deel CO_2-uitstoot. Zie verder: http://edepot.wur.nl/472317
105 Innoveren met een missie, integrale kennis- en innovatiagenda voor klimaat en energie, 2019.
106 https://resource.wur.nl/nl/show/Veenweiden-verantwoordelijk-voor-groot-deel-CO_2-uitstoot.html
107 CE Delft (2017) MKBA 100.000 hectare extra bos in Nederland.
108 Pulselli et al. 2019. Een hectare aan gezond bos compenseert ongeveer 13 ton CO_2-uitstoot. Dat is dus 1,3 Mton bij 100.000 ha).

5.5 Circulaire landbouw & eiwittransitie



NB.
Onderverdeling landschapstypen gebaseerd op de landschapstypologieën gemaakt door Alterra en gepubliceerd op Compendium voor de Leefomgeving, 2013 (https://www.clo.nl/).

Om de klimaatdoelstellingen te behalen zullen er naast de transitie naar een fossielvrij energie- en grondstoffensysteem meerdere ingrijpende transformaties plaatsvinden. Hoe kunnen wij deze transities benutten om onze reductiedoelstellingen te halen? Een korte uitstap naar de transitie richting een klimaatneutraal en circulair voedselsysteem.

Dankzij onze ligging in het stroomgebied van Schelde, Rijn en Maas heeft Nederland een uitzonderlijk vruchtbare bodem[109]. Aan die bodem hebben we een diversiteit aan landschappen en steden en een bloeiende agrarische sector te danken. Het is een van de meest intensieve en productieve landbouwgebieden ter wereld. De keerzijde hiervan is dat de productie en consumptie van dierlijke producten, zoals vlees, zuivel en eieren, in belangrijke mate bijdragen aan de broeikasgasuitstoot. Daarnaast wordt door het ploegen van de bodem meer CO_2 uitgestoten, omdat er meer zuurstof in de bodem wordt gebracht, waardoor vertering van organisch materiaal versneld wordt. Ook het bemesten met stikstof in de gewassenteelt zorgt voor uitstoot van broeikasgassen.

De veehouderij veroorzaakt op dit ogenblik 10% van de totale uitstoot van broeikasgassen in Nederland[110]. Als alle nu bekende maatregelen worden genomen om deze uitstoot terug te dringen, zal in 2050 de CO_2-emissie vanuit de landbouw volledig beslag leggen op de totale hoeveelheid broeikasgas die Nederland dan nog mag uitstoten (11 Mton CO_2-equivalenten). Een kleinere veestapel is dus onvermijdbaar en zal de negatieve effecten van de veehouderij op milieu, landschap en biodiversiteit verminderen.

Ook de grondgebonden landbouw zal moeten veranderen, onder andere vanwege de grote ecologische druk die het uitoefent op de bodem, het landschap en het milieu. Dankzij kunstmest is de productiviteit van de bodem enorm toegenomen, maar is ook het bodemleven grotendeels verdwenen. De mest bevat veel nutriënten en door het uitrijden van de mest op het land raakt de bodem overbelast. Voor de transitie naar een circulaire, natuur- en landschapsinclusieve landbouw is een zekere extensivering onvermijdelijk, wat minder opbrengsten per hectare betekent. Er is dus meer grond nodig voor dezelfde opbrengst[111].

Algemene maatregelen om te komen tot een klimaatneutrale landbouwsector zijn het optimaliseren van de akkerbouw en landbewerking met slimme gewasrotaties[112], grondbewerkingen en beperkte mesttoevoer waardoor meer CO_2 wordt vastgehouden en het bodemleven verbetert. Om te zorgen dat de grond gezond blijft is het belangrijk om gewassen niet elk jaar op dezelfde plek te plaatsen. Door gewassen te roteren is er minder kunstmest nodig en wordt de bodem niet uitgeput. Verder draagt precisiebemesting bij aan de afname van het stikstof, nitraat en fosfaatoverschot. Door waarde toe te voegen aan wat voorheen als afval werd bestempeld en door stikstof- en fosfaatkringlopen meer in balans te brengen kan een circulaire landbouw gestalte krijgen. Het toekomstige productielandschap zal naast grondgebonden voedselgewassen onder andere bestaan uit natte teelten, bosbeweiding en agroforestry. Het vervangen van dierlijke eiwitten voor plantaardige eiwitten in ons voedingspatroon levert een landschap op waar tevens ruimte is voor natuur, recreatie, groene industrie en wonen. Naast het stimuleren van de economie zal het voorgestelde productielandschap ook de ecologische waarden in het gebied aanzienlijk kunnen versterken.

“De veenweide-gebieden stoten jaarlijks evenveel uit als twee miljoen auto’s.”

“De blaarkop is een runderras dat beter bestand is tegen hogere waterstanden.”

Perspectieven voor een klimaatneutrale landbouwsector[113]

Gebruik makend van regionale kenmerken, zowel landschappelijk als geomorfologisch, is een divers pakket aan klimaatneutrale en CO_2-absorberende maatregelen voor de landbouwsector te formuleren. Deze paragraaf beschrijft per landschapstype het huidige gebruik, de dominante landbouwvorm en daarmee gepaard gaande opgaven. Vervolgens wordt toegelicht hoe verschillende maatregelen kunnen bijdragen aan de nationale klimaatopgave en een toekomstbestendige landbouwsector. De beschreven maatregelen worden nauwkeurig toegelicht in het rapport: *Klimaatmaatregelen in een leefbaar landschap – ruimtelijke aspecten sectortafel landbouw en landgebruik* van H+N+S Landschapsarchitecten (2018).

Veenweidegebieden

In veenweidegebieden vindt maaivelddaling plaats door oxidatie van het veen. De laatste decennia is de oxidatie in een stroomversnelling gekomen door mechanisatie van de landbouw en de daarbij horende diepere drooglegging. Bij de oxidatie van het veen komt veel CO_2 vrij. De schade door verzakkingen en peilfluctuaties aan infrastructuur en funderingen in landelijk en stedelijk gebied is aanzienlijk. Door ontwatering van diepe veengebieden wordt bovendien grondwater onttrokken. Wanneer het brak grondwater betreft, leidt dit tot verzilting van de bodem. De hogere delen van de veenweidegebieden hebben te maken met schade aan teelten bij langdurige perioden van droogte. Tot slot heeft de huidige, diepe ontwatering grote gevolgen gehad voor het weidevogelareaal. Vogels als de grutto en leeuwerik zijn hierdoor zeldzaam geworden.

Dominante landbouwvorm

In het veenweidegebied is de melkveehouderij dominant. Bij een te hoog grondwaterpeil gaat de dominante teelt (gras) slechter presteren. Het (huidige) landbouwsysteem van de melkveehouderij combineert dan ook moeizaam met de ambitie om de oxidatie van het veen terug te brengen.

Klimaatmaatregelen

Om bodemdaling door oxidatie van het veen te verminderen, dan wel geheel te stoppen, dient het waterpeil te worden opgezet. Hiermee kan de CO_2 uitstoot door oxidatie van het veen worden tegengegaan. De transitie van de landbouw in de veenweidegebieden verschilt per type veenbodem. Er worden twee typen onderscheiden:

Diepe veengebieden (>0,4m): het peil wordt opgezet tot 20cm onder maaiveld. Bij het opzetten van het waterpeil tot boven het maaiveld wordt de oxidatie van het veen gestopt en neemt de bodemdaling en CO_2 uitstoot af, maar door moerasvorming nemen de emissies van lachgas en methaan toe. Voor het terugbrengen van broeikasgassen wordt een peil van -20cm als optimaal gezien[114]. In veenweidegebieden waar de veenlaag wordt afgedekt door een laag klei (klei op veen) wordt het peil opgezet tot de onderkant van de kleilaag.

- Transitie van melkveehouderij naar akkerbouw met natte teelten, zoals lisdodde (bouwmateriaal), cranberry (voedselproductie), kroosvaren (eiwitrijk voedergewas tbv. melkveehouderij) of riet (energiegewas/ biomassa). Het Planbureau voor de Leefomgeving berekende dat er circa 150 km^2 landbouwgrond naar natte landbouw getransformeerd kan worden. Dit levert een opslag van 0,25 Mton op[115], bovenop de reductie van de uitstoot door oxidatie die niet meer plaastvindt.
- Transitie naar extensieve(re), natuurinclusieve en circulaire melkveehouderij met vaste, bloemrijke weilanden met beweiding door runderrassen die beter bestand zijn tegen hogere waterstanden, zoals de blaarkop. De verandering van graslanden naar bosbeweiding[116] kan in potentie de uitstoot met circa 0,5 Mton[117] reduceren.

Ondiepe veengebieden (<0,4m): veen wordt vertraagd ‘opgestookt’ tot de klei- of zandbodem onder het veen bereikt is.

- Transitie naar landschapsinclusieve landbouw met beperkte oxidatieremmende maatregelen, zoals de omzetting naar vaste, bloemrijke weilanden.
- De aanleg van tussen- of middenboezems, waarin water wordt geborgen, voorziet in de watervraag tijdens droogte en biedt tegendruk om verzilting tegen te gaan.

Zandlandschappen

De zandlandschappen hebben te maken met een aantal opgaven. Zandgronden zijn door hun fysische eigenschappen gevoeliger voor bodemdegradatie, afname van het bodemleven, vermesting van de bodem, emissies van broeikasgassen naar de lucht en uitspoeling van mest naar het oppervlaktewater. De relatief hoge ligging van de zandlandschappen, gecombineerd met een relatief laag percentage organische stof maakt bovendien dat deze bodems gevoelig zijn voor uitdroging.

Dominante landbouwvorm

Tot halverwege de 20ste eeuw was het gemengde bedrijf (een combinatie van akkerbouw en veeteelt) het dominante landbouwsysteem op de zandgronden. Organisch materiaal van de woeste, onontgonnen gronden en organische mest werden gemengd om de bodemvruchtbaarheid van de akkers op peil te houden. De introductie van kunstmest en maatregelen die intensivering en specialisatie stimuleerden, hebben eraan bijgedragen dat de varkens- en puimveehouderij inmiddels dominant is. Akkerbouw staat veelal in dienst van de veehouderij (mais). In bepaalde gebieden, zoals in de veenkoloniën, is akkerbouw (teelt van fabrieksaardappelen) dominant.

