



Nationaal plan energiesysteem



Inhoudsopgave

Verdiepingsdocument E - Voorwaarden ontwikkeling energiesysteem	2
Inleiding en leeswijzer	2
1. Circulariteit en grondstoffengebruik	3
1.1. Samenhang energie- en grondstoffentransitie	3
1.2. Verschuiving van fossiele grondstoffen naar kritieke metalen en mineralen	5
1.3. Verschuiving van fossiele naar duurzame koolstof	10
1.4. De grondstoffentransitie vereist een circulair energiesysteem	10
1.5. De grondstoffentransitie zorgt voor een verschuiving in de energievraag	11
1.6. Conclusie en beleidsimplicaties	11
2. Veiligheid	13
2.1. Veiligheid van mensen	13
2.2. Bescherming van het energiesysteem	14
3. Ruimte	17
3.1. Ruimtelijke vormgeving van het energiesysteem	17
3.2. Beperken ruimtelijke omvang van het energiesysteem	18
3.3. Het energiesysteem als integraal onderdeel van de ruimtelijke ordening	18
3.4. Zorgvuldig ruimtelijk vormgeven en inpassen van het energiesysteem	20
4. Financiering	21
5. Innovatie	23
6. Arbeidsmarkt	25
6.1. Arbeidsmarktkrapte urgent knelpunt voor energietransitie	25
6.2. Beleidsmaatregelen tegen arbeidsmarktkrapte	25

7. Digitalisering	28
--------------------------	-----------

Inleiding en leeswijzer

Dit is verdiepingsdocument E van het Nationaal plan energiesysteem (NPE). Het bevat verdiepende analyse en onderbouwing bij de inhoud en keuzes in het hoofddocument van het NPE. Dit verdiepingsdocument gaat dieper in op de voorwaarden voor de ontwikkeling van het toekomstige energiesysteem.

Het hoofddocument en de vijf verdiepingsdocumenten vormen samen het NPE. Dit vijfde en laatste verdiepingsdocument gaat over cruciale voorwaarden voor (de overgang naar) het energiesysteem van de toekomst. Dit zijn thema's die onlosmakelijk verbonden zijn met het energiesysteem en noodzakelijk voor de ontwikkeling ervan richting het gewenste toekomstige systeem. Het eerste hoofdstuk gaat in op de wisselwerking tussen energietransitie en de transitie naar een circulaire economie en over het gebruik van grondstoffen voor het energiesysteem. Het tweede hoofdstuk kijkt naar het thema veiligheid, zowel over het omgaan met veiligheid van mensen als over veiligheid van het energiesysteem, in digitale en fysieke zin. Het derde hoofdstuk over ruimte gaat het over het ruimtelijk beslag van het toekomstige systeem en hoe we omgaan met die ruimtelijke impact. Hoofdstukken vier tot zeven gaan over cruciale 'enablers': factoren die noodzakelijk zijn om de overgang naar een toekomstig energiesysteem mogelijk te maken: financiering, innovatie, arbeidsmarkt en digitalisering.

Voor het opstellen van dit verdiepingsdocument is gebruik gemaakt van vele gesprekken en sessies met deskundigen, belanghebbenden en maatschappelijke organisaties en van diverse ondersteunende studies en adviezen.

Toelichting bij gebruik van cijfers en aannames over beleid

Met dit Nationaal plan energiesysteem geeft het kabinet richting aan de ontwikkeling van het energiesysteem voor de lange termijn en de route ernaartoe. Om richting te kunnen geven is het belangrijk een vertrekpunt te hebben voor het optimaliseren van ontwikkelpaden en transitiepaden, ook kwantitatief. Tegelijkertijd is elk toekomstbeeld inherent onzeker en afhankelijk van tal van aannames. De gebruikte cijfers in dit NPE zijn bedoeld om een kwantitatief gevoel te geven van de ontwikkelingen in het energiesysteem die aansluiten bij de ontwerpprincipes en richtinggevende keuzes die het kabinet hanteert, gebaseerd op diverse scenariostudies en prognoses voor onderdelen van het energiesysteem. De gepresenteerde cijfers zijn dan ook indicatief en hebben tot doel om de richting aan te geven. Bij het samenstellen van de cijferbeelden is op onderdelen gebruik gemaakt van bestaande scenario's en rapporten, met name van de Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050, en zijn op onderdelen kwantitatieve vertalingen gemaakt die passen bij de geschetste ontwikkelrichtingen. De verantwoording hiervoor is terug te vinden in de 'Toelichting op de cijferbasis'¹.

Bij het opstellen van dit NPE is ook de huidige stand van beleid als uitgangspunt genomen, inclusief beleidsdoelen voor komende jaren. Dit is een momentopname en zal, bijvoorbeeld met de komst van een nieuw kabinet, weer veranderen. De richting voor het energiesysteem zoals verwoord in de hoofdkeuzes en de ontwikkelpaden zullen vanuit de beleidscyclus na vijf jaar vernieuwd worden, met een update halverwege deze periode. De jaarlijkse energienota biedt de mogelijkheid om tussentijds bij te sturen op de richting uit dit NPE op grond van belangrijke tussentijdse ontwikkelingen.

¹ Toelichting cijferbasis concept NPE, kamerstuk nr. 2023D38579

1. Circulariteit en grondstoffengebruik

1.1. Samenhang energie- en grondstoffentransitie

Naast de energietransitie staat Nederland voor nog meer uitdagende maatschappelijke opgaven en ingrijpende transitie. Deze streven ernaar om de balans tussen het menselijk handelen en de impact daarvan op onze leefomgeving te herstellen. De transitie naar een volledig circulaire economie (ook wel: grondstoffentransitie) is een grote opgave die we niet los kunnen zien van de energietransitie. De grondstoffentransitie richt zich op het reduceren van ons grondstoffengebruik en het sluiten van de grondstoffenkringloop. Het doel is om de impact van het menselijk handelen op klimaat, milieu en biodiversiteit te verlagen en de leveringszekerheid van grondstoffen te vergroten. De Sociaal-Economische Raad (SER) heeft eerder benadrukt dat de energietransitie en de grondstoffentransitie gelijkwaardig zijn als het gaat om de impact op de samenleving en dat deze integraal moeten worden bekeken.² Ook het Expertteam Energiesysteem (ETES) 2050 heeft de oproep gedaan de transitie aan elkaar te koppelen.³ In dit hoofdstuk gaat het kabinet in op de samenhang tussen de transitie naar een klimaatneutraal energiesysteem en de transitie naar een circulaire economie.

De transitie naar een klimaatneutraal energiesysteem en een circulaire economie raken elkaar in hoofdlijnen op twee manieren. Deze zijn elk weer onder te verdelen in twee uitdagingen. De vier uitdagingen vormen de basisstructuur van dit hoofdstuk. Een overzicht hiervan is weergegeven in Figuur 1.

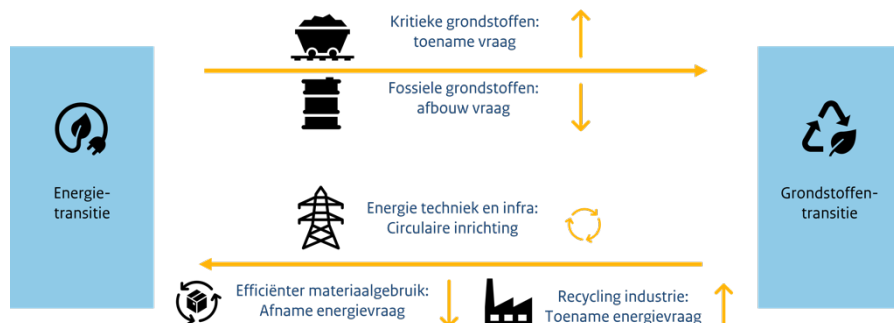
1. De transitie naar een klimaatneutraal energiesysteem resulteert in een enorme verschuiving in de grondstoffenvraag.
 - A. **Er zijn in toenemende mate kritieke grondstoffen nodig om de energietransitie mogelijk te maken.** Het gaat om metalen en mineralen zoals koper, kobalt, lithium en neodymium. Ze zijn cruciaal voor onder andere batterijen, elektrolyzers, windmolens en energie-infrastructuur. De winning en verwerking van deze grondstoffen brengen een behoorlijke uitstoot van broeikasgassen en andere milieuschade met zich mee, vooral in andere landen. Ook brengt

² *Evenwichtig sturen op de grondstoffentransitie en de energietransitie voor brede welvaart. SER (2022).*

afhankelijkheid van derde landen mogelijk geopolitieke kwetsbaarheden met zich mee.

- B. In de komende decennia wordt **het gebruik van fossiele grondstoffen afgebouwd** (enerzijds als brandstof, anderzijds als grondstof voor producten zoals kunststoffen). De winning, verwerking, consumptie en afvalverwerking van fossiele grondstoffen hebben negatieve impact op klimaat, milieu en biodiversiteit in Nederland en in het buitenland. Omdat niet alle energievraag kan worden ingevuld met elektriciteit, warmte en waterstof, zal er behoefte zijn aan duurzame koolstofdragers, zijnde biograndstoffen, secundaire grondstoffen (recycelaat) en synthetische koolstofdragers op basis van niet-fossiele CO₂ en hernieuwbare waterstof.
2. De grondstoffentransitie stelt nieuwe eisen aan het energiesysteem en leidt tot een verschuiving in de energievraag.
 - A. Om als energiesector bij te dragen aan circulariteitsdoelstellingen zullen ook de **productieketens** van groene energietechnologie en infrastructuur **circulair en duurzaam** moeten worden ingericht.
 - B. Daarnaast kan de circulaire economie fors bijdragen aan **energiebesparing** als gevolg van minder, langduriger en efficiënter gebruik van grondstoffen en producten. Daar staat tegenover dat de uitbouw van industriële activiteiten die bijdragen aan de grondstoffentransitie (zoals recycling) leiden tot een toename van de Nederlandse energievraag.

³ *Energie door perspectief: rechtvaardig, robuust en duurzaam naar 2050. ETES 2050 (2023).*



Figuur 1 Overzicht van de samenhang tussen de energietransitie en de grondstoffentransitie

Box 1: NPCE en Nationale Grondstoffenstrategie

Het Nationaal plan energiesysteem (NPE) beschrijft de ontwikkelrichtingen die nodig zijn om te komen tot een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Wat betreft de samenhang tussen de energie- en grondstoffentransitie bouwt het NPE voort op het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE) 2023-2030⁴ en de Nationale Grondstoffenstrategie.⁵ De circulariteitsstrategieën uit het NPCE en de handelingsperspectieven uit de Nationale Grondstoffenstrategie komen terug als oplossingsrichtingen voor de uitdagingen die de energie- en grondstoffentransitie met zich meebrengen.

Het NPCE beschrijft concrete stappen die bijdragen aan de ambitie van het kabinet: een volledig circulaire economie in 2050. Circulariteit betekent dat we zo min mogelijk primaire grondstoffen gebruiken en gebruikte grondstoffen optimaal benutten, door binnen de hele keten – vanaf de winning van grondstoffen tot en met verwerking, consumptie en afval – de milieudruk te beperken. Daarmee is de grondstoffentransitie ook niet een doel op zichzelf, maar draagt ze bij aan het tegengaan van klimaatverandering, een schoner milieu en schonere leefomgeving, en het herstel van biodiversiteit. Daarnaast draagt circulariteit bij aan het vergroten van de leveringszekerheid en het verminderen van de afhankelijkheid van grondstoffen uit het buitenland.

Om de circulariteitsdoelen te behalen beschrijft het NPCE vier complementaire strategieën:

1. **Vermindering van grondstoffengebruik:** minder (primaire) grondstoffen gebruiken door af te zien van producten, deze te delen of ze efficiënter te maken.
2. **Substitutie van grondstoffen:** primaire grondstoffen vervangen door duurzame grondstoffen zoals duurzame biograndstoffen die zo hoogwaardig mogelijk worden toegepast of meer algemeen beschikbare grondstoffen met minder milieudruk.
3. **Levensduurverlenging:** producten en onderdelen langer en intensiever gebruiken door hergebruik en reparatie.

⁴ Kamerstuk 32852 nr. 225 - Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030.

⁵ Kamerstuk 32852 nr. 224 - Nationale grondstoffenstrategie: Grondstoffen voor de grote transities.

4. **Hoogwaardige verwerking:** de kringloop sluiten door recycling van materialen en grondstoffen, waardoor we minder afval verbranden of storten en het aanbod van secundaire grondstoffen groeit.

Het doel van de Nationale Grondstoffenstrategie is om de leveringszekerheid van kritieke grondstoffen (metalen en mineralen, geen koolstofdragers⁶) op middellange termijn te vergroten. Deze grondstoffen zijn onmisbaar voor de energietransitie en andere maatschappelijke uitdagingen, bijvoorbeeld op het vlak van digitalisering, gezondheid en defensie. Voor deze grondstoffen is de EU sterk afhankelijk van andere landen. Het kabinet beschrijft in de strategie vijf handelingsperspectieven die nauw samenhangen met Europees beleid (met name de Critical Raw Materials Act⁷):

1. Circulariteit en innovatie.
2. Duurzame Europese mijnbouw en raffinage.
3. Diversificatie.
4. Verduurzaming internationale ketens.
5. Kennisopbouw en monitoring.

Raakvlak energietransitie en grondstoffentransitie vanuit publieke belangen

De grondstoffentransitie draagt bij aan de duurzaamheid, leveringszekerheid en betaalbaarheid van grondstoffen. Daarmee heeft het indirect ook positieve gevolgen voor de betaalbaarheid van energie. Het inrichten van het energiesysteem volgens circulaire principes vermindert daarnaast de impact van het grondstoffengebruik op klimaat, milieu en biodiversiteit en draagt dus in positieve zin bij aan het publieke belang duurzaamheid. Een tekort aan kritieke grondstoffen betekent een vertraagde of duurdere transitie. Efficiënter grondstoffengebruik draagt dus bij aan de leveringszekerheid van materialen. Het vermindert daarmee onze geopolitieke afhankelijkheid en het risico op vertraging van de energietransitie. Een stabiele beschikbaarheid van grondstoffen voorkomt onverwachte prijsstijgingen voor bijvoorbeeld energie-infrastructureur en draagt zo bij aan de betaalbaarheid van de energietransitie. Bovendien is het vanuit het perspectief van mondiale rechtvaardigheid en consumptie binnen planetaire grenzen wenselijk om geen buitenproportioneel beslag te leggen op het mondiaal beschikbare aanbod aan grondstoffen. Ook voor de betaalbaarheid, leveringszekerheid en duurzaamheid van grondstoffen op lange termijn is een circulair energiesysteem belangrijk. Daarmee kunnen we duurzame energietechnologie en infrastructuur zo goed mogelijk hergebruiken en hoogwaardig recycleren. Ook levert circulariteit kansen op voor de Nederlandse industrie,

⁶ Zie verdiepingsdocument B, hoofdstuk 3 voor meer informatie over de koolstofketen

⁷ COM (2023) 160 en COM(2023) 165

omdat we in Nederland veel innovatieve kennis over circulair ontwerp in huis hebben. Een circulair energiesysteem is dus duurzamer en vermindert het risico op materiaaltekorten.

