



Delfstoffenwinning en de energietransitie



CE Delft

Committed to the Environment

Delfstoffenwinning en de energietransitie

Dit rapport is geschreven door:

Cor Leguijt, Charley Bakker, Heleen Groenewegen, Ellen Schep en Emiel van den Toorn

Delft, CE Delft, september 2024

Publicatienummer: 24.240243.120

Opdrachtgever: NL-EITI

Uw kenmerk: 202405107

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Cor Leguijt (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	3
	Lijst van afkortingen	6
1	Inleiding	7
	1.1 Aanleiding	7
	1.2 Doel en onderzoeksvragen	7
	1.3 Afbakening	8
	1.4 Leeswijzer	8
2	Het Nederlandse energiesysteem	9
	2.1 Inleiding	9
	2.2 Elementen van een energiesysteem	9
	2.3 Historische ontwikkeling Nederlands energiesysteem	10
	2.4 Het huidige Nederlands energiesysteem	13
	2.5 Het energiesysteem verandert	16
	2.6 Wat zijn per saldo de kosten van de verschillende energiedragers? (huidige situatie)	19
	2.7 Discussie	21
3	De effecten op publieke middelen	23
	3.1 Inleiding	23
	3.2 Belangrijkste publieke spelers rond de delfstoffenwinning	23
	3.3 Breder betrokkenheid van winningsbedrijven bij het energiesysteem	24
	3.4 Instrumenten voor de energietransitie	27
	3.5 Effect op de publieke middelen	27
	3.6 Conclusie en discussie	33
4	De effecten op klimaat en milieu (huidige situatie)	35
	4.1 Inleiding	35
	4.2 Klimateffect	35
	4.3 Milieueffect	39
5	Conclusies	42
	Referenties	44

Samenvatting

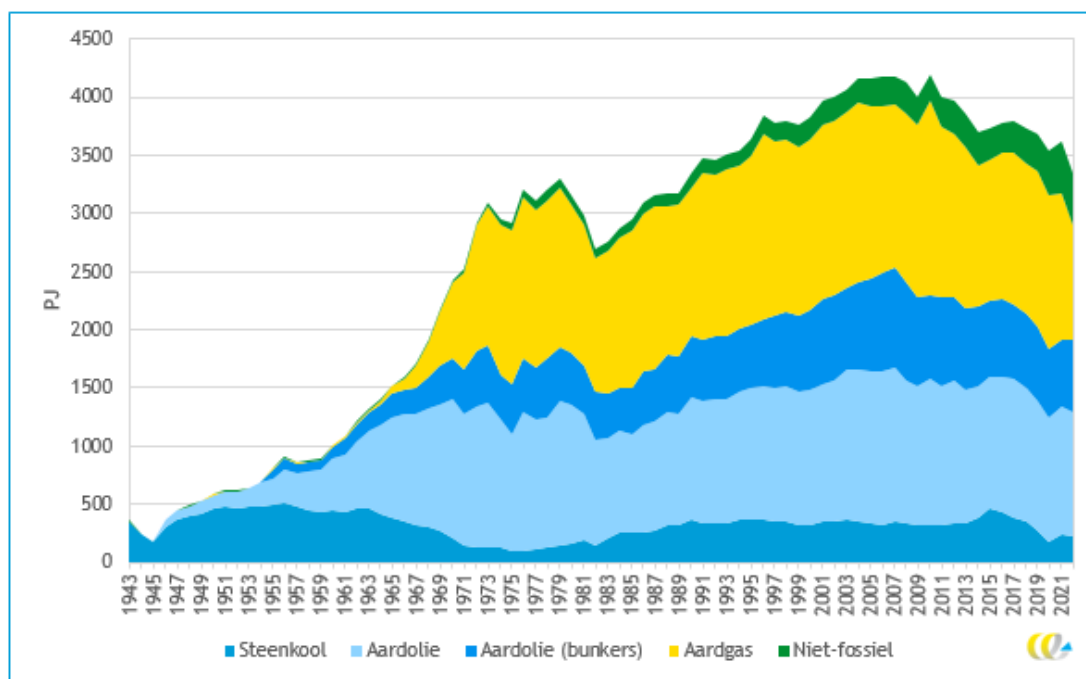
De organisatie 'Extractive Industries Transparency Initiative Nederland (NL-EITI) richt zich op het toegankelijk maken van feiten over de delfstoffenwinning in Nederland. In dit rapport is in opdracht van NL-EITI in kaart gebracht hoe het huidige energiesysteem eruitziet en wat voor effecten dit heeft op de publieke financiële stromen, het klimaat en milieu.