Klimaatmaatregelen

Voor bodemherstel en de transitie naar kringlooplandbouw is het aannemelijk dat de landbouw lokaal moet worden geëxtensiveerd dan wel ecologisch geïntensiveerd en mest zoveel mogelijk binnen de eigen percelen of in de regio kan worden herverdeeld. Door koolstofvastlegging in de bodem en het terugbrengen van de kunstmestgift kan de kwaliteit van de bodem en het bodemleven worden verbeterd. Door extensivering van het landbouwkundig gebruik rondom natuurgebieden, beekdalen en waterwingebieden zullen de biodiversiteit en waterkwaliteit toenemen. Hermeandering van beekdalen, toename van het areaal (natte) natuurgebieden en het vasthouden van regenwater helpen bij het tegengaan van verdroging. Deze zijn tevens nodig om piekbuien te kunnen opvangen. Voor een duurzame landbouw zijn er per landschapstype de volgende maatregelen te onderscheiden:

Duinen

- De toepassing van vanggewassen (groenbemester die volgt na de eigenlijke teelt), aanpassing van grondbewerking en bemesting heeft vermoedelijk een positief effect op het koolstofvastleggende vermogen van de bodem.

Stuwwallen en heuvels

- Met de aanleg van houtwallen, (kleine) bossen en andere landschapselementen op flanken van stuwwallen kan koolstof worden vastgelegd terwijl tegelijkertijd de landschapstructuur wordt versterkt.
- In waterwingebieden kan extensivering van de landbouw (minder fosfaat en nitraat) of aanpassing van het grondgebruik van landbouw naar agrarisch natuurbeheer of zelfs natuur bijdragen aan verbetering van infiltratie, een betere waterkwaliteit en een toename van de koolstofvastlegging.
- Revitalisering van productiebos kan een bijdrage leveren aan koolstofvastlegging.

Kampen- en essenlandschap

- Herstel van vloeiweidesystemen langs beekbegeleidende hooilanden vergroot de infiltratie van grondwater. De aanleg van beekbegeleidende (productie)broekbossen levert een bijdrage in de koolstofvastlegging.
- Met de aanleg en revitalisering van landschapselementen kan koolstof worden vastgelegd terwijl het landschap tegelijkertijd wordt versterkt en de agrobiodiversiteit toeneemt.
- Revitalisering van (naald)productiebossen op voormalige woeste gronden tbv. koolstofvastlegging.

Hoogveenontginningen

- Het regelmatige grid en het verleden als energielandschap maakt dat de plaatsing van windturbines een verbreding van de landbouw zouden kunnen zijn, mits hiervoor voldoende maatschappelijk draagvlak bestaat.

Kleilandschappen

Eeuwenlang hebben we in Nederland rivieren en zeeën geprobeerd te temmen. Jonge zeekleigebieden werden ingedijkt en grote polders werden drooggemalen. Zo ontstond het zeer vruchtbare Nederlandse polderlandschap, voedingsbodem voor de akkerbouw[118]. Deze kleilandschappen kampen nu met een aantal specifieke problemen[119]. De diepere polders hebben te maken met verzilting en zoute kwel. Kwalitatief goed water uit hogere boezems en plassen zijgt weg door diepe ontwatering. Daarnaast verdrogen natuurgebieden en is er noodzaak tot extra waterbergingsgebieden.

Dominante landbouwvorm

Op binnendijkse zeekleibodems wordt veel akkerbouw bedreven. Het rivierengebied heeft veelal vruchtbare bodems die liggen op nutriëntrijke rivierafzettingen. Veel akkercomplexen op de stroomruggen zijn inmiddels beplant met fruitbomen. De komgebieden zijn over het algemeen ongeschikt voor akkerbouw vanwege de natte bodem. Toch is hierin de laatste decennia verandering gekomen, door een steeds diepere ontwatering van de komgebieden en door verbeterde bemestingsmethoden. Tuinbouw vindt ook plaats in het rivierengebied, met name op de overslaggronden. Dit zijn gronden die gevormd zijn door dijkdoorbraken[120].

Klimaatmaatregelen

Kansen in het kleilandschap liggen vooral in de koppeling met watersysteemopgaves. Er liggen kansen voor de vastlegging van koolstof door bijvoorbeeld natte bossen in deze gebieden aan te planten. In gebieden met zoute kwel kan het opzetten van zoetwaterpeilen tegendruk bieden aan de zoute kwel en tegelijk een zoetwaterbuffer vormen voor droge periodes. Deze verandering in het landschap kan worden meegekoppeld met het vastleggen van CO_2 door middel van gewassen. Per landschapstype kunnen de volgende maatregelen bijdragen aan een duurzame landbouw:

Zeekleigebieden

- In diepere oudlandpolders waar verzilting plaatsvindt (en veel zoetwater nodig is om dit door te spoelen) staat de huidige vorm van landbouw bedrijven onder druk. Hier kan het waterpeil verhoogd worden, er liggen dan kansen voor de combinatie met natte teelten, nieuwe bosaanleg of nieuwe natuur.

Droogmakerijen

- (Revitaliseren van) productiebos
- De aanleg van tussen- of middenboezems, zorgt ervoor dat wegzijging uit hoger gelegen boezems en (veen)water wordt teruggedrongen. De tussenboezem kan tegelijkertijd dienen als waterberging, natuurlijke waterzuivering, natuur, en kan CO_2 opslaan door middel van het planten van houtige biomassa.

Rivierkleigebieden

- (Revitalisering van) productiebos in de komgronden.
- Natte lage delen in komgronden - die minder geschikt zijn voor landbouw - kunnen omgevormd worden tot retentiegebieden in combinatie met houtproductie en/of koolstofvastlegging.
- Agroforestry langs de oeverwallen draagt bij aan een hogere koolstofvastlegging en biodiversiteit bij fruittelers en wellicht ook boomkwekers.

“Beek-begeleidende-broekbossen leveren een bijdrage in de koolstof-vastlegging.”

Vorige bladzijden:
109 CRa & Team Vlaams Bouwmeester (2017) De Lage Landen 2020 – 2100; een toekomstverkenning.
110 Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2018. Duurzaam en gezond, naar een houdbaar voedselsysteem.
111 LNV (2019), Realisatieplan LNV – Op weg met nieuw perspectief, Den Haag: Ministerie LNV, p38.
112 Overgenomen uit H+N+S Landschapsarchitecten (2018), p27.

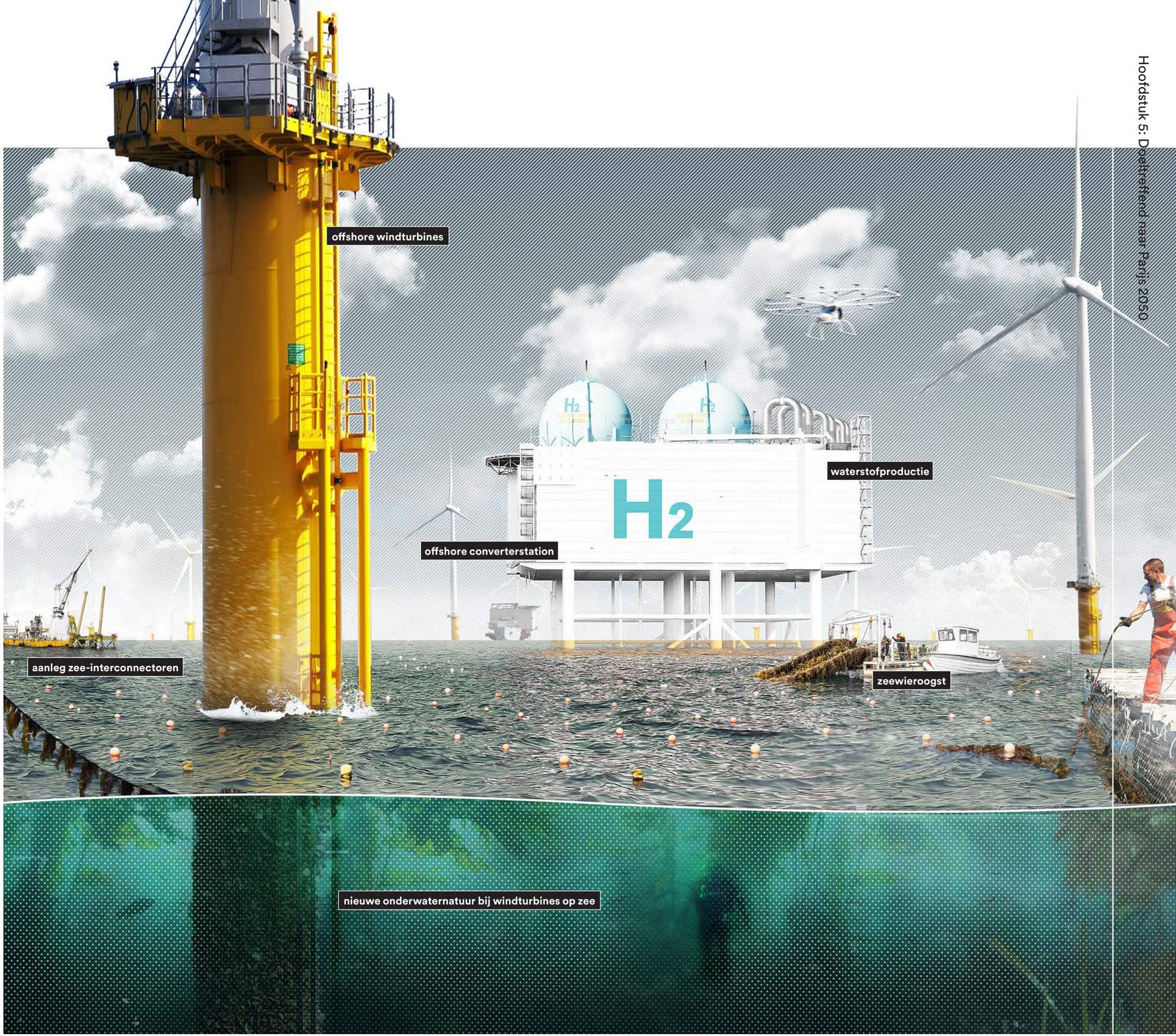
113 Voor de uitwerking van dit thema is de indeling gebruikt uit H+N+S Landschapsarchitecten (2018), Klimaatmaatregelen in een leefbaar landschap – ruimtelijke aspecten sectortafel landbouw en landgebruik, Amersfoort: H+N+S Landschapsarchitecten.
114 Plambeck & Wijnakker (2019), p13.
115 PBL (2018); Kosten energie- en klimaattranstie 2030 – update 2018.
116 Hawken, P., et al., (2017) Drawdown, het meest veelomvattende plan ooit om klimaatontwrichting te keren.
117 De cijfers bij deze maatregel zijn gebaseerd op wereldwijde data en niet toegespitst op de Nederlandse verhoudingen en zijn daarom minder nauwkeurig.
118 H+N+S Landschapsarchitecten (2018)
119 Overgenomen uit: H+N+S Landschapsarchitecten (2018), p51.
120 http://www.geologievannederland.nl/landschap/landschappen/rivierlandschap

“In een duurzaam en gezond eetpatroon passen naar verhouding minder dierlijke en meer plantaardige eiwitten.”