Tegelijkertijd zal de vraag naar primaire grondstoffen voor de opbouw van het energiesysteem de komende tijd flink toenemen. Deze toename in het gebruik van grondstoffen is niet volledig in te vullen met circulaire grondstoffen en staat daardoor op gespannen voet met de ambitie om het primaire grondstoffengebruik te verminderen. Het zet daarmee een aantal van bovengenoemde publieke belangen onder druk, zoals verder toegelicht in paragraaf 1.2.

De circulariteit en beschikbaarheid van grondstoffen spelen dus een cruciale rol in de transitie naar een klimaatneutraal energiesysteem. Dit hoofdstuk zoomt daarom in op de interactie tussen deze twee grote duurzaamheidstransities.

1.2. Verschuiving van fossiele grondstoffen naar kritieke metalen en mineralen

Een klimaatneutraal energiesysteem heeft een grote grondstoffenvraag

Het huidige energiesysteem gebruikt een enorm volume aan voornamelijk fossiele grondstoffen als energiebron en als grondstof in de industrie. Een systeem met hernieuwbare energie gebruikt weliswaar veel minder grondstoffen direct als energiebron, maar heeft wel veel kritieke grondstoffen nodig voor energietechnologie en infrastructuur, zoals windturbines, zonnepanelen en batterijen. De Europese Commissie definieert kritieke grondstoffen als metalen en mineralen van significante economische waarde en waarvoor potentieel een leveringsrisico bestaat. Figuur 2 geeft een overzicht van de grondstoffen die door de Europese Commissie als kritiek zijn aangemerkt en welke belangrijk zijn voor de verschillende technologieën voor de energietransitie.

⁸ European Critical Raw Materials Act (proposal). Dikgedrukte grondstoffen zijn zowel aangemerkt als kritiek alsook strategisch.

⁹ Sommige grondstoffen zijn elkaars substituuat of zullen op termijn vervangen worden door nieuwe technologieën.

¹⁰ Scenariostudie kernenergie. Witteveen + Bos, eRisk Group en HCSS (2022)

Technologieën / Grondstoffen	Aluminium	Nikkel	Koper	Dysprosium	Terbium	Yttrium	Lanthaan	Praseodymium	Neodymium	Magnesium	Niobium	Germanium	Boor	Kobalt	Platina	Iridium	Palladium	Natuurlijk grafiet	Vanadium	Lithium	Wolfram	Fluoriet	Titanium	Calcium	Siliciummetaal	Hafnium	Mangaan
Zon-PV																											
Wind																											
Elektrolyzers																											
Waterstofcentrale																											
Elektriciteitsinfrastructuur																											
CCS																											
Batterijen																											
Kernenergie																											

Figuur 2 Overzicht van de grondstoffen die door de Europese Commissie als kritiek zijn aangemerkt⁸ en van belang zijn voor de energietransitie⁹. Deze figuur is een versimpelde bewerking van Witteveen + Bos e.a. (2022)¹⁰

In dit hoofdstuk wordt gesproken over de leveringszekerheid van grondstoffen, maar voor de meeste producten geldt dat Nederland geen ruwe grondstoffen importeert, maar halffabricaten of eindproducten. De schaarste kan dus niet alleen zitten in de grondstoffen zelf, maar ook in het verkrijgen van de halffabricaten en eindproducten en het tekort aan of afhankelijkheid van verwerkings- of productiefaciliteiten. Daarnaast is er ook nog een groeiende behoefte aan materieel om de energietechnologie te realiseren. Denk bijvoorbeeld aan schepen die nodig zijn voor het plaatsen van windmolens.¹¹

Een belangrijk verschil tussen fossiele brandstoffen en de kritieke metalen en mineralen die nodig zijn voor de opbouw van het nieuwe energiesysteem is dat fossiele brandstoffen steeds opnieuw nodig zijn (bij inzet van fossiele koolstofdragers als grondstof geldt dit niet¹²), terwijl de grondstoffen voor energietechnologie eenmalig nodig zijn en vervolgens jarenlang meegaan. Voor duurzame koolstofdragers die gebruikt worden als brandstof (zie paragraaf 1.3) geldt nog steeds dat een continue aanvoer nodig is. Hetzelfde geldt voor uranium, de belangrijkste grondstof in de brandstofcyclus voor kernenergie. De scenariostudie van Witteveen+Bos¹³ heeft laten zien dat de geopolitieke risico's op het gebied van materiaalvererving voor kernenergie op langere termijn relatief beperkt zijn. Dit

¹¹ Integrale Infrastructuurverkenning 2030 - 2050 – Hoofdrapport, NBNL (2023)

¹² Indien fossiele koolstofdragers worden ingezet als grondstof voor producten met een lange levensduur of producten die goed gerecycled kunnen worden geldt in principe hetzelfde als voor de inzet van kritieke metalen en mineralen.

¹³ Kamerstuk 32 852, nr. 224

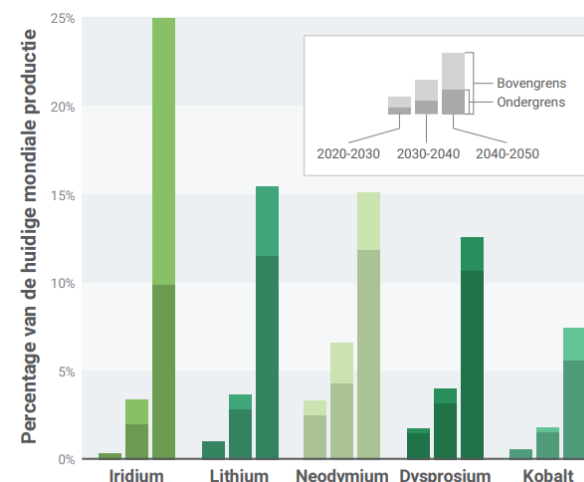
heeft te maken met voldoende diversiteit aan leveranciers, voldoende uraniumvoorraden en de rol die Nederland speelt in de wereldwijde markt voor uraniumverrijking. Uranium is door de Europese Unie dan ook niet aangemerkt als kritieke grondstof. In het vervolg van deze paragraaf ligt de focus dan ook op de technologieën en kritieke grondstoffen genoemd in Figuur 2.

Studies laten zien dat de huidige scenario's voor het klimaatneutraal maken van het energiesysteem in Nederland een buitenproportioneel groot beslag zouden leggen op het mondiale aanbod van kritieke grondstoffen, uitgaande van de huidige productievolumes aan grondstoffen (Figuur 3, pagina 7).¹⁴ Doelstellingen om de Nederlandse primaire grondstoffenvraag te verkleinen betekenen dus een zeer grote uitdaging voor de energietransitie. Bovendien is de energietransitie niet het enige maatschappelijke doel waarvoor kritieke grondstoffen van belang zijn. Ook de groeiende mondiale welvaart, de digitale transitie en de groeiende vraag naar hightech defensiematerieel zorgen ervoor dat de vraag naar kritieke grondstoffen stijgt. Daardoor neemt de kans op wereldwijde tekorten sterk toe, ook in Nederland. Op dit moment stijgt het aanbod van kritieke grondstoffen onvoldoende mee met de exploderende vraag. Daardoor staat ook de snelheid van de energietransitie op gespannen voet met de grote grondstoffenvraag.

Experts geven aan dat schaarste niet onvermijdelijk is omdat er in fysieke zin voldoende grondstoffen op aarde aanwezig zijn.¹⁵ Stijgende grondstofprijzen leiden door marktwerking tot minder vraag en zijn een stimulans voor de ontwikkeling van alternatieven en innovatieve oplossingen. Dit prijsmechanisme werkt echter geleidelijk, terwijl de energietransitie een hoog tempo heeft. In hoeverre schaarste aan grondstoffen de energietransitie zal vertragen en ten koste gaat van de betaalbaarheid is dan ook sterk afhankelijk van het tempo waarin opschaling van duurzame mijnbouwactiviteiten en ontwikkeling van innovatieve oplossingen plaatsvindt. Het openen van nieuwe mijnen duurt vaak 10 tot 15 jaar en niet alle benodigde grondstoffen voor de energietransitie zijn makkelijk

te vervangen vanwege hun unieke eigenschappen. Daarom is het een reëel risico dat er tekorten ontstaan.¹⁶

Daarnaast is het wenselijk om de internationale strategische afhankelijkheid van kritieke grondstoffen, halfproducten en eindproducten te verminderen. De mijnbouw en raffinage van kritieke grondstoffen is sterk geconcentreerd in bepaalde landen. Dat geeft de grondstoffenmarkt een sterk geopolitiek karakter. China is in het geval van metalen en mineralen voor de energietransitie de meest dominante speler. Daar komt bij dat de winning en verwerking in het buitenland gepaard gaan met een behoorlijke uitstoot van broeikasgasemissies, milieuvervuiling en vaak slechte omstandigheden voor lokale arbeiders. Het is belangrijk om mee te werken aan een menswaardige werksituatie in deze mijnen en verwerkende industrie. Waar dat niet lukt, is het van belang om het gebruik van deze grondstoffen zoveel mogelijk af te bouwen. In maart 2023 ondertekende het kabinet het IMVO-Convention voor de Hernieuwbare energiesector.¹⁷ Daarmee is een belangrijke



Figuur 3 Geschatte grondstoffenvraag van de Nederlandse energietransitie uitgedrukt in het percentage van de huidige mondiale productie voor vijf kritieke materialen voor de energietransitie.¹⁸

¹⁴ Een circulaire energietransitie. Metabolic, Copper8, Polaris & Quintel (2021).

¹⁵ The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, International Energy Agency (2021).

¹⁶ Een circulaire energietransitie. Metabolic, Copper8, Polaris & Quintel (2021).

¹⁷ International Responsible Business Conduct Agreement for the Renewable Energy Sector. SER (2023)

¹⁸ Een circulaire energietransitie. Metabolic, Copper8, Polaris & Quintel (2021).

stap gezet om de risico's op het gebied van mensenrechtenschendingen en milieuschade te identificeren en mitigeren. Ook voor de metaalsector bestaat er een actief IMVO Convenant. Kennis en monitoring over welke grondstoffen waar vandaan komen (handelingsperspectief 5 Nationale Grondstoffenstrategie) is hiervoor van groot belang. Ook de ontwikkeling van duurzame Europese mijnbouw en raffinage (handelingsperspectief 2 Nationale Grondstoffenstrategie) draagt hieraan bij.

De energietransitie vergt de komende tijd een investering in grondstoffen met bijbehorende impact op klimaat, milieu en biodiversiteit, omdat de snelgroeiende vraag nog niet volledig circulair of met schone mijnbouw op te vangen is. Het kabinet zet erop in om de impact op mens en milieu bij het streven naar grotere leveringszekerheid zoveel mogelijk te beperken. Een snelle overgang naar minder, langduriger en efficiënter gebruik van kritieke grondstoffen is dus cruciaal. Daarnaast moeten we het primaire aanbod aan kritieke (en niet-kritieke) grondstoffen op een zo schoon mogelijke manier uitbreiden. In de onderstaande paragrafen worden zowel de mogelijkheden om de vraag naar kritieke grondstoffen te dempen als de Nederlandse inzet om het aanbod van schone grondstoffen te vergroten (veelal in EU-verband) besproken.

De grondstoffenvraag voor de energietransitie waar mogelijk dempen

De grondstoffenvraag voor de energietransitie dempen is de eerste manier om tekorten te beperken en de duurzaamheidsimpact van grondstoffen¹⁹ voor ons energiesysteem te beperken. Daarmee brengen we het energiesysteem meer in lijn met de doelstellingen van de grondstoffentransitie. Hierin kunnen we grofweg drie niveaus onderscheiden.

1. Inzetten op energiebesparing- en efficiëntie.
2. Het meewegen van de grondstoffenvraag, leveringszekerheidsrisico's en de duurzaamheidsimpact van grondstoffen bij het maken van keuzes voor de inrichting van het energiesysteem.
3. Het toepassen van circulaire strategieën in de ontwikkeling en uitrol van energietechnologie. Dit omvat het reduceren van de hoeveelheid benodigde materialen,

het verlengen van de levensduur van energietechnologie en -infrastructuur en waar mogelijk het vervangen van kritieke grondstoffen door beter beschikbare grondstoffen (substitutie).

De transitie naar een klimaatneutraal energiesysteem én de grondstoffentransitie zijn beide gebaat bij een beperking van de energievraag. Hoe minder duurzame energie we hoeven te produceren, hoe minder kritieke grondstoffen we nodig hebben voor het bouwen van de infrastructuur. Inzetten op energiebesparing en energie-efficiëntie heeft dus direct een dempend effect op de grondstoffenvraag. Het sluit daarmee ook aan bij de eerste strategie uit het NPCE: vermindering van grondstoffengebruik.

Een andere mogelijkheid om de grondstoffenvraag voor de energietransitie te reduceren is om bij de inrichting van het energiesysteem rekening te houden met de grondstoffenvraag en bijbehorende leveringszekerheidsrisico's en duurzaamheidsimpact van verschillende opties. We kunnen bijvoorbeeld de grondstoffenvraag voor batterijopslag verminderen door middel van sterke interconnectie met andere Noordwest-Europese landen en door vormen van energieopslag met een lage vraag naar kritieke grondstoffen te stimuleren. Op dit moment zet het kabinet vooral in op diversificatie van technologieën. Dat draagt bij aan de robuustheid van het energiesysteem in het geval er voor één van de technologieën vertraging optreedt in de toeleveringsketen. Het kabinet kiest nu dus niet voor óf meer batterijopslag óf meer interconnectie, maar zet in op beide opties, als onderdeel van een gebalanceerd flexibiliteitsportfolio. Een ander voorbeeld dat de binnenlandse grondstoffenvraag zou reduceren is om een deel van de binnenlandse opwek- en opslagcapaciteit te vervangen met import van energiedragers (zoals waterstof) uit het buitenland. Dit leidt echter niet per se tot een demping van de totale grondstoffenvraag, omdat de grondstoffenafhankelijkheid voor de Nederlandse energiebehoefte enkel verplaatst naar het buitenland. Bovendien dit gaat ten koste van onze zelfvoorzienendheid in energieproductie.