Het Nederlandse energiesysteem

Een energiesysteem bestaat uit een geïntegreerd systeem waar energie van de bron naar de toepassing wordt geleid. Het zorgt voor de essentiële ruggengraat van een maatschappij, die het mogelijk maakt dat bedrijven en individuen hun activiteiten kunnen ontplooiën. Het systeem is daarmee veel meer dan alleen de technische onderdelen ervan. Het systeem is adequaat te noemen als het energie kan leveren die betrouwbaar, betaalbaar en duurzaam is.

Hoewel de klimaatdoelen reeds enige jaren onderdeel zijn van het beleid in Nederland (en de EU), is het overgrote deel van de energie die in Nederland verbruikt wordt nog afkomstig uit fossiele bron. Ongeveer 10% van het totale energieverbruik was in 2021 hernieuwbaar (inclusief als grondstof en voor lucht- en zeevaart). Aardolie en aardgas blijven tot op heden de belangrijkste energiedragers, zie Figuur 1.

Figuur 1 - Energieverbruik in Nederland naar energiedrager in PJ vanaf 1945 t/m 2022, inclusief bunkerbrandstoffen en niet-energetisch verbruik



Bron: (CBS, 2023).

Toch is het uitgangspunt van Nederland om in 2050 klimaatneutraal te zijn, waardoor het gebruik van fossiele bronnen sterk moet afnemen. Deze doelstelling brengt een groot-scheepse verandering van het energiesysteem met zich mee, dat tegelijkertijd betrouwbaar en betaalbaar moet zien te blijven. Duurzame energie is (momenteel) duurder per energie-eenheid dan fossiele energie. Daarnaast heeft het afbouwen van de fossiele winning in Nederland ertoe geleid dat bijna 80% van de energie in Nederland geïmporteerd moet worden, wat een risico zou kunnen zijn voor de leveringszekerheid.

De spelers

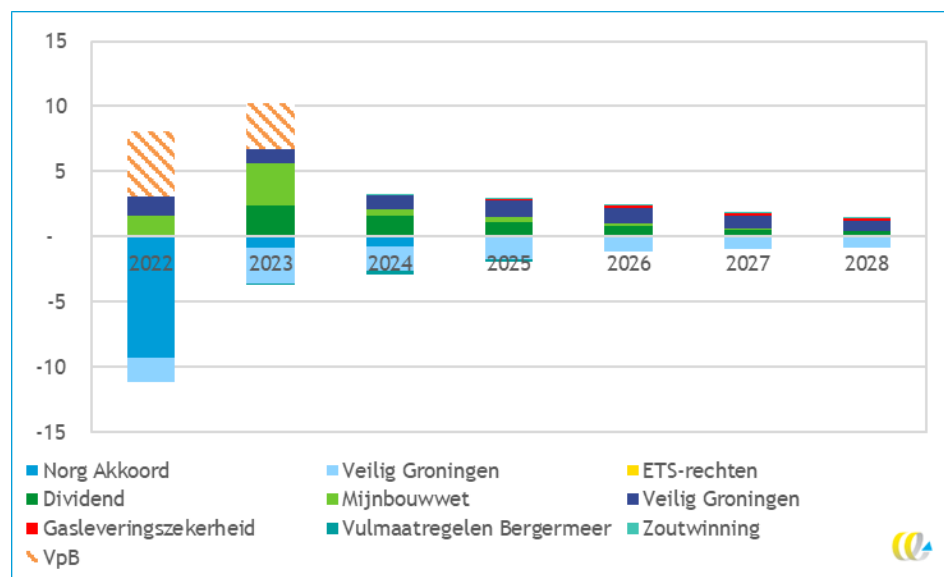
Binnen het energiesysteem heeft de delfstoffenwinning altijd een belangrijke rol gespeeld, vooral dankzij het Groningenveld, het grootste aardgasveld in Europa. De belangrijkste publieke spelers bij de delfstoffenwinning in Nederland zijn de staatsdeelnemingen Energie Beheer Nederland (EBN), Gasunie, en het ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG). EBN en Gasunie participeren vanuit hun rol actief in projecten rondom het veranderende energiesysteem. Het ministerie van KGG stimuleert dit met onder meer subsidies zoals de SDE++ en de IPCEI Waterstof.