Minder dierlijke eiwitten op het menu; de eiwittransitie

De klimaatopgave ligt niet alleen op het bord van de landbouw en veehouderij maar vraagt ook om aanpassing van onze eetgewoonten. In een duurzaam en gezond eetpatroon passen naar verhouding minder dierlijke en meer plantaardige eiwitten en aminozuren. Dit vraagt een behoorlijke omschakeling, want de consumptie van dierlijke eiwitten is de afgelopen decennia juist sterk toegenomen. Om onze CO_2eq uistoot te reduceren wordt in het Klimaatakkoord geadviseerd om onze inname van dierlijke eiwitten te verminderen tot 40%[121], in plaats van de huidige 60%. Wij streven ernaar dat in 2050 maximaal een kwart van de totale eiwitconsumptie door dierlijke eiwitten wordt ingevuld.

We zullen dus op zoek moeten naar alternatieven voor de dierlijke eiwitten. Bonen en andere peulvruchten zijn een belangrijke bron van aminozuren. Ons lichaam zet aminozuren vervolgens om in eiwitten. Het telen van andere gewassen op het land (of zelfs in de stad) is daarvoor nodig. Daarnaast zijn eiwitten uit zeewier een goede vervanger voor dierlijke eiwitten. Zeewier is een veelzijdig gewas dat geteeld kan worden zonder gebruik van land, zoet water of meststoffen. Zeewier is buitengewoon geschikt als voedsel voor mens en dier[122] en zet CO_2 om in biomassa en zuurstof. Dit proces helpt verzuring van de oceanen tegen te gaan. Daarnaast zijn zeewiervelden kraamkamer en leefomgeving voor jonge vissen en schaaldieren. De Nederlandse Noordzee is heel geschikt voor de teelt van zeewier. Dit komt omdat er een overschot is aan voedingsstoffen in de Noordzee. Deze voedingsstoffen worden aangevoerd door de rivieren die via Nederland de Noordzee in stromen. De Noordzee kan zo een substantiële bijdrage leveren aan de transitie van het voedselsysteem. In totaal gaat het om 7.500 km². Doelstelling is dit oppervlak meervoudig te benutten: voor windenergie, voor natuurontwikkeling, voor aangepaste vormen van visserij en voor de eiwitproductie. Met een speciale techniek zijn eiwitten uit het wier te halen om te gebruiken voor voedingsmiddelen. Wat dan nog overblijft, kan gebruikt worden als grondstof in de biobased economie. Vervangen wij de helft van onze dierlijke eiwitten door plantaardige eiwitten uit deze zeewiervelden, dan reduceren wij onze jaarlijkse uitstoot met 11,2 Mton[123].



121 Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2018. Duurzaam en gezond, naar een houdbaar voedselsysteem.
122 Wageningen University & NoordzeeBoerderij, 2018. Kansen en belemmeringen voor ‘Zeewierstarters’
123 Uitgaande dat tien ton nat zeewier gelijk staat aan één ton opgenomen CO_2. Uitgaande van zeewierproductie als vervanging van rundvlees door plantaardige proteine. Bron: Innoveren met een missie, integrale kennis- en innovatiagenda voor klimaat en energie, 2019.

5.6 Verstedelijking & mobiliteit



NB.
Vliegvelden zijn groter ingetekend dan werkelijkheid (150%).

Een groot deel van onze nationale emissies (14%) komt voor rekening van het wegverkeer, voornamelijk woon-werk verkeer. Kunnen wij onze woon- en werkomgeving zo aanpassen dat we mínder reizen in plaats van méér en nóg verder? Hoe kunnen we verstedelijking en mobiliteit inzetten om ons energiegebruik te verlagen? Een beknopte visie op duurzame mobiliteit en verstedelijking[124].

Nederland heeft veel nieuwe woningen nodig, ongeveer één miljoen tot 2040. Door woningbouw en mobiliteit in samenhang te beschouwen, kunnen we nabijheid stimuleren en keuzevrijheid vergroten. In dit toekomstperspectief worden nieuwe woningen gebouwd in de buurt van plekken met veel werkgelegenheid en in de nabijheid van voorzieningen. Verdichting van bestaande steden beperkt automobiliteit, is goed voor de stedelijke economie (agglomeratievoordelen) en ontziet het omliggende buitengebied[125].

Het beperken van transportbewegingen

In grote delen van Nederland is de regionale woningbouwopgave binnen bestaand stedelijk gebied te realiseren. Onder andere door verouderde bedrijventerreinen te transformeren naar gemengde stedelijke gebieden. Veel van deze bedrijventerreinen liggen langs bestaand spoor, kampen deels met leegstand en vormen hitte-eilanden in de stad. De overgebleven bedrijvigheid hier is vaak niet meer industrieel en kan goed gecombineerd worden met woonfuncties en het toevoegen van groen en water. Daarnaast zal nieuwe verstedelijking plaatsvinden binnen fietsafstand van hoogwaardige openbaar vervoer (HOV) haltes, zowel bestaande als nieuw te ontwikkelen. Een voorwaarde is om andere ruimteclaims in de stad, bijvoorbeeld ten behoeve van klimaatbestendigheid, slim met elkaar te combineren[126].

Het verminderen van mobiliteit is niet alleen energetisch interessant, maar ook voor de kwaliteit van leven. Wij hoeven niet méér of nóg verder te reizen, maar juist korter. Zo houden we meer tijd over voor elkaar of dingen die we echt belangrijk vinden. De bestaande OV-hoofdstructuur van een regio leent zich als ruggengraat hiervoor. Dit zijn de meest multimodaal ontsloten plekken in een regio, waar een ieder naar toe kan komen: lopend, met de fiets, auto of het OV. We realiseren ons steeds meer dat hoe meer keuze we binnen 10 minuten reizen hebben, hoe minder kilometer we ons dagelijks verplaatsen. Door nieuwe woningen en werk te ontwikkelen binnen bebouwd gebied beperken we niet alleen de mobiliteit van de nieuwe ontwikkelingen[127], maar ook die van omliggende gebieden waarvan het aantal adressen binnen kort bereik vergroot wordt[128].

“Maatregelen die bijdragen aan een duurzame stad, maken de stad tegelijkertijd aantrekkelijker en leefbaarder.”



Afb. 48
Europese steden die door middel van hoogwaardig openbaar vervoer te bereiken zijn. Voorgesteld internationale HSL-netwerk voor Amsterdam. Bron: Royal HaskoningDHV, 2018.



Afb. 49
De studie Dashboard Verstedelijking; Hoe de woningbouwopgave maatschappelijke meerwaarde levert en waarom het Rijk hier belang bij heeft. Bron: College van Rijksadviseurs, 2018.

Hoogwaardig openbaar vervoer

Economisch vitale en aantrekkelijke steden met een hoge kwaliteit van de leefomgeving dragen bij aan de concurrentiepositie van Nederland[129]. Belangrijke notie is dat de maatregelen die bijdragen aan een duurzame stad, de stad tegelijkertijd aantrekkelijker en leefbaarder maken. Door de woningbouwopgave op een slimme manier in te zetten en bestaande wijken te verdichten, ontstaat er meer draagvlak voor voorzieningen op loopafstand zodat de noodzaak tot reizen beperkt blijft. Zetten we daarnaast landschappelijke structuren in zoals singels, dan kunnen we het urban-heat-island effect verminderen. Belangrijk is dat onze steden nationaal en internationaal goed verbonden zijn. We zetten in op betere verbindingen van de grensregio’s met onze buurlanden en het sneller verbinden van Nederland met de belangrijkste economische kerngebieden aldaar[130]. Hoogwaardig internationale treinverbindingen op korte afstanden (250-750 km) zullen de plaats van het vliegtuig innemen waardoor de CO_2-uitstoot vermindert. Voor afstanden met een reistijd tot zes uur vormt de internationale trein een duurzaam en aantrekkelijk alternatief[131]. Belangrijke voorwaarde is de aanleg van internationale hoge snelheidsverbindingen tussen de Europese metropolen die de reistijden in Europa flink zullen verkorten[132]. Een sterk internationaal netwerk verbindt ons met de rest van de wereld en een fijnmazig en hoogwaardig netwerk van fietspaden, wegen, spoorwegen, metro-, tram- en buslijnen brengt een verbonden stedelijk systeem tot stand met een enorme toegankelijkheid en bewegingsvrijheid.

Circulaire woningbouwstrategie

De traditionele bouwsector is verantwoordelijk voor 5% van de wereldwijde CO_2-uitstoot. Ook de mondiale druk op natuurlijke grondstoffen is hoog: 40% wordt verbruikt in de bouw. Verandering in de bouwsector is noodzakelijk, zeker nu Nederland aan de vooravond staat van een enorme woningbouwopgave. Door circulair te bouwen kan de woningbouwopgave een actieve rol vervullen in de strijd tegen klimaatverandering.

Door minerale bouwmaterialen te vervangen door biobased bouwmaterialen wordt de uitstoot van CO_2 geminimaliseerd. Sterker nog: in biobased materialen kan CO_2 voor lange tijd worden opgeslagen, misschien wel voor enkele honderden jaren. Wanneer de helft van de woningbouwopgave in massieve houtbouw wordt gerealiseerd, kan jaarlijks 1,2 Mton CO_2eq opgeslagen worden[133]. Door het lage gewicht is hout bij uitstek geschikt om extra verdiepingen toe te voegen aan bestaande gebouwen. Als onderdeel van de duurzame verstedelijking gebruiken we dan ook letterlijk en figuurlijk de bestaande bedrijven als fundament. Zo ontstaan nieuwe stedelijke woon-werk-gebieden nabij binnensteden en dichtbij hoogwaardig openbaar vervoer. ■

Vorige bladzijden:
124 Voor de uitwerking van dit thema bekijk; Panorama Nederland; hoofdstuk 4. Meer tijd voor elkaar. College van Rijksadviseurs, 2018.
125 Planbureau voor de Leefomgeving, 2019. Transities, ruimteclaims en landschap
126 Planbureau voor de Leefomgeving, 2019. Transities, ruimteclaims en landschap
127 Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2019. Schets Mobiliteit naar 2040: veilig, robuust, duurzaam.
128 Zie College van Rijksadviseurs, Extreem veel keuze en ongelofelijk nabij (2019)

129 College van Rijksadviseurs, (2018). Panorama Nederland. Den Haag: College van Rijksadviseurs.
130 College van Rijksadviseurs, (2018). Panorama Nederland. Den Haag: College van Rijksadviseurs.
131 Royal HaskoningDHV, 2018. Vergelijk vliegen met treinreizen voor korte afstanden.
132 Royal HaskoningDHV, 2018. Vergelijk vliegen met treinreizen voor korte afstanden.
133 Gebaseerd op cijfers uit de studie: Zuid-Houtland, gepubliceerd in Regio van de Toekomst; schetsen voor de Nationale Omgevingsvisie. BNSP & NVTL, 2019.