¹⁹ Het begrip duurzaamheidsimpact wordt in dit hoofdstuk gebruikt om te verwijzen naar de impact van het grondstoffengebruik voor het energiesysteem op klimaat, milieu en biodiversiteit. Hoewel het verminderen van het grondstoffengebruik over het algemeen betekent dat de impact omlaag gaat, hoeft

dit niet altijd zo te zijn. Bijvoorbeeld op het moment dat een kleine hoeveelheid grondstoffen met een grote impact op mens en milieu wordt gesubstitueerd door een grotere hoeveelheid grondstoffen met een relatief lage impact.

Voor toekomstige keuzes verkent het kabinet hoe de grondstoffenvraag voor energietechnologieën en bijbehorende leveringszekerheidsrisico's en duurzaamheidsimpact kunnen worden meegewogen in het nadere ontwerp van het energiesysteem. Om deze factoren goed te kunnen meewegen is het allereerst van belang om deze goed in kaart te brengen. Wat betreft het in kaart brengen van leveringszekerheidsrisico's zet het kabinet hier al stappen op middels het uitvoeren van strategische afhankelijkheidsanalyses. De kamer is hierover in mei 2023 geïnformeerd²⁰ in de kamerbrief Kabinetsaanpak Risicovolle Strategische Afhankelijkheden. Hierin is onder andere het energiedomein als prioritair gebied aangemerkt. Op basis hiervan brengt het ministerie van Economische Zaken nu eerst voor zeven deelsectoren mogelijke risicovolle strategische afhankelijkheden in kaart, namelijk de zon-pv-keten, windenergie, waterstofketen, warmtepompen, batterijtechnieken, chips en netwerkkabels. Over de voortgang van deze analyse en de voortgang van de analyses van andere departementen wordt de Kamer voor het eind van 2023 geïnformeerd.

Tot slot kan per energietechnologie worden gezien hoe het kabinet kan stimuleren dat de duurzaamheidsimpact van grondstoffen per product daalt. Dit kan door de efficiëntie van technologieën te verbeteren, kritieke grondstoffen te vervangen of door de levensduur te verlengen, waardoor over de tijd minder grondstoffen nodig zijn voor dezelfde hoeveelheid productie, opslag en distributie van energie.

In het NPCE wordt in de Transitieagenda Circulaire Maakindustrie al aandacht besteed aan een aantal belangrijke productgroepen voor de energietransitie: windparken, zonneparken en klimaatinstallaties voor de gebouwde omgeving. Voor elk van deze productgroepen heeft het kabinet meerdere maatregelen aangekondigd om circulariteit te bevorderen. Een goed voorbeeld hiervan zijn de tendercriteria voor windparken. Windenergie speelt een cruciale rol in het toekomstige energiesysteem, maar de huidige technologie gebruikt een grote hoeveelheid kritieke grondstoffen.²¹ Hiervoor is onder andere aangekondigd dat het kabinet circulariteit opneemt als kwalitatieve randvoorwaarde in tenders van windenergie op zee, wat bij de tender voor IJmuiden Ver reeds geïmplementeerd is. Daarnaast verkent het kabinet in hoeverre het via tendercriteria in de vergunningverlening van kavels voor

windenergie meer kan sturen op toepassing van gerecyclede materialen. Op 6 juli 2023 is de zonnebrief gepubliceerd, waarin het kabinet ingaat op het stimuleren van circulariteit in de productieketen van zonnepanelen. De gehonoreerde aanvraag bij het Nationaal Groeifonds door consortium Solar NL zet in op bevordering van *circularity-by-design* voor zonnepanelen. Ook voor productgroepen die nog niet zijn opgenomen in het NPCE, worden acties verkend. Bijvoorbeeld voor elektrolyzers worden momenteel verschillende maatregelen verkend en wordt onderzoek gedaan naar het materiaalgebruik en de recyclingmogelijkheden.

De komende tijd verkent het kabinet welke aanvullende maatregelen nodig en wenselijk zijn om de circulariteit te bevorderen voor de productgroepen uit het NPCE (windparken, zonneparken en klimaatinstallaties) en andere duurzame energietechnologieën. Mogelijkheden daarvoor zijn bijvoorbeeld het hanteren van circulariteitscriteria bij publieke aanbestedingen en subsidies, inzetten op (meer ambitieuze) circulariteitsnormen op nationaal en Europees niveau, het integreren van circulariteit in financieringsinstrumenten zoals de SDE++, het stimuleren van circulaire innovaties en het verlengen van exploitatietermijnen om een langere levensduur te bevorderen.

Concreet werkt het kabinet aan een aantal trajecten waarmee circulariteit in toenemende mate zal worden meegewogen bij de inrichting van het energiesysteem. Ten eerste wordt met behulp van extern onderzoek een aantal nieuwe productgroepen uitgewerkt, te beginnen met elektrolyzers, met het doel deze op termijn onderdeel te laten worden van het Nationaal Programma Circulaire Economie met bijbehorende beleidsagenda om de circulariteit van deze productgroepen te bevorderen. Ten tweede zet het kabinet zich in om de samenhang tussen het klimaatbeleid en circulaire-economiebeleid te versterken door bij beleidsinstrumenten als subsidieregelingen, normeren en financiële instrumenten te analyseren hoe zowel emissiereductie als circulariteit als onderwerp of in de randvoorwaarden kunnen worden meegenomen. Ten derde is er binnen de energie-

²⁰ Kamerbrief 30821 nr. 181: Kabinetsaanpak Strategische Afhankelijkheden

²¹ Een circulaire energietransitie. *Metabolic, Copper8, Polaris & Quintel (2021)*.

innovatieprogramma's standaard al aandacht voor circulariteit, waardoor toekomstige technologieën in hogere mate circulair ontworpen zullen zijn dan huidige technologieën²².

Het vergroten van het schone aanbod aan kritieke grondstoffen

De tweede manier om tekorten te beperken is door het (schone) aanbod van kritieke grondstoffen te vergroten. Zoals aangegeven in de Nationale Grondstoffenstrategie van dit kabinet, werkt Nederland hieraan onder meer door in te zetten op duurzame Europese raffinage en mijnbouw, diversificatie, circulariteit en verduurzaming van internationale grondstoffenketens en monitoring en kennisopbouw. Dat doen we veelal in EU-verband. In Nederland komen kritieke grondstoffen namelijk bijna niet voor vanwege de geologische opbouw van de Nederlandse ondergrond. Wel onderzoekt het kabinet de mogelijkheden van lithiumwinning bij geothermie in Nederland.

Om de positie van Nederland te versterken, is in de Nationale Grondstoffenstrategie onder meer een verkenning van de voor- en nadelen van Nederlandse raffinagecapaciteit voor kritieke grondstoffen aangekondigd. Dit geeft echter geen garanties dat er in de komende vijftien jaar genoeg kritieke grondstoffen beschikbaar zijn om de opwek-, transport- en opslagcapaciteit te realiseren die nodig is om de klimaatdoelen te halen. Daarom zet Nederland zich ook in voor duurzame winning en verwerking van kritieke grondstoffen in andere Europese landen. Het kabinet onderzoekt de posities en belangen van het Nederlandse bedrijfsleven in de internationale waardeketens van grondstoffen.

Grondstoffenbeleid wordt ook in Europees verband steeds belangrijker. Zo stelt de Europese Critical Raw Materials Act doelen op het gebied van mijnbouw, raffinage en recycling van kritieke grondstoffen op het Europese continent, om zo leveringszekerheid van kritieke grondstoffen te vergroten. Het kabinet onderzoekt momenteel hoe deze Europese doelen vertaald kunnen worden naar de nationale context. Deze doelen zullen opgenomen worden in de Nationale Grondstoffenstrategie en het NPCE.

Daarnaast zet het kabinet er nu al op in dat we fysieke elementen van het energiesysteem (bijvoorbeeld windturbines en batterijen) zo bouwen dat we de gebruikte kritieke grondstoffen na de levensduur weer kunnen hergebruiken en uiteindelijk kunnen recyclen. Dit vraagt dus om circulair ontwerp (safe and circular by design). Circulariteit en innovatie (handelingsperspectief 1 uit de Nationale grondstoffenstrategie) is daarom een belangrijke bouwsteen om de leveringszekerheid en betaalbaarheid van deze grondstoffen te vergroten en de milieudruk te verkleinen.

Een kanttekening bij recycling is dat het aanbod dat op korte termijn voortkomt uit recycling of hergebruik relatief beperkt is ten opzichte van de vraag. Dat komt simpelweg doordat deze grondstoffen pas aan het einde van de levensduur beschikbaar komen en de hoeveelheid benodigde technologie de komende jaren groeit. Maar ook omdat recyclingspercentages van kritieke grondstoffen nu nog op een zeer laag niveau liggen in Europa. De Commissie constateert dat recyclingcapaciteit, -systemen en -technologieën vaak ontoereikend zijn voor de specifieke kenmerken van kritieke grondstoffen. Scheidingsprocessen voor kritieke grondstoffen zijn over het algemeen namelijk complexer en de terugwinbare hoeveelheden zijn kleiner dan voor de basismetalen. Daarnaast zijn producten veelal niet ontworpen om de verwijdering van- of de toegang tot componenten die rijk zijn aan kritieke grondstoffen te vergemakkelijken. Denk bijvoorbeeld aan de permanente magneten die zeldzame aardmetalen bevatten. Dat neemt niet weg dat recycling en hergebruik na verloop van tijd een steeds grotere relatieve bijdrage leveren aan het invullen van de totale grondstoffenvraag. Ook uit bij het ontmantelen van het bestaande energiesysteem, denk aan boorplatforms, gasbuizen en stookinstallaties, zal een grote hoeveelheid grondstoffen vrijkomen. Vooraf moet bepaald worden hoe en waar deze grondstoffen opnieuw in de keten gebracht kunnen worden. Ook moeten we de faciliteiten voor recycling en hergebruik (in Nederland en in het buitenland) op tijd ontwikkelen om er in een later stadium gebruik van te kunnen maken.

Door in te zetten op het vergroten van het schone aanbod en het dempen van de vraag kunnen we het leveringszekerheidsrisico van grondstoffen voor de energietransitie

²² Zie ook de *Integrale Kennis en Innovatieagenda (IKIA) Klimaat & Energie Kennis en Innovatieagenda Circulaire Economie (KIA CE) (2023)*.

verkleinen. Maar het blijft onzeker of dit voldoende is om grondstoffentekorten en daarmee vertraging van de energietransitie te voorkomen. De komende tijd verkent het kabinet verder op welke manier het hierop kan anticiperen.

1.3. Verschuiving van fossiele naar duurzame koolstof

Fossiele grondstoffen passen niet in een klimaatneutraal, circulair energiesysteem

Nederland is klimaatneutraal wanneer er op Nederlands grondgebied netto geen broeikasgassen meer bijkomen in de atmosfeer. Daarom moeten we resterende emissies in 2050 compenseren met negatieve emissies, bijvoorbeeld in bossen of onder de grond.²³ De verbranding van fossiele grondstoffen (bijvoorbeeld voor energieproductie of als brandstof voor voertuigen) leidt tot uitstoot van broeikasgassen in Nederland. Dat geldt ook voor de bewerking, consumptie en afvalwerking ervan. De transitie naar klimaatneutraliteit betekent dus dat we het gebruik van fossiele grondstoffen moeten afbouwen.

Vanuit het perspectief van het huidige internationale klimaatbeleid zouden fossiele grondstoffen in principe een rol kunnen spelen in een klimaatneutraal energiesysteem. Bijvoorbeeld als we de CO₂ die het Nederlandse deel van de keten uitstoot, opvangen en veilig opslaan. Maar daarmee blijft de vraag naar primaire fossiele grondstoffen groot. Dat is in strijd met het uitgangspunt van de circulaire economie, waarin we het gebruik van primaire grondstoffen zoveel mogelijk reduceren. Daarnaast houdt het blijven winnen van fossiele grondstoffen de bijkomende buitenlandse uitstoot van broeikasgassen in stand. Daarmee houdt Nederland ook dat deel van het mondiale klimaatprobleem in stand. Bovendien is het potentieel om in Nederland koolstofverwijdering te realiseren beperkt.²⁴ Met een grote behoefte aan koolstofverwijdering zouden we een toenemende afhankelijkheid creëren van buitenlandse CO₂-opslagcapaciteit. Het gebruik van fossiele grondstoffen in een klimaatneutraal energiesysteem past daarom niet binnen de gewenste ontwikkelrichting van het kabinet en wordt richting 2050 zoveel mogelijk geminimaliseerd, zoals ook beschreven in verdiepingsdocument B, hoofdstuk 3 over de koolstofketen.

²³ Kamerstuk 32813 nr. 2280 - Naar een beleidsagenda voor een Klimaatneutraal Nederland.

²⁴ Koolstofverwijdering voor klimaatbeleid - Analyse van behoefte, aanbod en beleid voor negatieve emissies in Nederland. CE Delft & TNO (2023).

Duurzame koolstofdragers zijn beperkt beschikbaar

Dat fossiele grondstoffen niet passen in een klimaatneutraal en circulair energiesysteem, is in het bijzonder een uitdaging voor de chemische sector. Daar blijft koolstof essentieel. In 2050 moet de chemische sector zoveel mogelijk zijn overgestapt op duurzame koolstofdragers zoals duurzame biograndstoffen, secundaire grondstoffen (recycalaat) en synthetische koolstofdragers op basis van niet-fossiele CO₂ en waterstof. Naast de chemische sector zal ook de lucht- en scheepvaart richting 2050 een groeiende behoefte aan duurzame koolstofdragers ontwikkelen ten behoeve van CO₂-vrije, energiedichte brandstoffen. Omdat duurzame koolstofdragers naar verwachting beperkt beschikbaar zullen zijn, zet het kabinet erop in om de inzet van koolstofdragers als sluitstuk te beschouwen daar waar alternatieven beschikbaar zijn (gebouwde omgeving, binnenlandse mobiliteit). Naast het ontwikkelen van een importstrategie, vindt het kabinet het belangrijk om het binnenlandse potentieel aan duurzame koolstofdragers maximaal te ontsluiten. Dit geldt zowel voor duurzame biograndstoffen als voor recycalaat. Circulariteit van koolstofhoudende producten speelt daarom een belangrijke rol in de verduurzaming van de koolstofketen richting 2050.²⁵ In verdiepingsdocument B, hoofdstuk 3 wordt de ontwikkeling van de koolstofketen, inclusief de beschikbaarheid van duurzame koolstofdragers en de rol van circulariteit, verder toegelicht. De inzet van het kabinet ten aanzien van circulaire plastics staat daarnaast uitgebreid beschreven in het NPCE.²⁶

1.4. De grondstoffentransitie vereist een circulair energiesysteem

Het circulair inrichten van het nieuwe energiesysteem is niet alleen een kans om het aanbod aan schone grondstoffen te vergroten (recycling) en de vraag naar grondstoffen te dempen (reductie, substitutie en levensduurverlenging). Het is ook essentieel om de energiesector te laten bijdragen aan de circulaire doelstellingen en daarmee de impact op milieu, klimaat en biodiversiteit te beperken en de leveringszekerheid te vergroten. De inzet van het kabinet om het energiesysteem circulair in te richten zijn reeds besproken in paragraaf 1.2. Daarnaast

²⁵ Energie door perspectief: rechtvaardig, robuust en duurzaam naar 2050. ETES 2050 (2023)

²⁶ Kamerstuk 32852 nr. 225 Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030.

werkt het kabinet de komende tijd mogelijkheden uit waarmee het circulariteit in het algemeen beter in het energiesysteem kan borgen. Zo verkent het de mogelijkheden om circulariteit en de duurzaamheidsimpact van het grondstoffengebruik mee te nemen in de voorziene monitoring van het energiesysteem (verdiepingsdocument A, hoofdstuk 3). Andersom zijn energietechnologieën ook onderdeel van het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie²⁷. In het kader daarvan wordt een productgroepenanalyse uitgevoerd voor hernieuwbare energietechnologieën. Het doel hiervan is om te inventariseren waar kansen liggen om de transitie naar een circulaire economie in de diverse ketens te versnellen.