Ook winningsbedrijven zijn, naast hun winningsactiviteiten, in verschillende rollen betrokken bij gasopslag en projecten omtrent CO₂-opslag (CCS) en waterstof. Dit biedt hun een mogelijkheid om bestaande assets, zoals lege gasvelden, te verwaarden en een bijdrage te leveren aan het veranderende energiesysteem.

Effect op de overheidsfinanciën

De rol van de winningsbedrijven in de overheidsfinanciën verandert: het meest zichtbaar is dat de afgelopen jaren de aardgasbaten sterk zijn afgenomen en deze zullen nog verder afnemen. Met name door het sluiten van het Groningenveld zijn de aardgasbaten de afgelopen jaren fors teruggelopen. Deze bedroegen tien jaar geleden nog zo'n € 17 miljard. Inmiddels gaat het nog om minder dan € 3 miljard, zie Figuur 2.

Figuur 2 - Inkomsten en uitgaven gerelateerd aan delfstoffenwinning in Nederland, 2022-2028



Ook andere baten, zoals ETS-inkomsten, en belastingen in bredere zin op fossiele brandstoffen, zullen teruglopen. De subsidies en andere financiële instrumenten om de klimaattransitie te bevorderen, zullen daarentegen groeien.

Effect op klimaat en milieu

Het energiesysteem functioneert dus nog hoofdzakelijk op basis van fossiele energie. Fossiele bronnen hebben echter een schadelijk effect op klimaat en milieu.

Het klimaateffect van energieverbruik, wordt vooral (81-88%) bepaald door de CO₂-emissies die vrijkomen bij de verbranding van fossiele brandstoffen, en voor een beperkt deel door broeikasgasemissies bij winning en transport (voornamelijk buiten Nederland, door het hoge aandeel import).

Vanuit het gebruik van energiedragers bezien is de sector mobiliteit verantwoordelijk voor de meeste emissie van stikstofoxiden. De elektriciteitssector is verantwoordelijk voor de meeste emissie van zwaveldioxide. Fijnstof is in ongeveer gelijke hoeveelheid afkomstig uit mobiliteit, gebouwde omgeving en industrie.

Het omschakelen van het energiesysteem naar hernieuwbare energiebronnen zal door de historische ontwikkeling van het systeem enige tijd vergen. Hier zijn kosten mee gemoeid door de (voorlopig) hogere kosten van hernieuwbare energiedragers en de kosten die horen bij het opbouwen van een nieuw systeem. Deze ontwikkeling valt samen met het wegvallen van baten door aardgaswinning. Het afbouwen en uitfaseren van fossiele energie is een essentiële doelstelling om de klimaatverandering tegen te gaan. Daarnaast zal het de luchtverontreiniging doen afnemen.

Lijst van afkortingen

CCS	Carbon Capture and Storage (afvang en opslag van CO ₂)
EB	Energiebelasting
EBN	Energiebeheer Nederland
EU ETS	European Emissions Trading System (Europees Emissiehandelssysteem)
GTS	Gasunie Transport Services
IPCEI	Important Project of Common European Interest (belangrijk project met gezamenlijk Europees belang)
Ministerie van EZK	(voormalig) Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Ministerie van KGG	Ministerie van Klimaat en Groene Groei
OWE	Opschalingsinstrument waterstof
SDE++	Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
TTW	Tank to wheel (uitstoot in de voorketen)
VpB	Vennootschapsbelasting
WTT	Well to tank (verbrandingsemissies)
WTW	Well to wheel (uitstoot van de volledige keten, WTT+TTW)
Wkk	Warmtekrachtkoppeling



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De organisatie 'Extractive Industries Transparency Initiative Nederland (NL-EITI) richt zich op het toegankelijk maken van feiten over de delfstoffenwinning in Nederland. EITI is een wereldwijde standaard voor verantwoordelijk beheer en bestuur van delfstoffen. Binnen NL-EITI bestaat een multi-stakeholdergroep (MSG) waarin de Rijksoverheid, maatschappelijke organisaties en de industrie zijn vertegenwoordigd. Deze MSG past de EITI-standaard toe op Nederland en draagt zo bij aan meer transparantie in de delfstoffensector (NL-EITI, 2024b).