“Door minerale bouwmaterialen te vervangen door biobased bouwmaterialen wordt de uitstoot van CO_2 geminimaliseerd.”



Afb. 50
The Dutch Mountains, een voorbeeld van duurzame verstedelijking, nabij het treinstation te Eindhoven. Het gebouw wordt uitgevoerd in massief hout. Rechtsachter de torens van District E die op het Stationsplein zijn gepland. Op de voorgrond de gebouwen op de TU/e Campus. ©StudioMarcoVermeulen

Een samenhangende energiestrategie



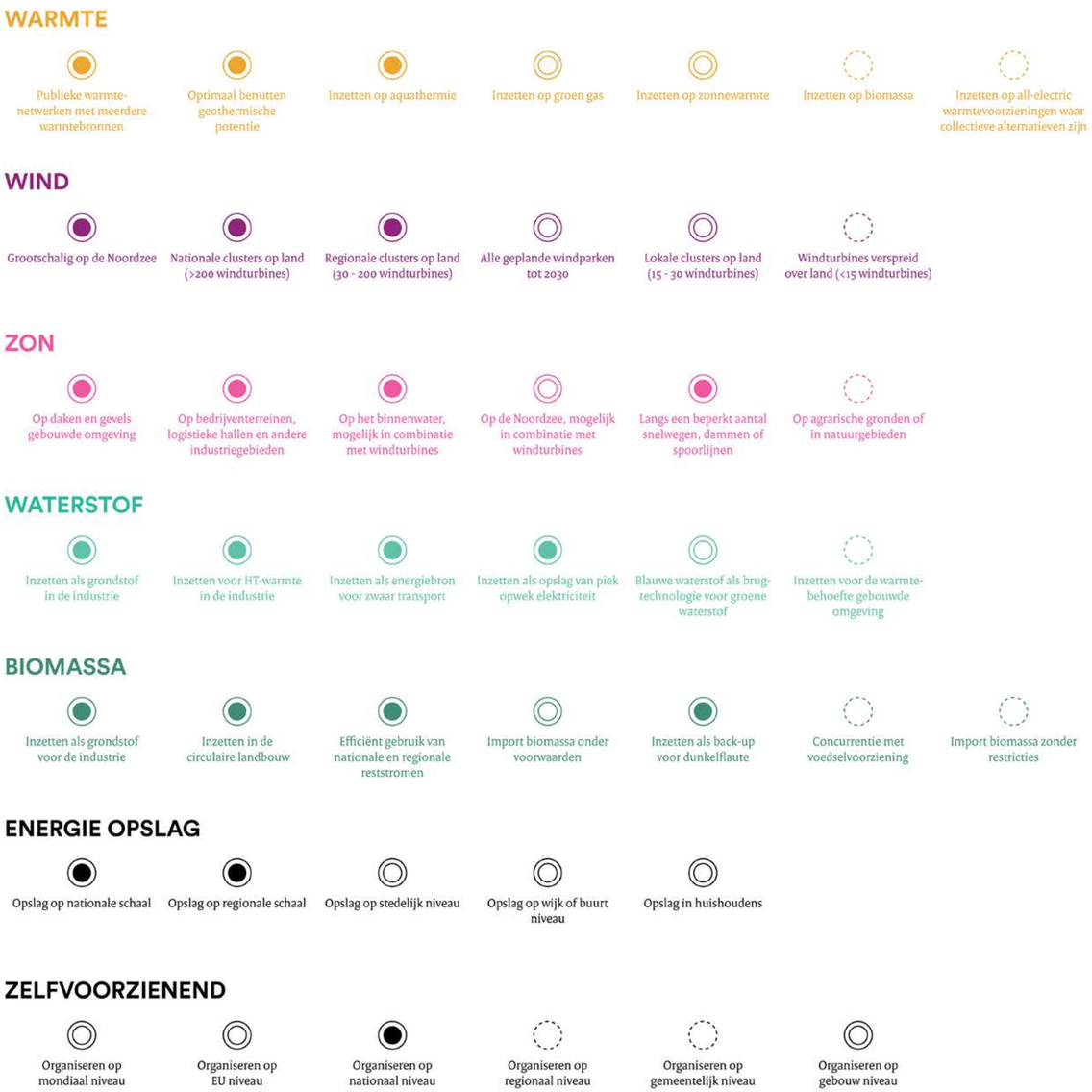
In dit laatste hoofdstuk wordt het voorafgaande samengebracht in twee samenhangende kaartbeelden: de bovengrond en de ondergrond in 2050. Gezamenlijk vormen zij een mogelijk toekomstbeeld van Nederland, wanneer keuzes in samenhang gemaakt worden.

De nieuwe manier van energieopwekking zal in de toekomst bestaan uit een gevarieerde mix van bronnen en zal alom tegenwoordig zijn in onze dagelijkse leefomgeving. Het gaat om veel ‘hardware’ die soms kleinschalig op je eigen dak of aan de gevel, soms op buurtniveau of stedelijk niveau en soms op regionale of zelfs landelijke schaal zal landen. Met de zeven benoemde doelstellingen als basis is een mogelijk toekomstbeeld geschetst, waarin opgaven en andere transitie thema’s in samenhang zijn beschouwd en er tot slimme, kosteneffectieve oplossingen is gekomen zonder de ruimtelijke kwaliteit uit het oog te verliezen.

Nederland is één samenleving waarin economische activiteiten en de bijbehorende lusten en lasten, geografisch verdeeld zijn over het land. Nederland beschikt over steden, vliegvelden, havens, petrochemische complexen, natuurgebieden en glastuinbouw die als organen van een lichaam een bepaalde functie voor het geheel vervullen. De energievoorziening zou daarop geen uitzondering mogen zijn. Met het huidige beleid dreigen windturbines en zonnepanelen echter als hagelslag over Nederland uitgestrooid te worden, zodat ook de ‘landschapspijn’ wordt verdeeld. De vraag is of Nederland als geheel daarbij gebaat is. De toekomstvisie in dit rapport toont dat sommige delen van Nederland een minder grote rol spelen in de opwek van zon- en windenergie. Zij leveren vaak wel op een andere manier een bijdrage aan een klimaatneutraal Nederland. Denk bijvoorbeeld aan het voorzien in geothermische warmte, de verduurzaming van de landbouw, of de aanplant van nieuwe bossen. Andere gebieden waar vanuit benoemde ruimtelijke en energetische doelstellingen wel kansen liggen voor (grootschalige) energieproductie, kunnen juist optimaal worden ingezet om de klimaatdoelstellingen te halen. Daarbij moeten we durven kiezen. Ook toont deze visie een toekomst waarin nieuwe waardevolle lagen aan cultuurlandschappen kunnen worden toegevoegd. Geen monoculturen, maar aantrekkelijke en ecologisch waardevolle landschappen waarin voedsel, energie en materialen worden geproduceerd. Door ook op nationale schaal te kijken naar de energietransitie kunnen juist regionale verschillen ontstaan. De twee kaartbeelden in dit hoofdstuk tonen de ruimtelijke veranderingen die Nederland zowel boven- als ondergronds zou kunnen ondergaan om te transformeren naar een post-fossiele samenleving.

“ Door op nationale schaal te kijken naar de energietransitie kunnen juist regionale verschillen ontstaan.”

Afb. 51
Het transport van het BorWin Gamma offshore conversiestation naar de Noordzee.



Welke knoppen zijn ingedrukt?

Dit toekomstbeeld is een vertaling van geschetste principes. Binnen deze principes zijn er verschillende wegen naar Parijs. Het mengpaneel maakt duidelijk dat er aan diverse knoppen gedraaid kan worden, die ieder weer een ander (maar niet direct onwenselijk) beeld opleveren. Denk bijvoorbeeld aan een deel import van elektriciteit of waterstof. Of aan andere concentratiegebieden voor wind, omdat bepaalde regio's daar juist wel of niet positief tegenover staan: de Noordoostpolder zou bijvoorbeeld best meer kunnen produceren en Zeeland minder. Participatie vanuit regio's heeft in deze ontwerpverkenning niet plaatsgevonden, maar is een absolute randvoorwaarde voor er iets gerealiseerd kan worden. Draagvlak onder omwonenden is cruciaal en gebieden die bovenmatig leveren dienen hier linksom of rechtsom voor gecompenseerd te worden op een wijze die de inwoners van het gebied overtuigt.

De ondergrond

Een groot deel van de benodigde maatregelen en infrastructuur kan ondergronds worden gerealiseerd. Netwerken voor warmte, waterstof, groen gas, en zelfs biomassa kunnen ondergronds, veelal met behulp van bestaande infrastructuren of in bestaande ruimtelijke reserveringen worden verwezenlijkt. Daardoor zullen er nieuwe systemische en ruimtelijke knopen ontstaan die ook nieuwe ruimtelijke en economische ontwikkelingen ontlokken. Hoewel er meestal voldoende ruimte is in de ondergrond kan aanvullende infrastructuur, zoals warmteleidingen, vooral in stedelijk gebied een uitdaging zijn. Daarnaast kan de ondergrond benut worden als bron voor warmte (geothermie, aquathermie en WKO) en voor de opslag van energie in lege gasvelden of zoutcavernes.

Een belangrijke conclusie is dat alles wat niet ondergronds opgelost kan worden, alsnog bovengronds een verschijningsvorm kent. Bijvoorbeeld: hoe meer warmtenetten er aangelegd kunnen worden, des te minder warmtepompen en windturbines zijn er nodig. De ondergrond speelt dus een belangrijke rol in de ruimtelijke impact bovengronds. Ruimtelijke planning in drie dimensies is noodzakelijk om de kansen die de ondergrond biedt goed te benutten en ervoor te waken dat verschillende systemen elkaar niet gaan verstoren.