1.5. De grondstoffentransitie zorgt voor een verschuiving in de energievraag

Energiebesparing en het verminderen van grondstoffengebruik gaan hand in hand

In een circulaire economie winnen we minder primaire grondstoffen, minimaliseren we de impact op klimaat, milieu en biodiversiteit van industriële processen (bijvoorbeeld bij de productie van staal, plastic, aluminium en beton), en gebruiken we grondstoffen en producten intensiever, langduriger en efficiënter. Ook vraagt de circulaire economie om een verandering in consumptiegedrag. Daarbij verschuift de nadruk van eigendom van producten naar gebruik van producten of diensten. Al deze bewegingen leiden tot een vermindering van de energievraag en een verlaging van de CO₂-uitstoot. Dat maakt de transitie naar een klimaatneutraal energiesysteem betaalbaarder en makkelijker. Zoals eerder benoemd, geldt omgekeerd hetzelfde. Energiebesparing en energie-efficiëntie leiden direct tot een reductie in de grondstoffenvraag van het energiesysteem.

Circulaire activiteiten kunnen tot een hogere Nederlandse energievraag leiden

In Nederland vindt op dit moment geen winning van primaire kritieke grondstoffen plaats. De import hiervan heeft dus een energie- en emissievoetafdruk in het buitenland. Recyclingprocessen kunnen daarentegen wel in Nederland plaatsvinden en zijn in sommige

gevallen zeer energie-intensief. Door de import van primaire grondstoffen af te bouwen en binnenlandse recyclingprocessen op te schalen, kan de energievraag in Nederland dus toenemen. Hetzelfde zou gelden voor binnenlandse raffinage van kritieke metalen en mineralen.²⁸ Zolang de energievoorziening nog niet volledig CO₂-vrij is, leidt dit dus ook tot een toename van nationale broeikasgasuitstoot. Aan de andere kant biedt het opbouwen van raffinage- en recyclingindustrie grote kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven. Ook draagt het bij aan het verminderen van onze afhankelijkheid van andere landen. Hier staan verdien capaciteit en leveringszekerheid (van grondstoffen) op gespannen voet met een toename in energieverbruik. Om dit effect binnen de perken te houden zijn drie uitgangspunten van belang. Ten eerste moet er gezocht worden naar een goede balans tussen binnenlandse recycling en import van secundaire grondstoffen. Ten tweede moet bij de vormgeving van binnenlandse raffinage- en recyclingprocessen gestreefd worden naar hoge energie-efficiëntie. Bij de recycling van plastics betekent dit bijvoorbeeld dat mechanische recycling de voorkeur krijgt boven chemische recycling. Bij voorkeur is voorafgaand aan het recyclingproces eerst nog de levensduur verlengd door hergebruik van producten of componenten. Het kabinet werkt de komende tijd verder uit hoe het deze uitgangspunten kan vertalen in concrete acties.

1.6. Conclusie en beleidsimplicaties

Circulariteit is een belangrijke randvoorwaarde voor de inrichting van het energiesysteem. Niet alleen om de impact op mens en milieu door het grondstoffengebruik voor het energiesysteem te verkleinen, maar ook omdat het bijdraagt aan de leveringszekerheid en betaalbaarheid in de opbouwfase van het energiesysteem én op de lange termijn. Als we zowel de koolstofketen als alle energie-infrastructuur circulair inrichten, dragen we immers bij aan het schone aanbod aan koolstofdragers en kritieke grondstoffen op de lange termijn. Op korte termijn is het bevorderen van circulariteit alleen echter niet voldoende om de leveringszekerheid van kritieke grondstoffen te garanderen. Daarom zet het kabinet met de Nationale Grondstoffenstrategie in op het vergroten van het duurzame aanbod aan grondstoffen en het verbeteren van de Nederlandse en Europese positie in de waardeketen

²⁷ *Werkprogramma monitoring & sturing circulaire economie 2023-2024. PBL (2023).*

²⁸ *De toename in het energiegebruik geldt vooral voor raffinage en recycling van metalen en mineralen. Voor raffinage en recycling van duurzame koolstofdragers geldt dat er ook een afname van*

energiegebruik tegenover staat, omdat in Nederland op dit moment al grootschalig verwerking van fossiele koolstofdragers plaatsvindt, welke over de tijd zal afnemen.

van kritieke grondstoffen. Daarnaast verkent het kabinet de komende tijd op welke manier het de impact op mens en milieu en leveringszekerheidsrisico's van grondstoffen kan meewegen bij toekomstige keuzes voor het energiesysteem en hoe het kan anticiperen op mogelijke tekorten die een bedreiging vormen voor het tempo en de betaalbaarheid van de

energietransitie. Tot slot is de beperkte beschikbaarheid van kritieke grondstoffen één van de argumenten voor een forse inzet op energiebesparing.

2. Veiligheid

Een klimaatneutraal energiesysteem draagt niet alleen bij aan de vermindering van risico's door klimaatverandering, het biedt ook kansen voor veiligheids- en gezondheidswinst. Tegelijkertijd moet de samenleving ook in een nieuw (klimaatneutraal) energiesysteem nog steeds een bepaalde mate van risico aanvaarden. In de keuzes over het energiesysteem weegt het kabinet daarom veiligheid als één van de ontwerpcriteria mee.

In het Nationaal plan energiesysteem (NPE) onderscheidt het kabinet veiligheid in twee dimensies. Allereerst is er de veiligheid van mensen. Dit gaat over fysieke veiligheidsrisico's voor mensen door ongevallen en gezondheidsrisico's door blootstelling aan bijvoorbeeld stoffen die vrijkomen. In Nederland wordt met deze risico's omgegaan door aan de voorkant eisen te stellen, bijvoorbeeld in de vorm van veiligheidsnormen. Als tweede is er de veiligheid van het systeem. Dit gaat over een robuust functionerend energiesysteem, dat in gevaar kan komen door afhankelijkheid van derde landen, moedwillige aantasting van vitale infrastructuur of sabotage van digitale systemen. Ook hier wordt aan de voorkant omgegaan met de risico's. Bijvoorbeeld door eisen te stellen aan het veiligheidsniveau van digitale systemen, het diversifiëren van leveranciers en het aanwijzen en beschermen van vitale infrastructuur.

2.1. Veiligheid van mensen

Bij veiligheid gaat het in de eerste plaats over het omgaan met *menselijke veiligheidsrisico's*, ook waar die raken aan gezondheid. Voor de veiligheid van mensen is er op dit moment al sprake van een hoog veiligheidsniveau. Het kabinet heeft hierbij als doel om dit niveau in een fossielvrij energiesysteem te behouden en te verbeteren waar mogelijk.

Vijf studies²⁹, onder meer uitgevoerd door het RIVM, laten zien dat er op systeemniveau bij bepaalde systeemkeuzes een duidelijke veiligheids- en gezondheidswinst kan worden verwacht ten opzichte van het huidige energiesysteem. Naarmate de details van het nieuwe

²⁹ Zie de kabinetsreactie op het RIVM-rapport 'Klimaatakkoord: effecten van nieuwe energiebronnen op gezondheid en veiligheid in Nederland' (Kamerstuk 32 813, nr. 813).

energiesysteem duidelijker worden, moeten dit soort studies geactualiseerd worden. Ook als de risico's van het nieuwe systeem lager zijn, moeten we er verantwoord mee omgaan. We gaan tenslotte technieken toepassen die nieuw zijn voor ons land of die we voor het eerst op grotere schaal of dicht bij de leefomgeving uitvoeren. De bestaande manier van reguleren is daarop niet altijd afgestemd. In de transitie zullen ongetwijfeld dingen anders lopen of misgaan, meevallen of tegenvallen. Het belangrijkste is dat we aandachtig omgaan met wat zich voordoet en zorgen dat activiteiten voldoen aan het vereiste veiligheidsniveau.

Innovaties lopen in de praktijk vaak vooruit op regelgeving. Maar het is belangrijk dat we innovaties bevorderen en waar nodig ruimte maken voor experimenteren en testen. Ook moeten we leren van incidenten. We moeten lessen en verbeteringen baseren op een degelijke analyse. Dat heeft tijd nodig, ook in situaties waarin van veel kanten wordt aangedrongen op een snelle beleidsreactie³⁰.

Om deze risicobenadering vorm te geven werkt het kabinet aan een beleidskader dat recht doet aan het karakter van de energietransitie. In samenwerking met de ministeries IenW, BZK, JenV, VWS en SZW heeft het hiervoor uitgangspunten voor het verantwoord en consistent omgaan met risico's voor veiligheid en gezondheid geformuleerd. Het kabinet geeft hiermee antwoord op het verzoek om regie te nemen, zonder daarmee iets te willen veranderen aan bestaande bevoegdheden.

Op 4 november 2022 zijn de contouren van deze risicobenadering beschreven in een Kamerbrief³¹. De kern bestaat uit zes uitgangspunten en die hebben betrekking op de volgende thema's.

1. Een hoog niveau van veiligheid en gezondheid, minstens even hoog als bij fossiele energie.
2. Zorgvuldige en pragmatische omgang met kennisonzekerheid en preventie die past bij de energietransitie.

³⁰ Zie ook het hierop gerichte advies van de Raad voor het Openbaar Bestuur (2023): *Vallen, opstaan en weer doorgaan. Ruimte voor leren in transitie*.

³¹ Kamerstuk 32 813, nr. 1113.

3. Meer ruimte voor gereguleerd experimenteren en het opstellen van tijdelijk risicobeleid voor de overgangsfase.
4. Leren van incidenten en structureel verbeteren zonder beleidsmatige overreactie.
5. Eenduidige en openhartige communicatie met belanghebbenden over restrisico's, rekening houdend met de context en de beleving van het risico.
6. Aanpakken van onverwachte belemmeringen voor de energietransitie als gevolg van bestaande of voorgenomen wet- en regelgeving.

Eind 2023 deelt het kabinet de definitieve uitgangspunten, inclusief toelichting, met de Tweede Kamer. In aanloop naar een definitieve versie legt het de risicobenadering voor aan IPO, VNG en UvW met de vraag of deze de basis kan worden voor een overheidsbrede aanpak. Hierover heeft het kabinet al contact met deze partijen.

2.2. Bescherming van het energiesysteem

Een werkend energiesysteem is van groot belang voor onze maatschappij. Dat brengt met zich mee dat kwaadwillende actoren kunnen proberen het systeem te saboteren of anderszins te schaden. Steeds vaker zijn vitale processen in Nederland en de Europese Unie doelwit van handelingen van statelijke actoren die onze veiligheidsbelangen kunnen schaden, zoals spionage en sabotage. Verstoringen en beperkingen van vitale processen of diensten kunnen worden nagestreefd om maatschappelijke onrust te zaaien of het vertrouwen in de overheid aan te tasten. De meest opvallende en zorgelijke ontwikkeling is de illegale Russische oorlog in Oekraïne, die de relatie tussen het Westen en Rusland onder hoge spanning zet. Het is bekend dat Russische entiteiten interesse tonen in de Nederlandse vitale infrastructuur. Bovendien kan Nederland ook gevolgen ondervinden van sabotage van vitale infrastructuur elders in Europa. Daarnaast kan het energiesysteem door menselijke fouten of natuurrampen worden getroffen. De energietransitie biedt een kans om veiligheidsrisico's en kwetsbaarheden van het huidige energiesysteem af te bouwen of te mitigeren. In het huidige energiesysteem importeren we het merendeel van onze energiebehoefte vanuit het buitenland. Door ons energiesysteem te verduurzamen, verbruiken we steeds minder gas en olie en produceren we zelf meer CO₂-vrije elektriciteit. Daardoor neemt de Europese afhankelijkheid van olie- en gas producerende landen als

Rusland verder af. Tegelijkertijd moeten we al bij het ontwerp van het nieuwe systeem goed kijken hoe we nieuwe kwetsbaarheden en afhankelijkheden kunnen voorkomen of beperken. In een klimaatneutraal energiesysteem importeren we naar verwachting veel minder, maar nog steeds een aanzienlijk deel van onze energie, bijvoorbeeld in de vorm van waterstof en bio- en synthetische brandstoffen. Een enorme toename van elektrificatie betekent daarnaast dat veiligheid van het elektriciteitsnet met het oog op leveringszekerheid nog belangrijker wordt. Ook zal digitalisering van het energiesysteem verder doorzetten en aan belang toenemen. Dit is onder andere het gevolg van een grotere noodzaak om op basis van data en gegevens flexibiliteit te kunnen leveren.

Het energiesysteem raakt aan meerdere veiligheidsvraagstukken, namelijk de fysieke, economische en ecologische veiligheid van Nederland.³² Een volledig of gedeeltelijk niet meer werkend energiesysteem kan een maatschappelijke ontwrichting tot gevolg hebben. Het is daarom van groot belang dat we bij de inrichting van een duurzaam energiesysteem rekening houden met verschillende gevaren voor ons energiesysteem: cyberdreiging, zware ongevallen en natuurrampen en statelijke dreigingen. Het is daarbij van belang dat we niet de illusie hebben dat we deze dreigingen (volledig) kunnen wegnemen. De nadruk moet daarom ook juist komen te liggen op het creëren van een robuust en weerbaar systeem. Daarbij moeten we ons goed bewust zijn van de afhankelijkheden van derden en risico's zorgvuldig afwegen. Als we hiermee aan de voorkant al zoveel mogelijk rekening houden, kunnen we – in afweging met de andere publieke belangen – werken aan een beter beschermd en onafhankelijker energiesysteem.