Door de transitie van het energiesysteem gaat er de komende jaren veel veranderen. Niet alleen op het gebied van energiebronnen en energiedragers, maar ook met betrekking tot de financiële stromen die verbonden zijn met het huidige energiesysteem.

In dit rapport wordt in kaart gebracht hoe het huidige energiesysteem eruitziet en hoe dit gaat veranderen. Daarnaast wordt gekeken wat het effect is van het huidige energiesysteem op zowel de publieke financiële stromen als klimaat en milieu en hoe dit gaat veranderen in de toekomst.

1.2 Doel en onderzoeksvragen

Het doel van dit onderzoek is om de belangrijkste effecten (zowel kosten als baten) van de Nederlandse delfstoffenwinning, binnen de context van het gehele energiesysteem en de energietransitie te beschrijven. Hiermee wil het onderzoek een bijdrage leveren aan de basis voor een maatschappelijk debat.

Het rapport is ingedeeld in drie onderdelen. De onderzoeksvragen binnen die onderdelen hierbij zijn:

A. Nederlandse energiesysteem (huidige situatie)

1. Uit welke onderdelen is het huidige Nederlandse energiesysteem opgebouwd?
2. Wat zijn per saldo de kosten van de verschillende energiebronnen (per petajoule)?

B. De effecten op publieke middelen (huidige situatie)

3. Welke (niet-)financiële instrumenten zet de overheid in om een duurzame energievoorziening te bevorderen?
4. Hoe zijn winningsbedrijven van aardgas, aardolie en zout betrokken bij andere onderdelen van het Nederlandse energiesysteem?
5. Hoe zijn de Nederlandse overheden en overheidsdeelnemingen betrokken bij de verschillende onderdelen van het Nederlandse energiesysteem

C. De effecten op klimaat en milieu (huidige situatie)

6. Wat zijn de klimaat- en milieu-emissies per energiebron en voor het energiesysteem als geheel?

1.3 Afbakening

In dit rapport wordt het Nederlands energiesysteem beschreven. De beschrijving heeft voornamelijk betrekking op de technische onderdelen van het systeem (soorten energiedragers, verbruikssectoren en de onderling verbonden stromen). Overige aspecten van het energiesysteem, zoals marktordening, wet- en regelgeving, energieleveranciers, hun afnemers en de andere marktpelers (producenten, energiebeurzen, handelaren, marktmeesters en beleidsmakers) blijven buiten beschouwing.

Bij onderdeel B worden de effecten beschreven zoals in de deelvragen geformuleerd (er wordt dus geen volledige mkba (maatschappelijke kosten-batenanalyse) uitgevoerd. De effecten zijn zowel kwantitatief als kwalitatief beschreven.

Bij onderdeel C is gekeken naar klimaatteffect (CO₂.eq.) van het energiesysteem, voor 'well-to-wheel' (voor de volledige keten). Voor milieu zijn de effecten in de vorm van NO_x, SO₂ en PM (de belangrijkste luchtverontreinigende stoffen) beschreven. Afval en gebruik van overige grondstoffen is kwalitatief beschreven.

1.4 Leeswijzer

Het huidige Nederlandse energiesysteem en de ontwikkeling daarvan in de tijd staat beschreven in Hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 bevat de informatie over de relatie tussen publieke middelen en delfstofwinning in Nederland. De effecten op klimaat en milieu zijn beschreven in Hoofdstuk 4. Het energiesysteem wordt in de huidige situatie omschreven, en hoe dit zich gaat veranderen richting de toekomst. De effecten op de publieke middelen, klimaat en milieu worden beschreven voor het huidige systeem.

Aan het eind van elk hoofdstuk is een paragraaf opgenomen met discussiepunten, voortvloeiend uit het beschrevene.



2 Het Nederlandse energiesysteem

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het Nederlandse energiesysteem beschreven. We kijken hierbij naar de technische componenten van dit systeem, dus de energiedragers, verbruikssectoren en energiestromen.

Eerst wordt een algemene omschrijving van een energiesysteem gegeven. Vervolgens wordt de historische ontwikkeling van het energieverbruik in Nederland geschetst. Daarna wordt ingegaan op het energiesysteem van Nederland. Hierbij worden de energiestromen, het verbruik per sector en de rol van winning, invoer en uitvoer beschreven. Als laatste wordt een inschatting gemaakt van de effecten van het toekomstige energiesysteem.