De bovengrond

Vooral voorzieningen voor de opwekking van elektriciteit zoals windturbines en zonnepanelen zullen alom aanwezig zijn in het landschap en op de daken. Deze moeten echter niet als hagelslag over Nederland verspreid worden. Met de aanleg van grootschalige windparken op zee én op land hoeven er op andere locaties geen windturbines geplaatst te worden. Door te kiezen voor geconcentreerde windturbinelocaties zoals de Wieringermeer, de Flevopolders, de Peel en een deel van West-Brabant en Zeeland, blijven andere gebieden gevrijwaard. Zichtbaar zijn ook de transformaties aan ons (productie)landschap zoals het transformeren van onze monoculturen tot een divers en gewassenrijk landbouwgebied dat is aangepast aan de kenmerken van de ondergrond. Veenweidegebieden worden vernat, waar de huidige graslandschappen zullen veranderen tot natte teelten, natuur inclusieve landbouw, bosbeweiding of indrukwekkende boslandschappen. Samen vormen zij het groene casco waarbinnen een grote diversiteit aan productie- en transformatiegebieden zullen bestaan.

Dit toekomstbeeld toont dat de energietransitie tot een contrastrijker Nederlands landschap kan leiden en niet tot meer eenvormigheid. Een Nederland met een grote diversiteit aan multifunctionele landschappen: arcadische landschappen, moderne voedselproducerende landschappen, industriële landschappen én grootschalige energie producerende landschappen. Binnen de bebouwde kom zal het dakenlandschap aanzienlijk bijdragen aan onze energieproductie, stroomt warmte via ondergrondse buizen onze huizen binnen en worden waardenvolle groene grondstoffen via onze gootsteen naar nieuwe grondstoffenfabrieken getransporteerd.

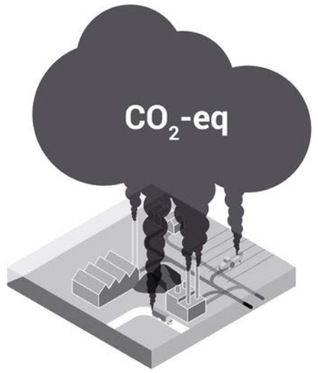
"De energietransitie kan leiden tot een contrastrijker Nederland en niet tot meer eenvormigheid."

Afb. 52
Het mengpaneel. Verbeelding van de gekozen opties en voorstelbare of onwenselijke alternatieven. N.B. In deze studie is ervoor gekozen om geen energie of grondstoffen te importeren.

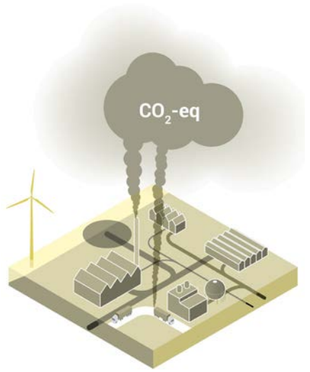
Gekozen optie in ontwerpverkennig

Voorstelbaar alternatief

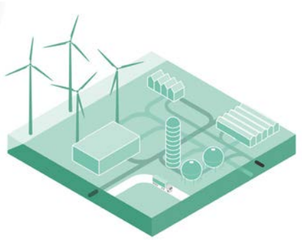
Onwenselijk volgens criteria ontwerpverkenning



Afb. 53
2019: huidig grondstoffen en energiesysteem



Afb. 54
2030: transitie energiesysteem



Afb. 55
2050: transitie grondstoffensysteem

Betekenis voor de RES-en

Bewoners en ondernemers zijn betrokken bij de leefomgeving en willen ook betrokken blijven. Maar van niet alle betrokkenen kan verwacht worden dat zij de samenhang, *'the big picture'*, zien. Het hier weergegeven toekomstperspectief vervult de behoefte aan een inspirerende, richtinggevende visie op het in transitie zijnde Nederland en aan ruimtelijke concepten die de belangen van alle betrokkenen adresseren en hen uitnodigt tot participatie in de realisatie daarvan. Er is geen behoefte aan een blauwdruk, maar wel aan een inspirerend narratief, een 'groter verhaal' over Nederland dat richting geeft aan energie van burgers en bedrijven. Er is behoefte aan 'Een man op de maan' die aangeeft welk doel wordt beoogd. Daardoor kunnen initiatieven 'van onderaf' een geïnspireerde ontwikkeling doormaken, gebundeld worden en samen optellen tot een land dat groter is dan de som der delen. Vanuit deze samenhangende (kaart)beelden in 2050 kan terug geredeneerd worden naar de belangrijke systeemkeuzen die we nu al met elkaar kunnen maken. Als we langer wachten wordt de opgave veel groter en kostbaarder en belasten we de toekomstige generaties.

De Rijksoverheid heeft ruimtelijk beleid grotendeels gedelegeerd aan provincies en gemeentes die op hun beurt afhankelijk zijn van burgerparticipatie en marktinitiatieven. In een tijdperk waarin ruimtelijk beleid is gedecentraliseerd en het politieke landschap is versplinterd lijkt het realiseren van een samenhangende visie op nationale schaal niet te passen. Investeringsmogelijkheden van de overheid zijn beperkt en ontwikkelingen zullen grotendeels in gang gezet moeten worden door andere stakeholders. Dit vereist nieuwe vormen van ruimtelijke ontwikkeling, financiering en samenwerking. De transitieopgaven kunnen als hefboom fungeren om verschillende groepen en instituties collectief aan de slag te laten gaan en waarde toe te laten voegen, waarbij een bottom up en top down benadering wordt gecombineerd, en de grote en kleine schaal worden betrokken. Dit vraagt om een zelfverzekerde Rijksoverheid die een samenhangende visie heeft op de klimaatopgave en daarmee als gelijkwaardige partner en vanuit haar eigen verantwoordelijkheden actief aan tafel zit in de RES. De RES-regio is de plek waar inzichten samen worden gebracht en concreet worden gemaakt.

Een landelijk toekomstbeeld maakt het mogelijk om de opgaven van iedere afzonderlijke RES-regio te verbinden aan het grotere geheel en aan de nationale belangen en structuren. Deze ontwerpverkenning dient daarvoor als inspiratie. Alleen wanneer regio's op een hoger schaalniveau met elkaar in verband worden gebracht is het mogelijk:

- om integraal afgewogen keuzes te maken die kosteneffectief en ruimtelijk efficiënt zijn, gekoppeld aan bestaande kwaliteiten, in samenhang met andere opgaven en met de effecten op andere schaalniveaus.

- om tot logische collectieve warmte samenwerkingen te komen en elektrische warmteoplossingen zo veel mogelijk te vermijden. Waar vraag en aanbod van warmte dicht bij elkaar liggen zoals in Zuid-Holland en Noordoost Groningen, moet snel gestart worden met de aanleg van geothermieputten en warmtenetten. Gebieden met weinig geothermische potentie maar met een grote warmtevraag, zoals de regio Amsterdam, kunnen via warmtebuisleidingen verbonden worden met regio's met een overschot aan geothermische potentie, zoals Noord-Holland Noord. Deze eerste koppelingen maken de weg vrij voor verdere aantakking van andere regio's naar 2050 toe. Ook tussen bijvoorbeeld West-Brabant en de Drechtsteden liggen eerste koppelingen voor de hand.

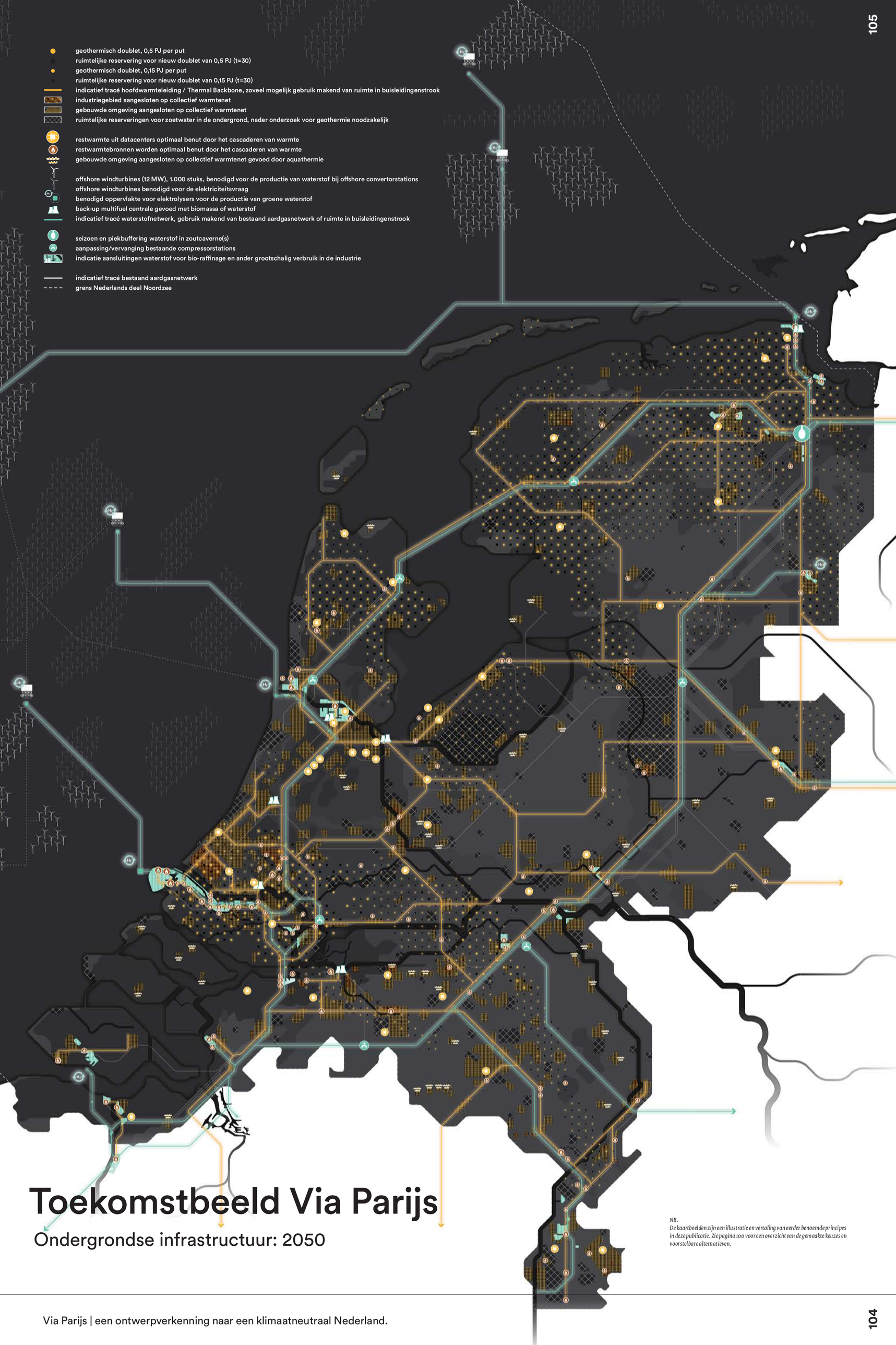
- om grootschalige clustering van wind en zon in een beperkt aantal gebieden voor elkaar te krijgen, en daarmee een groot deel van Nederland te kunnen vrijwaren van zichtbare elementen. Hiervoor zullen alle stakeholders (lokaal, regionaal en nationaal) met elkaar moeten samenwerken en is maatschappelijk draagvlak een noodzakelijke voorwaarde. In het geschetste toekomstbeeld zijn windturbines geplaatst op basis van opbrengstpotentie en kenmerken van het landschap. Dit is zowel ruimtelijk als energetisch efficiënter. In de RES-en kan zorgvuldig onderzocht worden in welke mate de aanleg van grootschalige en geconcentreerde windturbinelocaties mogelijk is, hoe ver een regio bereid is hierin te gaan, en welke compensatie andere regio's hiervoor over hebben. Gelijktijdig kan gestart worden met de herstructureringsopgave van verouderde en (onwenselijke) verspreid liggende windturbineopstellingen.