Beschermen van de vitale infrastructuur

Vanwege de enorme groei van het opgesteld vermogen, de langetermijnaanpak en de afhankelijkheden die daaruit voortvloeien, en de noodzaak van de infrastructuur voor een succesvolle energietransitie, is het van essentieel belang om de veiligheid van vitale energie-infrastructuur goed te beschermen. Waar mogelijk moet veiligheid een integraal onderdeel van het ontwerp van de energie infrastructuur zijn (security by design). Dit betekent dat de weerbaarheid van de operationele techniek, informatietechniek en fysieke infrastructuur

³² *Veiligheidsstrategie voor het Koninkrijk der Nederlanden, Kamerstuk 30 821, nr. 178*

altijd op een passend niveau moeten zijn. Om de risico's te kunnen blijven identificeren en beheersen, moeten we weten wat de huidige en toekomstige belangen en dreigingen zijn.

In het huidige energiesysteem zijn bepaalde onderdelen van het elektriciteit- en gassysteem en de oliewaardeketen vitaal verklaard.³³ Aanbieders moeten voldoen aan meerdere regels om de vitale delen van het energiesysteem veiliger te maken. Zo zijn netbeheerders verplicht hun netten te beschermen tegen invloeden van buitenaf en hebben onder andere netwerkbedrijven, elektriciteitsproducten en gasopslagen een zorg- en meldplicht als het gaat om cybersecurity.

De energietransitie leidt ertoe dat andere of nieuwe delen van ons energiesysteem zich ontwikkelen tot cruciale onderdelen en daarom vitaal worden voor Nederland. Daarom is het belangrijk dat we vooruitkijken en aan de hand van de ontwikkelrichting van het energiesysteem tijdig signaleren waar nieuwe knooppunten of kwetsbaarheden kunnen ontstaan.

Een voorbeeld is het toenemende belang van windenergie op de Noordzee. Investerings in transport en productie van elektriciteit moeten in balans zijn met de daarvoor noodzakelijke veiligheidsmaatregelen. Daarom dient veiligheid integraal onderdeel te zijn van nationale energie-ontwikkelprogramma's en deelprogramma's zoals het Programma aanlanding wind op zee en het Energie infrastructuur programma Noordzee. Voor de verbetering van de veiligheid van de energievoorziening op de Noordzee werkt het ministerie van Economische Zaken en Klimaat aan regelgeving die voortvloeit uit de nieuwe energiewet. Die moet netwerkbedrijven verplichten tot het beschermen en geheimhouden van informatie over kritische onderdelen van operationele techniek, informatietechniek en fysieke infrastructuur. Het doel is de veiligheid evenredig te waarborgen en inkoopprocessen te beperken. Deze verplichtingen gaan ook gelden voor het net op zee. Daarnaast wordt er gewerkt aan veiligheidsvoorschriften in nieuwe kavelbesluiten voor windparken en is

³³ *Transport, distributie, productie, hervergassing en opslag van gas op land en op zee; transport, distributie en productie van elektriciteit op land en op zee; en opslag, transport, raffinage en behandeling van ruwe olie en aardolieproducten.*

veiligheid onderdeel van belangenafweging voor de infrastructuurbeslissingen op de Noordzee.

Verminderen van en omgaan met afhankelijkheden

Het mitigeren van risicovolle strategische afhankelijkheden is van essentieel belang voor de economische veiligheid van Nederland.³⁴ Dit maakt onderdeel uit van de Nederlandse inzet op Open Strategische Autonomie (OSA): het vermogen van Nederland en de EU om als mondiale speler op basis van eigen inzichten en keuzes haar publieke belangen te borgen en weerbaar te zijn in een onderling verbonden wereld.³⁵ In de huidige situatie van geopolitisering van de wereldeconomie kunnen statelijke actoren afhankelijkheden als machtsmiddel inzetten om doelen te bereiken die de economische veiligheid van Nederland schaden. Het is daarom belangrijk dat de energiemarkt met al haar deelnemers aandacht heeft voor de mogelijke risico's van strategische afhankelijkheden.

Bij beslissingen over de ontwikkeling van het energiesysteem is het belangrijk dat er wordt nagedacht over de strategische afhankelijkheden die worden aangegaan. Een afhankelijkheid wordt gedefinieerd als strategisch wanneer het betreffende product, dienst of technologie cruciaal is voor het borgen van Nederlandse en Europese publieke belangen, of de afhankelijkheid een risico vormt voor de continuïteit van vitale processen. Aangezien in het toekomstige energiesysteem de binnenlands geproduceerde elektriciteit de ruggengraat zal zijn, ligt een kans om onze afhankelijkheid van derde landen in totale volume te laten afnemen. Tegelijkertijd zullen we niet zelfvoorzienend zijn. Sterker nog, we zullen een groot maar minder deel van onze energiebehoefte importeren in de vorm van o.a. waterstof, biobrandstoffen en synthetische brandstoffen. Dat is ook logisch vanuit oogpunt betaalbaarheid: geografisch gezien zijn er nou eenmaal andere landen waar meer zon schijnt en wind waait. Daarnaast zijn er bepaalde kritieke grondstoffen die essentieel zijn voor de energietransitie waar we zelf niet over beschikken. Hiervoor zijn we grotendeels afhankelijk van landen buiten de EU. Daarom zullen we goed moeten afwegen in welke mate we afhankelijkheid van derde landen accepteren. Door afhankelijkheden in kaart te brengen en

³⁴ *Kamerbrief Kabinetsaanpak Strategische Afhankelijkheden (Kamerstuk 30821-181)*

³⁵ *Kamerbrief Open Strategische Autonomie (Kamerstuk 35982-9)*

diversificatie van leveranciers en importlanden na te streven mitigeren we de risico's van strategische afhankelijkheden op het energieterrein.³⁶

³⁶ *Verwijzing naar relevante programma's*

3. Ruimte

3.1. Ruimtelijke vormgeving van het energiesysteem

Een klimaatneutrale energievoorziening vraagt meer ruimte dan een fossiel energiesysteem. De huidige fossiele brandstoffen worden vervangen door duurzaam geproduceerde elektriciteit, waterstof, koolstof en warmte. Deze ketens moeten nog grotendeels uit- of opgebouwd worden. Waarbij er steeds meer productie in Nederland plaats moet vinden, bijvoorbeeld omdat duurzame warmtebronnen per definitie lokaal zijn en omdat elektriciteit niet van ver geïmporteerd kan worden. Ook wordt duurzame energie voor het grootste gedeelte boven de grond gewonnen, in tegenstelling tot fossiele energie. Daarnaast kent hernieuwbare energieproductie een grotere ruimtelijke spreiding en meer productieschommelingen, waardoor er meer behoefte is aan transport, opslag, conversie en regelbaar vermogen. Tot slot verandert met de verduurzaming ook de vraagzijde: er zijn ruimtelijke investeringen nodig om de nieuwe energiestromen te benutten. Denk aan laadinfrastructuur voor de mobiliteit en warmtepompen voor de gebouwde omgeving.

In Nederland is ruimte schaars, waardoor elke vierkante meter al bestemd is voor maatschappelijke functies. Ook spelen er andere urgente vraagstukken die om extra ruimte vragen, zoals natuurherstel, waterberging, de transitie naar een duurzame en circulaire economie en woningbouw. Hierdoor is de extra ruimte die voor het energiesysteem beschikbaar gemaakt kan worden niet onbegrensd. Bovendien kost het tijd om deze nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen te realiseren – denk aan benodigde verkenningen, onderzoeken, participatie en bestemmingsplanwijzigingen en vergunningaanvragen. Vanwege de grootte van de ruimtelijke opgaven, neemt het kabinet meer regie op de ruimtelijke ordening, onder meer via een nieuwe Nota Ruimte³⁷.

Gelet op de ruimtedruk vindt het kabinet het essentieel om het ruimtebeslag van het energiesysteem zoveel mogelijk te beperken, functies ervan te combineren en onderdelen van het energiesysteem zorgvuldig in te passen in de leefomgeving. De omvang en verschijningsvorm van het toekomstig energiesysteem is geen vast gegeven, maar het resultaat van beleidskeuzes (in combinatie met marktontwikkelingen). Daarom neemt het

³⁷ Kamerbrief over programma's NOVEX en Mooi Nederland, 2022, pdf(overheid.nl).

kabinet bij keuzes over het energiesysteem op nationaal, regionaal en lokaal niveau het effect op de ruimte als één van de publieke belangen mee. Dit draagt ook bij aan de uitvoerbaarheid en draagvlak voor de gemaakte keuzes. Leefomgevingskwaliteit is dan ook één van de publieke belangen die binnen het Nationaal plan energiesysteem wordt meegewogen. Maximale benutting van lokale en regionale warmtebronnen en elektrificatie in plaats van inzet van duurzame brandstoffen is een voorbeeld van de kabinetsinzet in het NPE met een positief effect op het ruimtebeslag van het energiesysteem.

Het kabinet ziet het behouden (of liever nog: het verbeteren) van de kwaliteit van de leefomgeving als één van de randvoorwaarden voor het slagen van de energietransitie. Het nastreven hiervan kan hand in hand gaan met de ontwikkeling van een optimaal energiesysteem. Dit vereist een drietal voorwaarden op verschillende schaalniveaus en hantering daarvan door verschillende overheden:

1. Het steviger meewegen van de **impact op de leefomgeving** in het maken van keuzes over het energiesysteem.
2. **Samenhang creëren tussen het energiesysteem en de ruimtelijke planvorming** van nieuwe ontwikkelingen (zoals de bouw of uitbreiding van een woonwijk, een bedrijventerrein, etc.), met behulp van de werkwijze **integraal programmeren**. Daarmee is het ook mogelijk om ruimte te besparen door bijvoorbeeld slimme koppelingen van ruimtelijke ontwikkelingen en hun bijbehorende energievraag, -aanbod of potentiële energieflexibiliteit (conversie, opslag, spreiding gebruik).
3. Concrete richtlijnen (zoals vuistregels, principes en voorkeursvolgorden) waar nodig opstellen vanuit ruimtelijke programma's om (onderdelen van) het energiesysteem zorgvuldig **vorm te geven en in te passen**.

Het NPE bevat zelf geen concrete ruimtelijke aanwijzingen, maar de systeemkeuzes uit het NPE hebben wel een ruimtelijke uitwerking. De systeemkeuzes uit het NPE krijgen op nationaal niveau een ruimtelijke en gebiedsgerichte vertaling via onder meer het Nationaal programma energiehoofdstructuur, het programma NOVEX en de nieuwe Nota Ruimte. Deze programma's zoeken de samenhang met andere ruimtelijke opgaven en komen op basis daarvan tot ruimtelijk structurerende keuzes. Zo werkt de nieuwe Nota Ruimte naar

een afgewogen verdeling van schaarse ruimte, met als uitgangspunt het niet afschuiven naar elders of naar toekomstige generaties en het beschermen en versterken van bestaande kwaliteiten. De overkoepelende visie voor de nieuwe Nota Ruimte is 'heel Nederland', een ruimtelijke visie die heel Nederland bedient en heel Nederland sterk houdt. Hierbij hoort een energiesysteem waarmee heel Nederland een eerlijke energietransitie kan maken en dat het hele land kan (blijven) benutten voor prettig (samen)leven, wonen, werken en recreëren. Mogelijk leiden de programma's Novex en Mooi Nederland en de nieuwe Nota Ruimte tot nieuwe (ruimtelijke) inzichten, die weer gevolgen hebben voor (volgende versies van) het Nationaal plan energiesysteem.

3.2. Beperken ruimtelijke omvang van het energiesysteem

De volgende uitgangspunten kunnen de impact van het energiesysteem op de leefomgeving zoveel mogelijk te beperken. Ze zijn afgeleid van de principes uit de Nationale omgevingsvisie³⁸.

- A. Zet maximaal in op energiebesparing (vraagvermindering, efficiënter gebruik en beperking van verliezen door efficiënte systeemkeuzes).
- B. Gebruik duurzame energie zoveel mogelijk hier, nu en in de vorm waarin het beschikbaar is.
- C. Kies de meest energie-efficiënte keten van bron naar gebruik:
 - Hoogwaardige bron bij hoogwaardige vraag, laagwaardige bron bij laagwaardige vraag.
 - Cascadeer het gebruik van energie waar mogelijk (voorbeeld: benutten van restwarmte).
- D. Kies de optie die de meeste flexibiliteit toevoegt.

Deze uitgangspunten gelden ook vanuit energie-efficiëntie, zo blijkt uit het rapport van het Expertteam Energiesysteem 2050. Energie-efficiëntie en ruimtelijke efficiëntie vallen namelijk meestal samen. Door deze uitgangspunten te hanteren, is er niet alleen minder ruimte nodig voor de winning of opwekking van energie, maar ook voor transport, conversie

en opslag van energie. Ter illustratie een aantal voorbeelden van aanbevelingen op basis van deze uitgangspunten:

- Benut lokale en regionale warmtebronnen maximaal. Deze bronnen hebben een groot potentieel dat ter plaatse, direct kan worden gebruikt. Dit pleit onder meer voor een flinke inzet op warmtenetten (zie hiervoor het hoofdstuk over de warmteketen, verdiepingsdocument B, hoofdstuk 4).
- Breng vraag en aanbod van energie ruimtelijk bij elkaar. Dit beperkt transport- en conversieverliezen en vermindert de noodzaak van transport-infrastructuur.
- Geef directe elektrificatie de voorkeur boven omzetting naar moleculen, zoals waterstof. Door conversieverliezen is er bij waterstof substantieel extra opwek nodig, inclusief de ruimtelijke weerslag daarvan. Zet waterstof dus selectief in, namelijk alleen daar waar noodzakelijk vanwege preferente eigenschappen (zie hiervoor verdiepingsdocument B, de hoofdstukken over elektriciteit en waterstof).

De uitgangspunten zijn richtinggevend en niet absoluut. Bij de toepassing moet altijd worden gekeken naar de omstandigheden en naar de andere publieke belangen waarop het energiesysteem gestoeld is, zoals betaalbaarheid en betrouwbaarheid. Het kabinet heeft deze uitgangspunten meegenomen bij de in dit NPE gemaakte systeemkeuzes.