Naast de technische aspecten wordt het functioneren van het energiesysteem mogelijk gemaakt door tal van andere elementen. Hierbij gaat het bijvoorbeeld over marktordening, wet- en regelgeving, energieleveranciers, hun afnemers en de andere marktspelers (zoals producenten, energiebeurzen, handelaren, marktmeesters en beleidsmakers). Deze elementen worden niet expliciet beschreven in dit hoofdstuk.

Dit hoofdstuk vormt de basis waaruit de volgende hoofdstukken over de effecten op de publieke middelen en de effecten op klimaat en milieu te begrijpen zijn.

2.2 Elementen van een energiesysteem

Een energiesysteem bestaat uit een geïntegreerd systeem waar energie van de bron naar de toepassing wordt geleid. Het zorgt voor de essentiële ruggengraat van een maatschappij, waarbij economische ontwikkeling en particuliere ontplooiing gefaciliteerd worden. Het systeem is adequaat te noemen als het energie kan leveren die betrouwbaar, betaalbaar en duurzaam is. Duurzaamheid is sinds de tweede helft van de 20^e eeuw een steeds belangrijker element geworden.

De energie die uiteindelijk wordt gebruikt kan gewonnen of geproduceerd worden uit verschillende bronnen: dit kunnen fossiele bronnen zijn die in miljoenen jaren in de aardkorst hun geconcentreerde energetische inhoud hebben opgebouwd, of de zon, wind, biomassa of kernenergie.

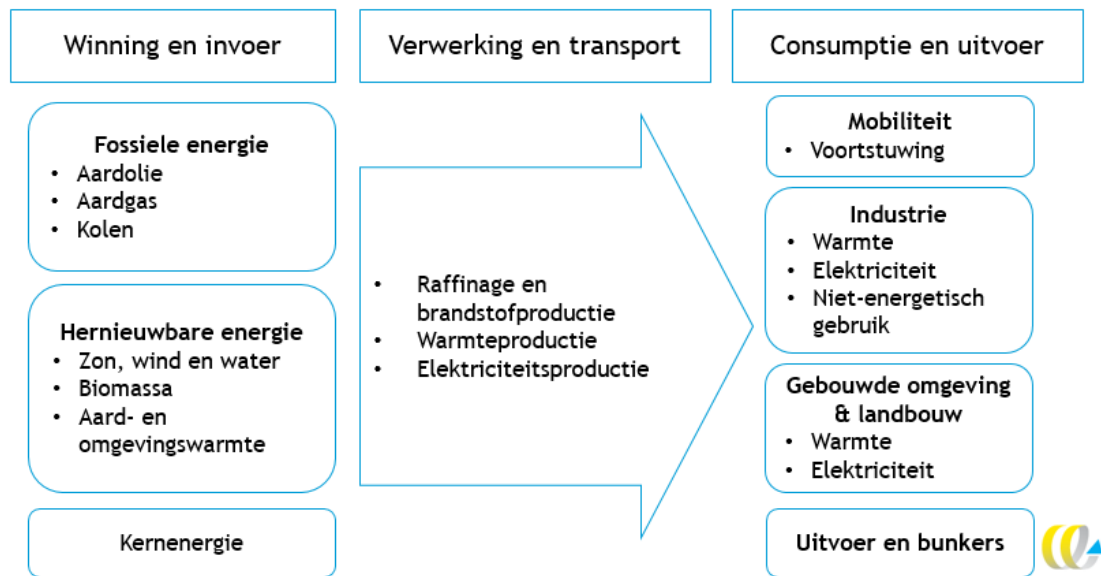
Soms kan de energiebron direct in een bepaalde energetische toepassing worden gebruikt (hout, aardgas), soms moet er verwerking plaatsvinden (bijvoorbeeld raffinage van aardolie), soms wordt de energie uit de bron overgezet op een energiedrager (zoals elektriciteit of waterstof).