- om op zoek te gaan naar de beste regiospecifieke samenhangende oplossingen. In Zeeland is bijvoorbeeld weinig potentie voor geothermie, maar de provincie bestaat wel voor een groot deel uit water. Zeeland kan de aquathermie-regio van Nederland worden, inclusief alle kennisontwikkeling en economische kansen die daarmee samenhangen. Typisch regionale oplossingen versterken bovendien de regionale trots en identiteit. Door het inzichtelijk maken van de ontstaansgeschiedenis van een regio groeit het begrip van de structuren, samenhang en logica van een gebied. Dit biedt een goede basis voor het nadenken over hoe de integrale opgaven en oplossingen de bestaande identiteit en kwaliteit kunnen versterken.

- om de strategische locaties voor aanlanding van wind op zee optimaal te benutten, bijvoorbeeld voor de productie van waterstof. In 2030 zal hiervoor ongeveer 10 km² aan elektrolyse-installaties nodig zijn, verspreid over de aanlandingspunten van wind op zee. Dit betekent dat er ruimtelijke reserveringen nodig zijn voor zowel elektrolyse-installaties als waterstof opslag. Mogelijk kan de haven van Rotterdam, die nu voor ruim 80% wordt gebruikt voor fossiele brandstoffen, ruimte bieden voor de eerste grootschalige elektrolyse-installaties.

Papier is zeer geduldig en de werkelijkheid - waarin belangen van individuen soms zwaarder wegen dan het collectieve belang - is weerbarstig en vol onzekerheden. Toch kunnen deze kaarten inspiratie bieden en richting geven aan een ieder die bijdraagt aan de energietransitie. ■

"Een inspirerend narratief, een 'groter verhaal' over Nederland dat richting geeft aan energie van burgers en bedrijven."



Toekomstbeeld Via Parijs

Ondergrondse infrastructuur: 2050

NB.
De kaartbeelden zijn een illustratie en vertaling van eerder benoemde principes in deze publicatie. Zie pagina 100 voor een overzicht van de gemaakte keuzes en voorstelbare alternatieven.

Toekomstbeeld Via Parijs

Ondergrondse infrastructuur: 2050

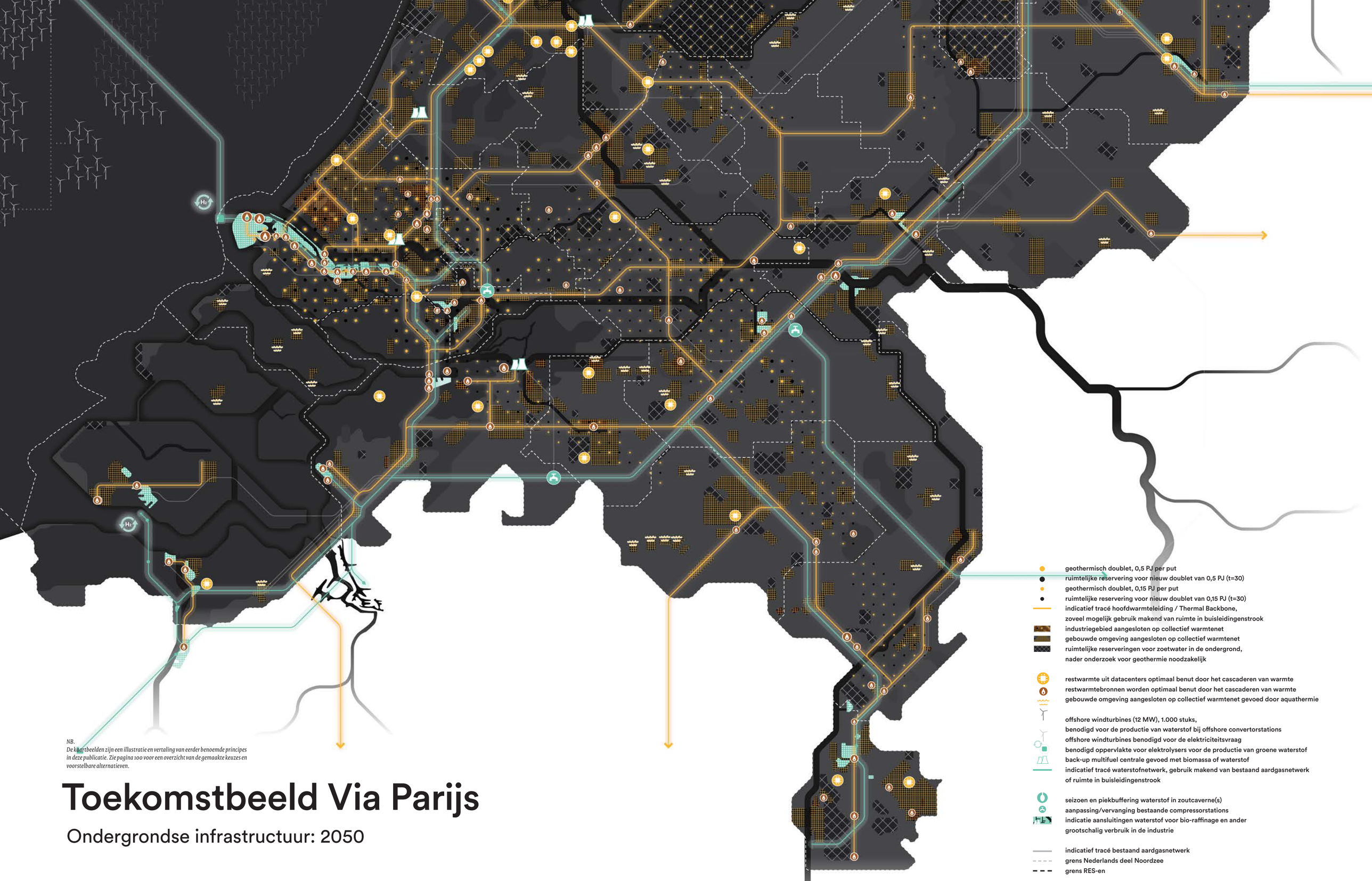
- geothermisch doublet, 0,5 PJ per put
- ruimtelijke reservering voor nieuw doublet van 0,5 PJ (t=30)
- geothermisch doublet, 0,15 PJ per put
- ruimtelijke reservering voor nieuw doublet van 0,15 PJ (t=30)
- indicatief tracé hoofdwarmteleiding / Thermal Backbone
- industriegebied aangesloten op collectief warmtenet
- gebouwde omgeving aangesloten op collectief warmtenet
- ruimtelijke reserveringen voor zoetwater in de ondergrond, nader onderzoek voor geothermie noodzakelijk

- restwarmte uit datacenters optimaal benut door het cascaderen van warmte
- restwarmtebronnen worden optimaal benut door het cascaderen van warmte
- gebouwde omgeving aangesloten op collectief warmtenet gevoed door aquathermie

- grens Nederlands deel Noordzee
- grens RES-en

- offshore windturbines (12 MW), 1.000 stuks, benodigd voor de productie van waterstof bij offshore convertorstations
- offshore windturbines benodigd voor de elektriciteitsvraag
- benodigd oppervlakte voor elektrolysers voor de productie van groene waterstof
- back-up multifuel centrale gevoed met biomassa of waterstof
- indicatief tracé waterstofnetwerk

- seizoen en piekbuffering waterstof in zoutcaverne(s)
- aanpassing/vervanging bestaande compressorstations
- indicatie aansluitingen waterstof voor bio-raffinage en ander grootschalig verbruik in de industrie
- indicatief tracé bestaand aardgasnetwerk



NB.
De kaartbeelden zijn een illustratie en vertaling van eerder benoemde principes in deze publicatie. Zie pagina 100 voor een overzicht van de gemaakte keuzes en voorstelbare alternatieven.

Toekomstbeeld Via Parijs

Ondergrondse infrastructuur: 2050

Toekomstbeeld Via Parijs

De bovengrond: 2050

NB.
Wind op Land: Elke windturbine verbeeldt twee windturbines van 140m hoog (4MW).
De minimale tussenruimte is 700m (5x de rotordiameter van 1 turbine).
Één windturbine past op 0,5 km².
Zon-PV op agrarisch vastgoed is niet ingetekend op kaart.
Een kwart van de bestaande RWZI's zijn ingetekend op de kaart.
Vliegvelden zijn groter ingetekend dan werkelijkheid (150%).
De kaartbeelden zijn een illustratie en vertaling van eerder benoemde principes in deze publicatie. Zie pagina 100 voor een overzicht van de gemaakte keuzes en voorstelbare alternatieven.