3.3. Het energiesysteem als integraal onderdeel van de ruimtelijke ordening

De afgelopen decennia was het energiesysteem *faciliterend* voor ruimtelijk-economische ontwikkelingen. Nu al is te zien dat het energiesysteem op veel plekken ook *ordenend* gaat worden. Energiebeschikbaarheid wordt weer steeds meer een vestigingsplaatsfactor, enigszins vergelijkbaar met de mobiliteitsinfrastructuur. Er is daarom een andere manier van werken vereist, waarbij het energiesysteem en de ruimtelijke ordening beter samengebracht wordt. Hierbij gaat het enerzijds om het anticiperen op de ruimtebehoefte van het toekomstige energiesysteem en anderzijds om het sturen op ruimtelijk-economische ontwikkelingen als dat nodig is voor een effectieve inrichting van het energiesysteem. Het gaat er bijvoorbeeld om dat er niet reactief gereageerd wordt op de vraag, maar dat vraag en aanbod slimmer afgestemd wordt in de ruimte. Denk bijvoorbeeld aan het vaker

³⁸ Het gaat om de volgende principes: (1) combinaties van functies gaan voor enkelvoudige functies, (2) kenmerken en identiteit van een gebied staan centraal en (3) afwentelen wordt voorkomen.

ontwikkelen van nieuwe (significante) energievragende functies op locaties waar er veel opwek van duurzame energie in de benodigde energievorm is. Of aan de aanzuigende werking die uitgaat van de aanlanding van wind op zee en het ontwikkelen van een 'waterstofbackbone', waarbij energie-intensieve functies zich meer op die plekken zullen vestigen. Dit gebeurt deels organisch, maar deels kan hier ook expliciet met ruimtelijke instrumenten op gestuurd worden. Als vraag en aanbod bij elkaar wordt gebracht, vermindert de behoefte aan energie-infrastructuur en daarmee ook de bijbehorende ruimtevraag. Ruimtelijke sturing is in brede zin een waardevol instrument in het vormgeven van het energiesysteem. Naast het bij elkaar brengen van vraag en aanbod op elk schaalniveau kan met ruimtelijke sturing en specifiek ruimtelijke planvorming ook mogelijkheden voor systeemintegratie en energieproductie gecreëerd worden (zoals benutting van restwarmte uit afvalcentrales en elektrolyzers). Denk hierbij ook aan het anticipatief aanwijzen en beschikbaar stellen van gronden voor opwek en opslag zodat deze zich hier ook sneller zullen vestigen. Het Rijk wil daarom in samenwerking met medeoverheden kijken naar manieren om de bestaande ruimtelijke sturingsinstrumenten zo goed mogelijk in te zetten en waar nodig te verruimen.

Het kabinet zet zich in voor de verdere uitbouw en versterking van de werkwijze 'integraal programmeren', waarin (in ieder geval) overheden en netbeheerders samen het energiesysteem vormgeven in samenhang met gewenste ruimtelijke maatschappelijke en economische ontwikkelingen op het gebied van wonen, werken, mobiliteit en landbouw. Producten zoals de regionale energie(systeem)visies en het Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (MIEK) op nationaal en provinciaal schaalniveau zijn belangrijke onderdelen van het integraal programmeren. Deze werkwijze is niet alleen gericht op het ruimtelijk goed inpassen van het energiesysteem, maar ook op het maken van slimmere keuzes vóór het energiesysteem. Dat wil zeggen dat wanneer een gemeente of provincie een ruimtelijke ontwikkeling mogelijk wil maken, die beziet welke gevolgen die ontwikkeling heeft voor het energiesysteem en die gevolgen ook in aanmerking neemt bij de voorbereiding van het ruimtelijk plan. Dit maakt ook een meer planmatige uitrol van de

netuitbreidingen mogelijk en biedt daarmee in potentie substantiële verlichting voor de netcongestieproblematiek.

Op nationaal niveau zijn de structurerende keuzes uit het Nationaal plan energiesysteem ook van invloed op de ruimtelijke ordening. Het Programma Energie Hoofdstructuur geeft meer specifiek richting aan de ruimtelijke planning voor het nationale energiesysteem op land. En in het Programma Noordzee en Programma Verkenning Aanlanding Wind op Zee worden respectievelijk ruimtelijke keuzes geborgd over de uitrol van wind op zee en voorkeursopties voor aanlanding. In de overkoepelende nieuwe Nota Ruimte worden de verschillende grote opgaven in de fysieke leefomgeving samengebracht.³⁹ Op provinciaal niveau gebeurt dit via Energie(systeem)visies en de Ruimtelijke Arrangementen in het kader van programma NOVEX. Gemaakte keuzes kunnen, voor zover ruimtelijk, worden verankerd in de provinciale Omgevingsvisies en/of Omgevingsverordeningen. Zo krijgt het energiesysteem een integrale positie in de ruimtelijke ordening.

Het energiesysteem van de toekomst vraagt ook meer regie op de ondergrond. De ondergrond speelt een belangrijke rol in de energietransitie, voor transport van energie, maar ook winning (geothermie) en opslag. De ondergrond is op dit moment, zeker in de binnensteden, al vol en er ontbreekt (een centrale) regie op de bodem. Hierdoor ontstaat vaker graafschade, is er soms geen ruimte voor een warmtenet of elektriciteitskabel en kunnen minder bomen worden geplant. Ten aanzien van de ondergrond is ook het verwijderen van (fossiele) buizen en kabels die in het toekomstig energiesysteem niet meer nodig zijn en/of hergebruikt kunnen worden van belang. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat werkt aan het interbestuurlijk programma Bodem en ondergrond. Dit programma heeft als doel het duurzaam beheer en gebruik van bodem, ondergrond en grondwater te bevorderen.

³⁹ Hierbij worden ook uitgangspunten gehanteerd uit meer integrale programma's zoals het Nationaal Programma Landelijk Gebied en het Programma Bodem en Water.

3.4. Zorgvuldig ruimtelijk vormgeven en inpassen van het energiesysteem

De genoemde uitgangspunten voor het beperken van het ruimtebeslag van het gehele energiesysteem zijn door het kabinet meegewogen in de in dit NPE gemaakte keuzes. Het kabinet moedigt medeoverheden aan hetzelfde te doen en biedt waar nodig ondersteuning. Naast het ruimtebeslag van het totale energiesysteem is een zorgvuldige vormgeving en inpassing van (de onderdelen van) het energiesysteem van belang. Het gaat dan om het ontwerpen van energieprojecten met oog voor, en waar mogelijk versterking van, de omgevingskwaliteit.

Het toekomstig energiesysteem verschilt ruimtelijk sterk van het huidige. Het systeem bevat nieuwe elementen, zoals elektrolyzers en batterijen, en is meer decentraal. Daarnaast zal de intensiteit van de ontwikkelingen toenemen. Er komen bijvoorbeeld veel meer leidingtracés en transformatorstations omdat de vraag naar en het aanbod van elektriciteit toeneemt. Bovendien hebben energiesysteemelementen soms een (indirecte) ruimtelijke impact vanwege milieucontouren (zoals risicocontouren, magneetvelden, vrijwaringszones), waarbij ook deze impact meegewogen moet worden.

Dit vraagt veelal nieuwe ruimtelijke ontwerpen. De volgende twee NOVI-principes zijn leidend bij het vormgeven en inpassen van het toekomstig energiesysteem. Ten eerste is het belangrijk dat kenmerken en identiteit van het gebied centraal staan. Daarnaast gaan combinaties van functies voor enkelvoudige functies. Deze principes kunnen waar nodig nader uitgewerkt worden voor de verschillende onderdelen van het energiesysteem. Denk aan voorkeursvolgorden en inpassingsprincipes voor vormen van energieopwekking, energie-infrastructuur en opslagsystemen. Dit vraagt een integrale ruimtelijke blik (met andere woorden: breder dan het energiesysteem) en hiervoor is het NPE dus ongeschikt. Dit doet het kabinet daarom in de ruimtelijke (Rijks)programma's, zoals het Programma energiehoofdstructuur (PEH), het programma's NOVEX en Mooi Nederland. De programma's NOVEX en Mooi Nederland vormen de input voor de nieuwe Nota Ruimte. Deze nota is ook een aanscherping van de vormgevings- en inpassingscriteria voor het energiesysteem. Het kabinet weegt hier het belang van een goed functionerend energiesysteem in mee.

4. Financiering

De energietransitie dwingt ons om de manier waarop we ons energiesysteem financieren goed tegen het licht te houden. Het vraagstuk van financiering is complex, omdat het zowel de overheid, als de private sector betreft. Voor de transitie naar een betrouwbaar, betaalbaar en schoon (klimaatneutraal) energiesysteem in 2050 zijn veel investeringen nodig. Kalavasta en Berenschot⁴⁰ becijferen dat € 330 miljard aan vervangingsinvesteringen en € 350 miljard aan meerinvesteringen nodig zijn om het Nederlandse energiesysteem 2050 te bouwen. Dit is dus bijna een verdubbeling van het huidige niveau. Noodzakelijk is dat deze investeringen gefinancierd kunnen worden. Deels zal dit publieke financiering zijn, deels privaats. Het karakter van de energiemarkt, de mate van marktfalen en de specifieke kenmerken van de deelmarkten bepalen de mate en vorm van overheidsinterventie. Bij een sterkere overheidsrol hoort vanzelfsprekend ook een mate van publieke financiering.

Het kabinet wenst tegelijkertijd de komende jaren te bewegen richting het uitgangspunt dat duurzaam 'het nieuwe normaal' is. Hierbij past dat we investeringen in de verduurzamingsopgave grotendeels privaats financieren. Het is echter ook van essentieel belang dat de energietransitie niet leidt tot een onbetaalbaar energiesysteem of onrechtvaardige lastenverdeling. Een goede balans tussen publieke en private financiering is hierbij cruciaal. Het afgelopen decennium is wereldwijd ongeveer 40 tot 45% van de investeringen die bijdragen aan het behalen van de klimaatdoelen, publiek gefinancierd⁴¹. De hoeveelheid private financiële middelen in de markt zou voldoende moeten zijn voor de financiering van de energietransitie. Het belegd vermogen van Nederlandse pensioenfondsen en verzekeraars bedraagt bijvoorbeeld al ruim € 2.200 miljard. Hiermee is niet gezegd dat factoren als het risico-rendementprofiel van de investeringen goed aansluiten op de beschikbare bronnen. De crux is dus om deze middelen richting de transitie te krijgen en daarvoor als overheid de juiste randvoorwaarden te scheppen met duidelijke transitiepaden, normen, prijsprykkels en stimuleringsregelingen.

⁴⁰ Duyster, H., R. Terwijn, 2021, *Een Essay over de Financiering van de Energietransitie tussen 2020 en 2050*, Kalavasta, Berenschot.

Aangezien de publieke middelen schaars zijn, terwijl er geen gebrek lijkt te zijn aan beschikbare private financiering, zal de publieke financiering zich steeds meer moeten richten op het op een kostenefficiënte manieren aantrekken van de publieke financiering voor de transitie (naast normering en beprijzing, bijvoorbeeld door het wegnemen van risico's), het aanzwengelen van nieuwe markten, verdienmodellen en technieken en het borgen van brede maatschappelijke belangen (zoals betaalbaarheid).

Marktordening is hierbij een fundamenteel aspect. De energiemarkt moet zodanig geordend zijn dat deze efficiënt, concurrerend en betrouwbaar werkt, maar tegelijkertijd bijdraagt aan brede welvaart. Er dient speciale aandacht te worden besteed aan mechanismen die zekerheid bieden aan investeerders als betaalbaarheid voor consumenten. Bovendien moet de politiek ook bepalen in hoeverre marktmechanismen zelf mogen bepalen welke bedrijven wel of niet kunnen voortbestaan, en wanneer gerichte interventies nodig zijn.

De financiële sector vervult een belangrijke rol in het kanaliseren van de private financiering richting de energietransitie door financiering voor het nieuwe energiesysteem beschikbaar te stellen. Het ontwikkelen en het grijpen van de nieuwe investeringskansen is ook van wezenlijk belang voor de stabiliteit en vitaliteit van de financiële sector. De financiële sector is hierbij ook afhankelijk van welke investeringskansen zich in de reële economie voordoen. Het kabinet zet in op twee hoofdsporen die zoveel mogelijk hand in hand lopen en elkaar versterken.

1. Versterking van publieke en private financiering van de energietransitie.
2. Vergroening van de financiële sector (portfolio's).

1. Versterking van publieke en private financiering van de energietransitie

Het uitgangspunt bij dit spoor is dat de business case voor private investeringen in de energietransitie wordt versterkt. De Nederlandse overheid heeft een belangrijke rol om hiervoor de juiste randvoorwaarden te scheppen. Om privaats geld zijn weg te laten vinden naar investeringen in een betrouwbaar, betaalbaar en schoon energiesysteem in Nederland, is het nodig dat er rendabele verdienmodellen aan ten grondslag liggen, waarin de risico-

⁴¹ Dijk, J, e.a., 2021, *De Financiering van Transitie: Kansen Grijpen voor Groen Herstel*, DNB.

rendementverhouding passend is bij het financierings- en investeringsbeleid van de instellingen.

Vervuiler betaalt en zo volledig mogelijke beprijzing van externe effecten is hierbij het leidende principe, rekening houdend met verdelings- en draagkrachtaspecten. EU ETS en het door het kabinet reeds ingezette afbouw van fiscale voordelen vormen hiervoor de basis. Dit verbetert de businesscase voor private investeringen in de energietransitie. Een ander principe is het bieden van meer langetermijnzekerheid rond de transitiepaden, wat de aantrekkelijkheid van private investeringen vergroot. Dit NPE draagt hier in belangrijke mate aan bij. Tot slot, waar de private financiering ondanks de prijsprikkels en voorspelbaarheid alsnog niet de weg vindt naar de transitie, blijft publieke financiering onmisbaar. Dit geldt met name voor zaken als energie-infrastructureur (een collectief goed), onderzoek en innovatie (vanwege schaalvoordelen), en flexibiliteitsvoorzieningen. Deze vereisen vaak langdurige investeringen, waardoor stabiele financiering essentieel is.

Het ministerie van EZK heeft in een reeks *expertsessies* met een vertegenwoordiging van de financiële sector gesprekken gevoerd over de kansen en obstakels voor private financiering op terreinen zoals investeringen in warmtenetten en groene waterstofproductie en -toepassing. Het doel hiervan was de ontwikkelrichtingen van het energietransitiebeleid te kunnen laten aansluiten op mogelijke financiering van de investeringsopgaven. Centraal stond of het voorziene beleid en instrumentarium leiden tot financierbaarheid van de projecten die nodig zijn om de klimaatdoelen te halen. Daarbij moet de focus niet alleen liggen op economische rentabiliteit, maar ook op maatschappelijke impact en het bredere welzijn van de gemeenschap.

Het kabinet wil enerzijds op een structurelere manier de kennis vanuit de financiële sector meenemen in de beleidsvorming en instrumentontwikkeling en anderzijds haar eigen instrumentarium onder de loep nemen met de vraag of het voldoende private-financiering-inclusief is. Bij de doorlichting en herijking van het eigen instrumentarium wordt ook voortgebouwd op de bevindingen uit eerdere doorlichtingen, zoals de interdepartementale beleidsonderzoeken *klimaat(2023)* en *financiering energietransitie(2020)*.

Parallel aan de afronding van het definitieve NPE wordt ambtelijk binnen verschillende trajecten richting de kabinetsformatie gewerkt aan analyses rondom financieringsinstrumentarium om de gewenste ontwikkelrichtingen van het NPE zo goed mogelijk te ondersteunen. Hierbij worden de volgende doelen en uitgangspunten meegenomen:

1. Uitrol energieproductie en -infrastructureur faciliteren in lijn met het gewenste tempo van het NPE, maar met oog voor bredere publieke belangen en korte termijn knelpunten.
2. Meerjarige stabiliteit van financiering bieden.
3. Private financiering zo veel mogelijk ontsluiten. Waar mogelijk en wenselijk subsidies afbouwen (of ombouwen naar kosten-efficiëntere stimuleringsvormen naar risicoregelingen of two-sided contracts for difference). Vereenvoudiging van het instrumentarium waar mogelijk en beperken van overlap.
4. Balans tussen stimulering van verschillende fases (zoals onderzoek, ontwikkeling, demonstratie en uitrol).
5. Beoordelen of de marktordening voldoende bijdraagt aan private investeringen en het waarborgen van brede welvaart.

2. Vergroening van de financiële sector

Het uitgangspunt bij dit spoor is dat de financiële sector geprikkeld wordt om de nieuwe businesscases voor een duurzaam toekomstig energiesysteem mee te helpen ontwikkelen en te financieren. Het kabinet vindt het hierbij wenselijk om de financiële sector ook te stimuleren om te verduurzamen met specifiek op deze sector gerichte instrumenten. In de Beleidsagenda duurzame financiering zet het kabinet uiteen welke instrumenten dat zijn. Het gaat onder meer om kapitaals- en transparantie-eisen voor banken, verzekeraars en pensioen- en beleggingsfondsen, kennisuitwisseling via het Platform voor Duurzame Financiering van DNB en het vrijwillige klimaatcommitment van de financiële sector. Er wordt momenteel verkend of en, zo ja, wat voor wetgeving kan helpen om de bijdrage van financiële instellingen aan de klimaattransitie te versnellen. Deze aanpak is niet exclusief op de energietransitie gericht, maar moet ook leiden tot betere prikkels voor de financiële sector om de Nederlandse energietransitie te financieren.

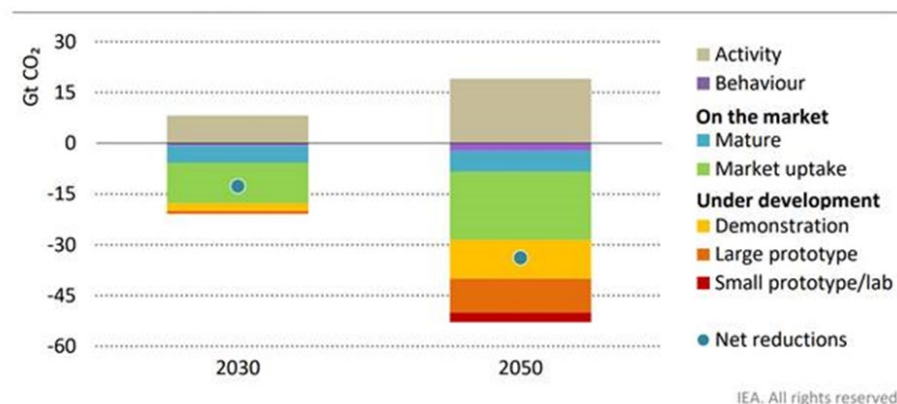
5. Innovatie

Innovatie is essentieel voor de energietransitie en het bereiken van klimaatneutraliteit in 2050. Niet alleen vanuit het oogpunt van technische haalbaarheid, maar ook doordat het de betaalbaarheid van de transitie verbetert. Het NPE biedt focus voor de middellange en lange termijn. Dit helpt bij het maken van keuzes binnen de innovatieprogrammering. De ketenontwikkelpaden en sectorale transitiepaden zijn hierin richtinggevend. Daarnaast biedt de langetermijnvisie van de NPE kans om verder te kijken dan (kortetermijn-)CO₂-reductiedoelstellingen.

Innovatie is essentieel voor het behalen van een klimaatneutraal energiesysteem. Het Internationaal Energie Agentschap (IEA) stelt in het rapport ‘Net-Zero by 2050’ dat klimaatneutraliteit in 2050 niet haalbaar is zonder een grote versnelling van innovatie op het gebied van schone energietechnologie. Om in 2050 netto nul uitstoot te bereiken, moet bijna de helft van de emissiereducties afkomstig zijn van technologieën die nu nog niet commercieel beschikbaar zijn. Hoewel we nu al volle kracht vooruit moeten met de uitrol van volwassen technologieën die nu al uitstoot kunnen reduceren, zal dus ook de inzet op innovatie versterkt moeten worden. Veel technologieën die in 2050 nodig zijn, bevinden zich nog in ontwikkel-, demonstratie- of opschalingsfase. Voorbeelden hiervan zijn de productie van waterstof door elektrolyse, technologieën voor midden- en lange-termijn energieopslag, groene staalproductie met waterstof en Direct Reduced Iron (DRI), hernieuwbare brandstoffen voor lucht- en scheepvaart en negatieve-emissietechnologieën zoals Direct Air Capture (DAC).

Dergelijke technologieën moeten we niet alleen verder onderzoeken, ontwikkelen en demonstreren, dit moet ook versneld plaatsvinden om op tijd effect te hebben (zie Figuur 4 hiernaast). Vergeleken met belangrijke energietechnologieën die al wel commercieel toepasbaar zijn, zoals windenergie en zonne-energie, moet de tijd tussen eerste prototype en eerste markttoepassing veel korter worden. In het rapport 'Net Zero by 2050' geeft het IEA een aantal voorbeelden van net-zero- en lage-emissietechnologieën en de ontwikkelfase waarin deze zich bevinden.

- Technologieën in de demonstratiefase (zoals CCUS in de cementproductie of gebruik van ammoniak in de scheepvaart) worden in de komende drie tot vier jaar op de markt gebracht.
- Technologieën die nu in de pilotfase zitten (zoals Direct Air Capture) bereiken de markt in ongeveer zes jaar.
- Technologieën die op dit moment op kleinere schaal gepilot worden (zoals solid-state koeling zonder koelmiddelen of solid-state batterijen) zullen de markt waarschijnlijk de komende 9 jaar bereiken.



While the emissions reductions in 2030 mostly rely on technologies on the market, those under development today account for almost half of the emissions reductions in 2050

Figuur 4. Wereldwijde CO₂-emissies veranderingen, per technologie volwassenheid categorie in een Net Zero Scenario

Er zijn aanpassingen aan het innovatiebeleid nodig om de gewenste versnelling mogelijk te maken. Het kabinet gaat hiermee aan de slag. In de finale versie van het NPE worden deze plannen verder toegelicht.

Een belangrijke kanttekening is dat naast ontwikkeling de opschalingsstap van de technologie van groot belang is. Het realiseren van een first-of-a-kind demonstratie-installatie is vaak onvoldoende om doorontwikkeling naar commerciële gereedheid en uitrol van de technologie te garanderen. Er zijn daarvoor vaak nog te veel (financiële) risico's waardoor de markt deze niet of niet op tijd zelf kan verzorgen. De kosten van innovatieve

technologieën dalen als we deze ondersteunen in de opschalingsstap. Een dergelijke *technology push* leidt tot een verbeterd aanbod. Om te waarborgen dat de technologie na opschaling ook grootschalig uitgerold kan worden, is vaak zekerheid nodig. Dit kan door ondersteuning te bieden bij de uitrol van de technologie of door de vraag naar de technologie met normeren en-beprijzen aan te wakkeren.

Enkel technologische innovatie is echter niet voldoende om in 2050 klimaatneutraal te zijn. Technologische veranderingen vinden nooit in een vacuüm plaats. Zij gaan altijd gepaard met (onder andere) gedragsverandering, verandering van waardeketens bij bedrijven of verandering in investeringsbeslissingen van financiële instellingen.

Sociale innovatie

Naast technologische innovatie speelt sociale innovatie een belangrijke rol in het laten slagen van de energietransitie. Het laatste IPCC-rapport laat zien dat gedragsverandering maar liefst 40 tot 70 procent van de uitstootvermindering in 2050 kan realiseren. Als we ons naast technologische innovatie ook richten op sociale innovatie, kunnen we oplossingen vinden voor vraagstukken rondom bijvoorbeeld het slimmer gebruiken van energie of het maken van duurzame keuzes. Technologische en sociale innovatie gaan hand in hand. Bij de ontwikkeling van nieuwe technologie moeten we ook aandacht besteden aan sociale en gedragsmatige aspecten. Zo kunnen we voorkomen dat pas tegen het eind van de technologische ontwikkeling duidelijk wordt dat consumenten een technologie niet accepteren of niet bereid zijn hun gedrag aan te passen. Daarnaast zijn coalities tussen bewoners, overheden, woningbouwcorporaties, ondernemers en andere betrokkenen belangrijk voor sociale innovatie. Als we deze partijen samenbrengen, kunnen we nieuwe oplossingen uitproberen en kunnen de betrokkenen van elkaar leren. Denk bijvoorbeeld aan het starten van een energiecoöperatie of het opzetten van een pilot voor lokale energie-uitwisseling. De overheid kan hier ook een actieve rol in nemen, bijvoorbeeld door een burgerberaad over de vermindering van broeikasgassen te organiseren.

Missiegedreven innovatiebeleid en het NPE

We kunnen de snelheid en het succes van innovatieprocessen vergroten door een breder scala van partijen uit het bedrijfsleven, de onderzoekswereld en de financiële wereld bij elkaar te brengen in partnerschappen op regionaal, nationaal en internationaal niveau. Cross-sectorale inzet op het gebied van wetenschap, toegepast onderzoek en innovatie is essentieel om grote maatschappelijke uitdagingen zoals de energietransitie aan te gaan. De overheid speelt hierin een cruciale rol.

Sinds 2019 is het innovatiebeleid van de Nederlandse overheid missiegedreven vormgegeven. Dit houdt in dat we voor concrete doelen, missies, een integrale aanpak uitwerken. Daarbinnen bundelen verschillende partijen, sectoren en disciplines in de gehele onderzoeks- en innovatieketen hun krachten om de maatschappelijk missie te laten slagen. Dit wordt in samenspraak met de Topsector Energie vormgegeven in de zogenoemde Meerjarig Missiegedreven Innovatieprogramma's (MMIPs). Het NPE helpt om binnen deze innovatieprogramma's meer richting te geven.

Het NPE biedt focus voor de middellange en lange termijn. Dit helpt bij het maken van keuzes binnen de innovatieprogrammering. De ketenontwikkelpaden en sectorale transitiepaden zijn hierin richtinggevend. Daarnaast biedt het NPE met een visie op de lange termijn de kans om verder te kijken dan de (kortetermijn-) CO₂-reductiedoelstellingen.

Zoals toegezegd in het commissiedebat van 20 april 2023 zal de Adviesraad voor Wetenschap, Technologie en Innovatie (AWTI) worden gevraagd om vanuit een externe blik advies uit te brengen over energie-innovatie inzet, prioritering en doelbereik. Daarin zal de vraag centraal staan: hoe kan het innovatiebeleid omtrent energie en klimaat efficiënter en effectiever worden vormgegeven?

6. Arbeidsmarkt

6.1. Arbeidsmarktkrapte urgent knelpunt voor energietransitie

Een cruciale randvoorwaarde om de verandering van het energiesysteem tot 2050 daadwerkelijk te realiseren, is dat we genoeg mensen hebben die werken aan de uitvoering van het toekomstig energiesysteem. In het Actieplan groene en digitale banen staat al geschreven dat er op dit moment niet alleen een algemene krapte op de arbeidsmarkt is vanwege onder meer vergrijzing, maar ook een tekort aan mensen die aan de energietransitie werken. Een blijvend personeelstekort kan ertoe leiden dat het meest wenselijke eindbeeld van het energiesysteem niet kan worden gerealiseerd, bijvoorbeeld doordat Nederland meer energie moet importeren.

De hoeveelheid werk neemt toe

Meerdere recente onderzoeken voorspellen dat de werkgelegenheid toeneemt door de energietransitie. Aan de ene kant verandert en vermindert de werkgelegenheid in de fossiele industrie, aan de andere kant neemt die in de hernieuwbare energiesector toe⁴². Daarnaast verandert ook de vraag naar taken en beroepen buiten de energiesector: denk aan de vraag naar gemeenteambtenaren voor het stimuleren van lokale energietransities, en naar specialistische zakelijke diensten⁴³.

Het type werk verandert

De arbeidsmarktkrapte in de energietransitie is voelbaar in verschillende type beroepen. Dat komt doordat het type werk waarnaar vraag is, verandert. Aan de ene kant is er een tekort aan theoretisch opgeleide mensen met specifieke ICT- en digitale skills. Aan de andere kant is er een tekort aan praktisch geschoolde mensen die de uitvoering van de energietransitie kunnen verwezenlijken. Tegelijkertijd verandert het takenpakket binnen bepaalde banen,

⁴² Kamerbrief actieplan Groene en digitale banen (2023), kamerstuk nummer 29544-1173. Arbeidsmarktbeleid | Tweede Kamer der Staten-Generaal

⁴³ Fricie op de arbeidsmarkt door de energietransitie: een modelverkenning (pbl.nl)

⁴⁴ UWV en SER (2022). Klimaatbanen Energiesysteem. https://www.werk.nl/imagesdxa/publicatie_klimaatbanen_energiesysteem_tcm95-442149.pdf; CE Delft (2022). CE_Delft_220181_Arbeidsvraag_in_de_energietransitie_Def.pdf;

waardoor voor die banen extra competenties nodig zijn. Een voorbeeld hiervan is een installateur die kennis van zonnepanelen moet krijgen, maar ook van de steeds vaker voorkomende slimme klimaatinstallaties in gebouwen⁴⁴.

Het onderwijs van werknemers verandert

Om de arbeidsmarktkrapte op te lossen zijn oplossingen als Leven Lang Ontwikkelen en het omscholen van mensen voor banen in de energietransitie steeds belangrijker. Samenwerking tussen het bedrijfsleven en onderwijs is hiervoor essentieel. Het onderwijs voor de energietransitie is nog steeds volop in ontwikkeling, en nog niet altijd op de (veranderende) arbeidsmarkt aangesloten⁴⁵.