Toekomstbeeld Via Parijs

De bovengrond: 2050

offshore windpark vanaf 2030, 12 MW windturbines (3.000 stuks)
offshore windparken in 2030, 8 MW windturbines (1.300 stuks)
concentratiegebied wind op land, 4 MW windturbines (3.500 stuks)
zon-PV op daken en gevels gebouwde omgeving
zon-PV op binnenwateren, bedrijventerreinen, logistieke hallen en andere industriegebieden
zon-PV langs infrastructuur (langs wegen, op dammen, tussen spoorrails)
offshore converterstations
groene waterstofproductie
back-up multifuel centrales gevoed met waterstof en/of biomassa
elektriciteitsopslag, bijvoorbeeld bij hoogspanningsstations
opslag elektriciteit d.m.v. valmeer in relicten staatsmijnen
indicatief tracé elektriciteitsnetwerk
indicatief tracé elektriciteitskabels Noordzee
rioolwaterzuiveringen met grondstofwinning en/of productie biogas
grootschalige zeewierteelt bij windturbines op de Noordzee
vernatten van alle veenweidegebieden: aangepaste melkveehouderij, plaatselijk ontwikkelen natte teelten, plaatselijk omvormen naar natuur, bij dunne veenpakketten opgeven veenbehoud.

hoogwaardige (HSL) internationale OV-verbindingen
hoogwaardige (HSL) nationale OV-verbindingen
snelle OV-verbindingen tussen kernen
mogelijke verdichting in bestaand bebouwd gebied binnen 15 minuten fietsen van een goede ov-verbinding
grens RES-en

Landschapstypen:
In elk landschapstype wordt op een gebiedseigen manier invulling gegeven aan de toekomstige kringlooplandbouw.

duinen en kustzone
zandgebieden
hoogveenontginningen
rivierkleigebieden
laagveengebieden
zeekleigebieden
droogmakerijen

NB.
Wind op Land: Elke windturbine verbeeldt twee windturbines van 140m hoog (4MW).
De minimale tussenruimte is 700m (5x de rotordiameter van 1 turbine).
Eén windturbine past op 0,5 km².
Zon-PV op agrarisch vastgoed is niet ingetekend op kaart.
Een kwart van de bestaande RWZI's zijn ingetekend op de kaart.
Vliegvelden zijn groter ingetekend dan werkelijkheid (150%).
De kaartbeelden zijn een illustratie en vertaling van eerder benoemde principes in deze publicatie. Zie pagina 100 voor een overzicht van de gemaakte keuzes en voorstelbare alternatieven.

Toekomstbeeld Via Parijs

De bovengrond: 2050

- offshore windpark vanaf 2030, 12 MW windturbines (3.000 stuks)
- offshore windparken in 2030, 8 MW windturbines (1.300 stuks)
- concentratiegebied wind op land, 4 MW windturbines (3.500 stuks)
- zon-PV op daken en gevels gebouwde omgeving
- zon-PV op binnenwateren, bedrijventerreinen, logistieke hallen en andere industriegebieden
- zon-PV langs infrastructuur (langs wegen, op dammen, tussen spoorrails)
- offshore converterstations
- groene waterstofproductie
- back-up multifuel centrales gevoed met waterstof en/of biomassa
- elektriciteitsopslag, bijvoorbeeld bij hoogspanningsstations
- opslag elektriciteit d.m.v. valmeer in relicten staatsmijnen
- indicatief tracé elektriciteitsnetwerk
- indicatief tracé elektriciteitskabels Noordzee
- rioolwaterzuiveringen met grondstofwinning en/of productie biogas
- grootschalige zeewierteelt bij windturbines op de Noordzee
- vernatten van alle veenweidegebieden: aangepaste melkveehouderij, plaatselijk ontwikkelen natte teelten, plaatselijk omvormen naar natuur, bij dunne veenpakketten opgeven veenbehoud

- mogelijke verdichting in bestaand bebouwd gebied binnen 15 minuten fietsen van een goede ov-verbinding
- hoogwaardige (HSL) internationale OV-verbindingen
- hoogwaardige (HSL) nationale OV-verbindingen
- snelle OV-verbindingen tussen kernen
- grens RES-en

Landschapstypen:
In elk landschapstype wordt op een gebiedseigen manier invulling gegeven aan de toekomstige kringlooplandbouw.

- duinen en kustzone
- zandgebieden
- hoogveenontginningen
- rivierkleigebieden
- laagveengebieden
- zeekleigebieden
- droogmakerijen

Bronnen

Berenschot, (2018). *Richting 2050: systeemkeuzes en afhankelijkheden in de energietransitie.*

Berenschot, Den Ouden, B., Graafland, P,. et al., (2018). *Elektronen en/of Moleculen.* Utrecht: Berenschot Groep

Bromet, L., (2017). *De verborgen vervuiler stop de co2-uitstoot uit veen.* Den Haag: Groenlinks.

Bromet,. L. & De Groot, T., (2019). *Veen red je niet allen; initiatiefnota over natuur en klimaat in het veenweidegebied.*

CBS (2019). Emissieregistratie Definitieve Jaarcijfers 1990-2017; RIVM, Bilthoven; PBL, Den Haag; CBS, Den Haag; Deltares, Lelystad; Alterra, Wageningen; RWS-Leefomgeving, Utrecht, RVO, Utrecht, en TNO Bouw en Ondergrond, Utrecht.

CBS, Meurink, A., Muller, G,. et al., (2018). *Hernieuwbare energie in Nederland 2017.* Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.

CBS, Meurink, A., Muller, G., (2016). *Hernieuwbare Energie in Nederland 2016.* Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.

CE Delft (2017). *MKBA 100.000 hectare extra bos in Nederland.*

CE Delft, Afman, M., Rooijers, M., (2017). *Net voor de Toekomst.* Delft: CE Delft.

CE Delft (2014). *Energiegebruik Nederlandse commerciële datacenters 2014 -2017*

CE Delft, Kruit, K., Schepers, B., et al., (2018). *Nationaal potentieel van aquathermie.* Delft: CE Delft.

College van Rijksadviseurs & Team Vlaams Bouwmeester (2017). *De Lage Landen 2020 – 2100; een toekomstverkenning.*

College van Rijksadviseurs, (2018). *Opwekking Duurzame energie op rijksgronden.* Den Haag: College van Rijksadviseurs.

College van Rijksadviseurs, (2018). *Panorama Nederland.* Den Haag: College van Rijksadviseurs.

College van Rijksadviseurs, VenhoevenCS, (2018). *Energietransitie en leefomgeving.* Den Haag: College van Rijksadviseurs.

ECN, Beurskens, L., Mast, E., (2018). *Kostenonderzoek windenergie SDE+ 2018.* Amsterdam: ECN en DNV GL.

ECN, Daniels, B., Tieben, B., (2012). *Kosten en baten van CO2-emissiereductie maatregelen.* Petten: ECN

ECOFYS, Van Jager, D., Verkaik, N., et al., (2017). *Kostprijsanalyse Windenergie op Land.* Utrecht: ECOFYS.

ECOFYS, Van Melle, T., Menkvled, M., et al., (2017). *De systeemkosten van warmte voor woningen.* Utrecht: ECOFYS.

Energieagenda 10-pager, (2017).*Transitiepad Hoge Temperatuurwarmte.*

FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten, POSAD Spatial Strategies, Studio Marco Vermeulen, Sijmons, D., NRGlab / Wageningen Universiteit, Vereniging Deltametropool. (2017) Energie en Ruime; Een nationaal perspectief

Feddes, Y., (2010). *Een choreografie voor 1000 molens.* Den Haag: College van Rijksadviseurs.

Feddes/Olthof, Ecofys (2017). *Energietransitie en Ruimtegebruik – Verkenning van kansrijke combinatiemogelijkheden van energietransitie met andere ruimtelijke opgaven. Ministere van I&M, Den Haag.*

Gasunie and TenneT, (2018). *Infrastructure Outlook 2050.*

Generation Energy, APPM, NRG Lab / Wageningen Universiteit, Academie van Bouwkunst, TU Delft, Studio Marco Vermeulen, BRIGHT The Cloud Collective, FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten. (2018) Ruimte in het Klimaatakkoord

Generation Energy, APPM, NRG Lab / Wageningen Universiteit, Academie van Bouwkunst, TU Delft, Studio Marco Vermeulen, BRIGHT The Cloud Collective, FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten. (2019) *Ruimtelijke implicaties Klimaatakkoord en NOVI*

Hawken, P., et al., (2017) *Drawdown, het meest veelomvattende plan ooit om klimaatontwrichting te keren.*

H+N+S Landschapsarchitecten, (2018). *klimaatmaatregelen in een leefbaar landschap.* Den Haag: Ministerie BZK – Klimaatakkoord.

H+N+S, Agentschap NL, (2013). *Handreiking waardering landschappelijke effecten van Windenergie.* Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.

Hocks, B., Kuijers, T., et al., (2017). *Energie en ruimte West Brabant.* Den Haagt: Posad spatial strategies

LTO Nederland, Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS),Rijkswaterstaat en Zonatlas (2018) *Date zonne-opbrengst*

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (2019) *Ontwerp Nationale Omgevingsvisie – Duurzaam perspectief voor onze leefomgeving*

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, et al., (2019) *Klimaatakkoord (versie 28 juni 2019)*

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, (2018). *Toekomstbeelden van de energietransitie.* Den Haag: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Directie Groene Groei & BioBased Economy, Directoraat-Generaal Bedrijfsleven en Innovatie, (2017). *Biomassa 2030.* Den Haag: Ministerie van Economische Zaken

Overmorgen (2018). *Ruimtelijke verkenning energietransitie Haarlemmermeer*

Planbureau voor de Leefomgeving (2019) *Wind-op-Land: Lessen en ervaringen.* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Planbureau voor de Leefomgeving (2019) *Transities, ruimteclaims en landschap.* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Planbureau voor de Leefomgeving, Koelemeijer, R., Daniëls, B,. et al., (2018). *Kosten energie- en klimaattransitie in 2030 – update 2018.* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Planbureau voor de Leefomgeving, Hekkenberg, M., Koelemeijer, R., (2018). *Analyse van het voorstel voor hoofdlijnen van het klimaatakkoord.* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Planbureau voor de Leefomgeving, Hekkenberg, M., Koelemeijer, R., et al., (2019). *Effecten ontwerp klimaatakkoord.* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Planbureau voor de Leefomgeving (2018) De toekomst van de Noordzee; De Noordzee in 2030 en 2050; een scenariostudie. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving

Planbureau voor de Leefomgeving (2017) Negatieve Emissies. Technisch potentieel, realistisch potentieel en kosten voor Nederland. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving

Planbureau voor de Leefomgeving (2012) De internationale concurrentiepositie van de topsectoren. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving

Posad Spatial Strategies, Generation Energy, FABRICations, H+N+S landschapsarchitecten, Studio Marco Vermeulen, NRG Lab / Wageningen Universiteit, Ruimtevolk. (2018) Ruimtelijke Verkenning Energie en Klimaat

Provincie Zuid-Holland, (2019). *Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland een visie voor 2030.*

Regionale-energiestrategie (2018). *Handreiking Regionale Energie Strategieën.* Den Haag: Regionale Energiestrategie.

RES Hart van Brabant. (2017). *Regionale Energie Strategie Hart van Brabant.* Den Haag: Regionale Energiestrategie.

Royal HaskoningDHV, (2018). *Vergelijk vliegen met treinreizen voor korte afstanden.* Amersfoort: Haskoningdhv Nederland B.V.

SEAC (2017). *Roadmap; PV Systemen en Toepassingen*

Stichting Noordzeeboerderij (2018) *Kansen en belemmeringen voor 'Zeewierstarters'*

Studio Marco Vermeulen (2015) *Biobased Backbone; towards a sustainable, economically resilient and more beautiful Dutch-Belgian Delta region.*

Studio Marco Vermeulen (2018) *Circular Mainframe; samenhangende en samenvattende ruimtelijke uitwerking van de resultaten van de Klimaattafel Industrie.*

Studio Marco Vermeulen (2019) *Zuid-Houtland, gepubliceerd in Regio van de Toekomst; schetsen voor de Nationale Omgevingsvisie.* BNSP & NVTL, 2019.

Studio Marco Vermeulen (2019). *Energielandschappen van de Toekomst; Zeeuwse Warmte en Koude.* NederlandBovenWater

Studio Marco Vermeulen & Alterra (2017). *Agro as de Peel; op zoek naar een nieuwe balans.*

Studio Marco Vermeulen, PBL, CRa & Ministerie I&M (2016) *Dutch Smart Thermal Grid; Strategie voor de verduurzaming van de warmtevoorziening*

Solarsolutions, (2018). *Nationaal Solar Trendapport 2018.* Hannover: Hannover Solar.

Taakgroep Innovatie, (2019). *Innoveren met een missie.* Den Haag: Secretariaat Klimaatakkoord.

Urgenda (2019). *Nederland 100% Duurzame energie in 2030.*

Van de Graaf, M., Hildebrand, M., et al., (2018). *Regionale energiestrategieën in Zuid-Holland. Den Haag: Provincie Zuid-Holland.*

Van Exter, P., Bosch, S., (2018). *Metaalvraag van de Nederlandse energietransitie.*

Vereniging Deltametropool (2019). *Natuur om de hoek; beleid, ontwerp, gebruik en perspectief van recreatiegebieden sinds 1965*

Wageningen University & Research (2019). *Resultaten Nationale Landschapsenquête*

Wageningen University & Research (2018). *Natuur- en landschapscriteria voor Nationale Parken van Wereldklasse*

Beeldverantwoording

Afb.1
Een energielandschap avant la lettre; De molenkaart van de Zaanstreek, 1930.
Bron: Gemeente archief Zaanstad, Fotonummer 52.00680

Afb. 2
Satellietbeeld van Nederland en de Rijn, Maas en Schelde delta.
Bron: Alexander Gerst, Flickr, 2019.

Afb. 3
Panorama Nederland, een uitgave van het College van Rijksadviseurs. Panorama Nederland is een toekomstperspectief voor de ruimtelijke inrichting van Nederland, 2018. Bron: College van Rijksadviseurs.

Afb. 4
Het advies Opwekking Duurzame Energie op Rijksgronden, een uitgave van het College van Rijksadviseurs uit 2018.
Bron: College van Rijksadviseurs.

Afb. 5
Windturbines op de Noordzee, 23 kilometer uit de kust ter hoogte van de strook tussen Zandvoort en Noordwijk.
Bron: ANP, 2018.

Afb.6
Het grootste drijvende zonnepark ter wereld, operationeel sinds 2018. Huainan, China.
Bron: SUNGROW, 2018.

Afb.7
Steenkolenmijnen in Limburg in de jaren 50.
Bron: Wikipedia Creative Commons

Afb. 8
Landschap met turfhoop en boerderijen. Vincent van Gogh (1853 - 1890), Drenthe, september-december 1883.
Bron: Van Gogh Museum

Afb. 9
Relicten van de turfwinning, de Loodsdrechtse Plassen.
Bron: Wikipedia Creative Commons

Afb. 10
Een vissersboot met op de achtergrond een windturbinepark, beiden hebben ruimte nodig op de Noordzee.
Bron: Lorelei Stevens, Commercial Fisheries News, 2019.

Afb. 16
Een medewerker inspecteert het instrumentenpaneel voor een waterkrachtreactor in 1957.
Bron: Bettmann/Corbis/AP Images

Afb. 18
Mangrovebossen in Bonaire. Het behoud van de mangroves kan verdere CO2-emissies voorkomen en toekomstige CO2-opslag verzekeren.
Bron: Wikipedia Creative Commons

Afb. 19
Zeewierteelt
Bron: Stichting de Noordzeeboerderij, 2018.

Afb. 20
Olivijn als vervanging van ophoogzand
Bron: Wikipedia Creative Commons

Afb. 21
Transformatie landbouw naar natte landbouw
Bron: www.newscientist.nl, 2018.

Afb. 22
Bosbeweiding
Bron: National Agroforestry Center, Flickr, 2008.

Afb. 23
Vernatten veen-weidengebieden
Bron: Martijn Struijf, 2019. www.landschapnoordholland.nl

Afb. 24
Aanplant loofbossen
Bron: Frank Timmers, BNDestem, 2017.

Afb. 25
Massieve houtbouw in woontoren HAUT. Ontwerp: Team V Architectuur, 2019.
Bron: Team V Architectuur, 2019.

Afb. 26
Stedelijke verdichting en fietsvriendelijke steden. Ontwerp: Norman Foster, 2014.
Bron: Norman Foster, 2014.

Afb. 27
Aanleg van het gasnetwerk in 1963.
Bron: Dick Coersen/ANP, 2018.

Afb. 36
Airconditioners in het straatbeeld van Azië verstoren het straatbeeld en zorgen voor geluidsoverlast. Vergelijkbare zorgen zijn er voor het op grote schaal inzetten van elektrische warmtepompen.
Bron: Peter Morgan, Flickr, 2009.

Afb. 37
De landsdekkende kabelgoot kan relatief eenvoudig nieuwe energiestromen faciliteren zoals warmte. Buisleidingenstrook bij Moerdijk.
Bron: Handboek buisleiding, 2016.

Afb. 40
Verbeelding van een gridopstelling van windturbines in het polderlandschap.
Bron: 'Wind in het open landschap' uit de studio Duurzaam energielandschap Oss, gemaakt door BoschSlabbers, 2017.

Afb. 41
Dakpannen met geïntegreerde zonnecellen.
Bron: Pinterest, 2019. Afkomstig van www.solarclub.nl

Afb. 45
Shredders voor het vernietigen van voedsel- en tuinafval waarna het via de riolering getransporteerd kan worden.
Bron: CEDelft, 2015. Huishoudelijke voedselresten in de afvalwaterketen.

Afb. 46
Een voorbeeld van duurzame bosbouw in Scandinavië.
Bron: NaturGrafik.dk, 2009.

Afb. 47
Elzenbroekbos
Bron: Wikipedia Creative Commons

Afb. 49
De studie Dashboard Verstedelijking; Hoe de woningbouwopgave maatschappelijke meerwaarde levert en waarom het Rijk hier belang bij heeft.
Bron: College van Rijksadviseurs, 2018.

Afb. 50
The Dutch Mountains, een voorbeeld van duurzame verstedelijking, nabij het treinstation te Eindhoven. Het gebouw wordt uitgevoerd in massief hout. Rechtsachter de torens van District E die op het Stationsplein zijn gepland. Op de voorgrond de gebouwen op de TU/e Campus.
Bron: Studio Marco Vermeulen, 2019.

Afb. 51
Het transport van het BorWin Gamma offshore conversiestation naar de Noordzee.
Bron: TenneT Deutschland, 2019.

Overige beelden zijn gemaakt door Studio Marco Vermeulen en zijn onder voorwaarde van naamsvermelding vrij te gebruiken. Het College van Rijksadviseurs heeft zijn uiterste best gedaan om bronnen en rechthebbenden van beeldmateriaal dat is gebruikt te achterhalen en te vermelden. Wanneer desondanks beeldmateriaal wordt getoond waarvan u (mede)rechthebbende bent en u voor het gebruik daarvan niet als bron of rechthebbende wordt genoemd, ofwel geen toestemming geeft voor het gebruik, dan kunt u contact met ons opnemen.

Team Via Parijs, een ontwerpverkenning

College van Rijksadviseurs
Berno Strootman
Daan Zandbelt
Floris Alkemade
Miriam Ram
Rienke Groot

Studio Marco Vermeulen
Marco Vermeulen
Bram Willemse
Joost van der Waal

Advies
College van Rijksadviseurs

Ontwerpend onderzoek
Studio Marco Vermeulen

Met dank aan

Wij danken de volgende mensen voor hun kritische reflectie en/of bijdrage aan de expertsessie:

Hans-Lars Boetes, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Bjørn van den Boom, Natuurmonumenten
Frank Buchner, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Marloes Dignum, Planbureau voor de Leefomgeving
Andy van den Dobbelsteen, Technische Universiteit Delft
Lennert Goemans, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Jasper Groos, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Stephan Hermens, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Boris Hocks, Generation.Energy
Hans ten Hoeve, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Jan Klopstra, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Taco Kuijers, Generation.Energy
Pim Kupers, H+N+S Landschapsarchitecten
Jan Matthijsen, Planbureau voor de Leefomgeving
Thijs van Spaandonk, BRIGHT
Sven Stremke, NRGlab / Wageningen University
Gerjan Streng, BRIGHT
Rens Wijnakker, FABRICations
Shera van den Wittenboer, College van Rijksadviseurs

Uitgave van het College van Rijksadviseurs

College van Rijkadviseurs
Postbus 16169
2500 BD Den Haag

Bezoekadres
Korte Voorhout 7
2511 CW Den Haag
www.collegevanrijksadviseurs.nl

September 2019

We staan aan de vooravond van de transitie naar een hernieuwbaar energiesysteem, naar gedeelde mobiliteit, naar een gezonde landbouw en naar een circulaire economie. Dit is het moment om de identiteit van Nederland te ijken en koers te bepalen.

Via Parijs is een ontwerpverkenning naar een klimaatneutraal Nederland, een mogelijk toekomstbeeld dat vanuit ruimtelijke overwegingen én vanuit de logica van systemen ontwikkeld is. In het Klimaatakkoord zijn afspraken gemaakt tot 2030. Deze strategie kijkt verder vooruit, tot 2050, het moment waarop Nederland CO_2-neutraal zal zijn. In deze ontwerpverkenning is de gehele opgave voor CO_2-reductie in beeld gebracht en in nationaal perspectief geplaatst. Een inspirerend narratief, een ‘groter verhaal’ over Nederland dat richting geeft aan de transitie naar een postfossiele samenleving.