De rol van werkgevers

Werkgevers spelen een centrale rol in het oplossen van de krapte op de arbeidsmarkt. Die rol ligt bijvoorbeeld in het toepassen van (proces)innovaties en digitalisering die kunnen leiden tot productiviteitsgroei, wat de krapte vermindert. Daarnaast zullen in een goed werkende arbeidsmarkt werkgevers de lonen en secundaire arbeidsvoorwaarden zodanig goed maken dat de krapte wordt verminderd. Werkgevers kunnen ook een rol spelen bij het financieren van bij- of omscholing. De hoge uitstroom uit technische beroepen roept ook de vraag op hoe werkgevers een werkomgeving kunnen creëren waar werknemers graag blijven werken.

6.2. Beleidsmaatregelen tegen arbeidsmarktkrapte

Het Actieplan groene en digitale banen⁴⁶ kondigt maatregelen langs vier pijlers aan om de personeelskrapte aan te pakken.

1. Het verhogen van de instroom in het bètatechnisch onderwijs
2. Het behoud en vergroten van de instroom in de bètatechnische arbeidsmarkt
3. Arbeidsproductiviteitsgroei

⁴⁵ Het Groene Brein en Coöperatie Lereren voor Morgen. (2021). Onderwijs over de energietransitie en de circulaire economie. <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-308bcaac-93b9-4cfa-a21a-f7a1cd225175/pdf>

⁴⁶ International Energy Agency (2022). Skills Development and Inclusivity for Clean Energy Transitions – Analysis - IEA; CE Delft (2022). CE_Delft_220181_Arbeidsvraag_in_de_energietransitie_Def.pdf; Topsector Energie + van Klink advies (2023). Eindadvies naar een samenhangende aanpak voor human capital voor de energietransitie. Samenhangende aanpak (topsectorenergie.nl)

4. Het versterken van de governance en het tegengaan van versnippering

Voor de energietransitie ligt de focus vooral op pijlers 2, 3 en 4.

2. Behoud & vergroten instroom bètatechnische arbeidsmarkt

Een aantal toegekende Groeifonds voorstellen draagt bij aan pijler 2 door het faciliteren van Leven Lang Ontwikkelen (LLO). Dit is van belang voor de omscholing van mensen naar banen in de energietransitie. Eén hiervan is de LLO-katalysator. Dit is een meerjarig programma waarmee onderwijsinstellingen een impuls geven aan LLO. Het doel is om organisaties en professionals te laten aansluiten op een snel veranderende samenleving en arbeidsmarkt. In 2023 start de LLO-katalysator met een pilot in de energie- en grondstoffentransitie. Daarnaast geeft ook het voorstel 'Opschalen van PPS'en in het beroepsonderwijs' een impuls aan het verbeteren van de aansluiting op de arbeidsmarkt, en aan de toepassing van innovaties in de praktijk voor het MKB. Ook het toegekende voorstel GroenvermogenNL is in dit kader relevant. Het voorstel richt zich op het opschalen van waterstof en groene elektronen in industrie. Omdat waterstof een relatief nieuwe sector is voor Nederland, is één van de vier pijlers van het voorstel een Human Capital Agenda, die voldoende goed opgeleid personeel moet organiseren. Daarnaast zet het Rijk in op de verbetering en structurele uitbreiding van de arbeidsmarktinfrastructuur⁴⁷. Onderdeel hiervan zijn instrumenten voor om- en bijscholing die de overstap naar tekortberoepen in de energietransitie ondersteunen. Het Rijk werkt hiervoor ook nauw samen met werkgevers, die ook het Aanvalsplan arbeidsmarkt krapte Techniek, Bouw en Energie schreven.

3. Arbeidsproductiviteitsgroei

Innovatie speelt een cruciale rol om de arbeidskrapte in de energietransitie op te vangen. Zo kunnen arbeidsbesparende innovaties voor minder vraag naar arbeid zorgen (zie box 1, voorbeeld 1). Daarnaast is innovatie van belang om beschikbare arbeidskracht efficiënter te benutten door (zie box 1, voorbeeld 2). Via het missiegedreven innovatiebeleid van de MinEZK wordt dit samen met de Topsector Energie ondersteund. Het wordt meegenomen

⁴⁷ Zie de Kamerbrief (juli 2022) Inzet op arbeidsmarkt krapte voor de klimaat- en digitale transitie. <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-bffdb86dd635a17d8ce01d9fcca0508350d9aa6c/pdf>

⁴⁸ Human Capital Agenda | Topsector Energie

⁴⁹ Digitalisering | Topsector Energie

in de innovatieprogramma's (MMIPs) en in de dwarsdoorsnijdende thema's 'Human Capital Agenda (HCA)'⁴⁸ en 'Digitalisering'⁴⁹ van de Topsector Energie. Het Aanvalsplan arbeidsmarkt krapte Techniek, Bouw en energie beschrijft ook hoe robotisering en digitalisering in de industrie de arbeidsproductiviteit kan doen verhogen.

Box 1: Voorbeelden van arbeidsbesparende innovaties

Voorbeeld 1: Robodock⁵⁰ (subsidie MOOI 2020)

In het project RoboDock onderzoekt en ontwikkelt een consortium van bedrijven een drijvend platform waar onbemande boten en drones om geheel geautomatiseerd inspectie en onderhoud aan windparken kunnen uitvoeren. Hierdoor wordt arbeid bespaard.

Voorbeeld 2: Team Duurzaam Installeren⁵¹ (subsidie MOOI 2022)

In het project Team Duurzaam Installeren werk een consortium aan installatiebedrijven aan het ontwikkelen van een efficiënter proces om het installatietempo van (hybride) warmtepompen op te schalen van 500 installaties per dag. Hierdoor kan de beschikbare arbeidskracht beter georganiseerd worden en de energietransitie versneld.

4. Versterken governance en tegengaan versnippering

Pijler 4 beschrijft het versterken van de governance van de plannen in het Actieplan. In dit proces, wat momenteel gaande is, wordt onderzocht of sturing op de arbeidsmarkt voor de energietransitie kan worden meegenomen. In dit kader neemt het Rijk het onderzoek mee vanuit de Topsector Energie naar een samenhangende aanpak van verschillende programma's gericht op de arbeidsmarkt voor de energietransitie⁵².

Box 2: Voorbeeld van tegengaan versnippering in Noord-Holland

In de provincie Noord-Holland wordt de samenhangende aanpak in de praktijk gebracht. De provincie trekt samen op met de Hogeschool van Amsterdam en het Just Transition Fund investeert in een *learning community* waterstof voor het Noordzeekanaalgebied waar Techport de kartrekker van is. Verschillende groeifondsen grijpen hier op elkaar: GroenvermogenNL voor de inventarisatie van de bestaande situatie en het opstellen van de Human Capital Agenda; Opschaling PPS voor het verbinden van het onderwijs en de bedrijven, en de LLO-katalysator voor het ontwikkelen van onderwijs aanbod dat er nodig is.

⁵⁰ RoboDock - Topsector Energie

⁵¹ Team Duurzaam Installeren: naar 500 duurzame installaties per dag - Topsector Energie

⁵² Samenhangende aanpak tegengaan arbeidsmarkt krapte in de energietransitie | Topsector Energie

Mogelijk aanvullend beleid

De markt en huidig beleid voor de arbeidsmarkt zijn tot op heden onvoldoende in staat te om snel genoeg voldoende personeel te garanderen. Bovendien maakt de toenemende vraag naar werknemers in sectoren zoals de zorg, de kinderopvang of het onderwijs de personeelskrapte nijpender, ook voor de energietransitie. Daarom is het nodig dat bedrijven en overheden onorthodoxe interventies rondom de arbeidsmarkt doen om te zorgen dat werknemers sneller voor een baan in de energietransitie willen en kunnen kiezen.

In het verlengde van wat er is aangekondigd in het Actieplan groene en digitale banen verkent het kabinet daarom overige maatregelen. Denk bijvoorbeeld aan het wegnemen van knelpunten bij zij-instromers en aan enthousiasmeren van ondervertegenwoordigde groepen, zoals vrouwen en jongeren met een migratieachtergrond, voor een baan in de techniek. Daarbij kijkt het kabinet ook nadrukkelijk naar de bijdrage die werkgevers en andere (regionale) partijen kunnen leveren, zoals het opschalen van effectieve initiatieven, en de regionale componenten van de arbeidsmarktkrapte voor de energietransitie.

Omdat de mogelijkheden voor bijsturing op de arbeidsmarkt voor de overheid beperkt zijn, kan het ook helpen om fundamenteeler met de samenleving in gesprek te gaan over maatschappelijke prioritering over de inzet van schaars vakmanschap van werknemers. Daarbij kunnen in gesprek met de samenleving verschillende vragen worden gesteld.

- Wat vinden 'we als samenleving' de belangrijkste maatschappelijke opgaves en sectoren waarvoor we het schaarse vakmanschap van burgers willen inzetten?
- Binnen welke maatschappelijke opgaves zijn de grootste investeringen nodig om omscholing en arbeidsvoorwaarden aantrekkelijker te maken?
- Welke onderdelen binnen maatschappelijke opgaves moeten eerst worden uitgevoerd, als het tekort aan personeel als gegeven genomen moet worden?

7. Digitalisering

Digitalisering is een belangrijke factor bij de transitie van het energiesysteem. Net als in andere sectoren van de samenleving heeft de digitalisering al op verschillende manieren haar intrede gedaan. In de energieketens ontstaan er bij de opwek, het transport en bij het verbruik door digitalisering meer functionaliteiten. Bovendien verandert digitalisering de structuur van de energiemarkten doordat er nieuwe diensten en producten met nieuwe rollen en taken ontstaan. Voor de transitie naar een klimaatneutraal systeem is dit ook hard nodig. De toekomstige energiemix wordt afhankelijker van het weer, het seizoen en de locatie. Het wordt dus lastiger om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen. Tegelijk ontstaat er een verschuiving van een vooral centraal gestuurd systeem naar de opkomst van decentrale energiesystemen. Denk bijvoorbeeld aan aggregators die vraag en aanbod van kleine partijen bundelen op de energiemarkt en aan energiehubs waarbinnen energie lokaal wordt uitgewisseld.

Door de verbinding van de digitale transitie en de energietransitie wordt het energiesysteem steeds meer datagedreven. Het elektriciteitsnet moet decentrale energieopwekking goed kunnen verwerken. Ook moet het bestand zijn tegen dal- en piekbelasting en goed beveiligd tegen digitale criminaliteit. Daarnaast moet de (smart) apparatuur die bij de energietransitie gebruikt wordt (laadpalen, warmtepompen, omvormers van zonnepanelen en thuisbatterijen) digitaal veilig zijn.

Gegevens over het verbruik en de opwek van elektriciteit zijn cruciaal. Deze gegevens maken het niet alleen mogelijk dat de vraag op basis van aanbod gestuurd wordt, maar zorgen er ook voor dat partijen met nieuwe, datagedreven businessmodellen de energietransitie helpen te versnellen en de duurzaamheidsdoelen dichterbij brengen. Dit geldt niet alleen voor het elektriciteitssysteem. Een vergelijkbare situatie ontstaat bij lokale warmtenetten met verschillende (duurzame) warmtebronnen. De inzet van ICT- en meetapparatuur helpt om de energiestromen optimaler te gebruiken en te beheren. Een variabele energieprijns kan stimuleren dat duurzame energie wordt afgenomen wanneer het ruim voorradig is. Digitale

⁵³ *Inventarisatie data governance en data delen in het energiedomein - onderzoeksrapport 1 (topsectorenergie.nl)*

technologieën, zoals kunstmatige intelligentie en sensoren die data kunnen genereren over hoeveel energie wordt opgewekt of verbruikt, kunnen helpen om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen. Om de communicatie tussen deze technologieën gestroomlijnd te laten verlopen, is een gemeenschappelijke referentie-architectuur nodig. Daarnaast is het belangrijk dat wet- en regelgeving goed aansluit bij deze nieuwe digitale technologieën en de implementatie hiervan niet belemmert.

Digitalisering biedt kansen, maar ook bedreigingen, met name op het gebied van cybersecurity en privacy. Dit vraagt om een robuuste en integere infrastructuur, duidelijke wetgeving en een visie op de lange termijn. De omgang met energiedata vraagt om een nationale en Europese aanpak.

In Nederland krijgt de nationale aanpak onder andere vorm binnen de Topsector Energie, waarbij in het Programma digitalisering van het energiesysteem samenwerking plaatsvindt tussen publieke-, private- en kennisinstellingen. In het kader van dit programma is de rol van digitalisering bij de versnelling van de energietransitie beschreven in het rapport Inventarisatie data governance en data delen in het energiedomein⁵³.

Het recent gepubliceerde EU-actieplan voor de digitalisering van het energiesysteem bevat kernmaatregelen voor de digitalisering van het energiesysteem. Het is gericht op het versnellen van de energietransitie in Europa, zoals het bevorderen van strategieën voor data, cloud en edge en cyberbeveiliging⁵⁴. De verdere digitalisering van het energiesysteem is van belang om op kostenefficiënte wijze de klimaatdoelstellingen van de EU voor 2030 en 2050 te behalen. De Commissie komt in 2023-2024 met de eerste richtlijnen om het energiesysteem te digitaliseren, die volgen uit het Actieplan. In het plan verzoekt de Commissie de lidstaten om in het kader van de REPowerEU-doelstellingen maatregelen omtrent de digitalisering van het energiesysteem op te stellen en de steun voor onderzoek en innovatie op dit gebied op te voeren.

Naar een visie op digitalisering en data in het energiedomein

⁵⁴ *Digitalising the energy system - EU action plan, oktober 2022.*

Om dit te bereiken stelt het ministerie van EZK een visie op digitalisering en data in het energiedomein op, onder meer over de huidige en toekomstige rol van het Rijk. Om een dergelijke visie te kunnen ontwikkelen en te realiseren brengt het ministerie allereerst mogelijke knelpunten in kaart, waarvoor digitale toepassingen mogelijk een oplossing bieden. Een aantal knelpunten zijn al bekend:

- Slimme energie-apparaten zoals warmtepompen en omvormers zijn niet altijd in staat met elkaar te communiceren. Het ontbreken van standaarden en regels rondom de omgang en uitwisseling van data vormt hierbij een knelpunt voor slimme energiegemeenschappen.
- Bedrijven die onderling hun energieprofielen willen optimaliseren vanwege beperkingen in transportcapaciteit van de elektriciteitsnetten beschikken niet over de geschikte data.
- Voor de transitie naar een decentraal aangestuurd energiesysteem zijn (meet)data onmisbaar. In sommige gevallen zijn deze data nu op teveel verschillende plekken en onder verschillende partijen verspreid, en daarmee onvoldoende gestroomlijnd voorhanden.

Deze visie zal uiterlijk 2024 af zijn. Als startpunt voert het ministerie van EZK komende tijd overleg met verschillende relevante partijen in het energiedomein.