Het uiteindelijk verbruik van energie vindt plaats binnen vier sectoren: mobiliteit (inclusief mobiele werktuigen), industrie, gebouwde omgeving en landbouw. De elektriciteitsproductie speelt een schakelrol tussen ingevoerde of gewonnen energie en consumptie. Naast de vier verbruikssectoren gaat er ook veel energie door het systeem dat ofwel wordt geleverd aan bunkers (internationale lucht-, zee- en binnenvaart) ofwel wordt doorgevoerd naar andere landen.



Het finaal energieverbruik beslaat over het algemeen vier toepassingen: warmte, voortstuwing (vervoer), elektriciteitsgebruik en niet-energetische toepassing/grondstof (waarbij de energie niet aan drager onttrokken wordt, maar het geproduceerde product geen energiedrager meer is, zoals kunstmest of plastic). Hierbij kan niet elke energiebron of drager voor elke toepassing worden gebruikt. Een schematisch overzicht van een energiesysteem van winning tot consumptie is weergegeven in Figuur 3.

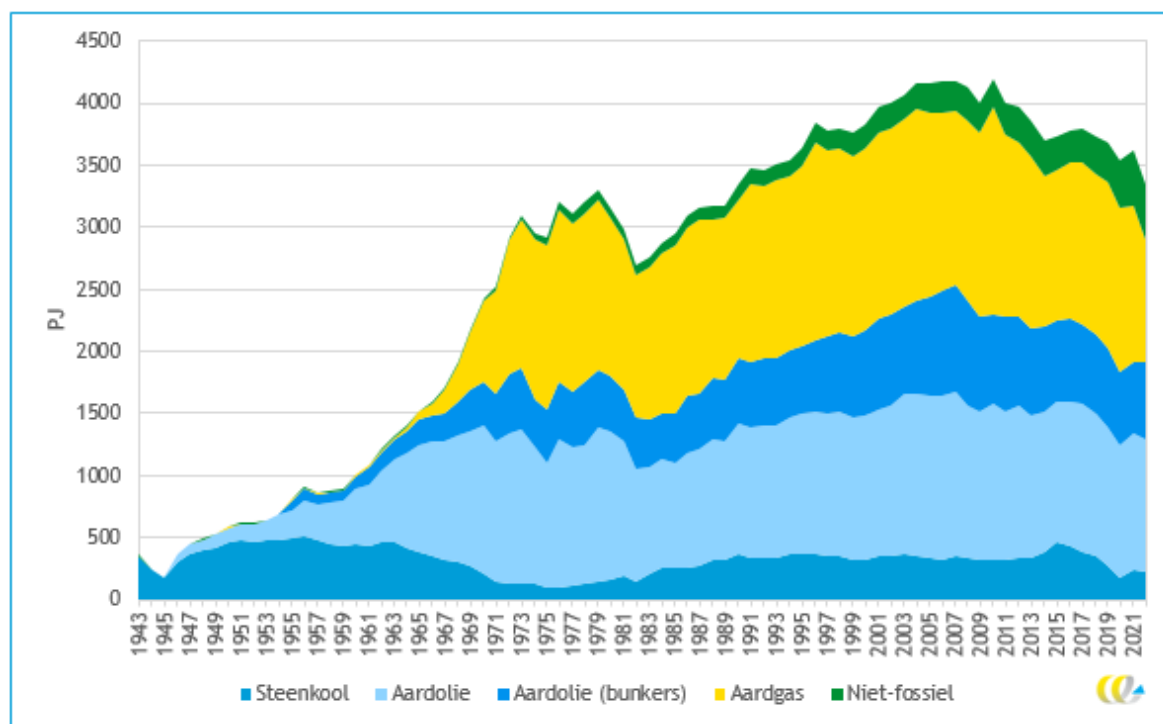
Figuur 3 - Schematisch overzicht van de basiselementen van een energiesysteem



2.3 Historische ontwikkeling Nederlands energiesysteem

De opbouw van het huidige energiesysteem in Nederland is sterk gerelateerd aan de economische structuur van ons land, wat weer een resultaat is van historische ontwikkelingen en de geografische situatie. Vanaf de Tweede Wereldoorlog is het energieverbruik van Nederland - hand in hand met de economische groei - meer dan vervijfvoudigd. Het aandeel per energiebron is weergegeven in Figuur 4.

Figuur 4 - Energieverbruik in Nederland naar energiedrager in PJ vanaf 1945 t/m 2022, inclusief bunkerbrandstoffen en niet-energetisch verbruik



Bron: (CBS, 2023).

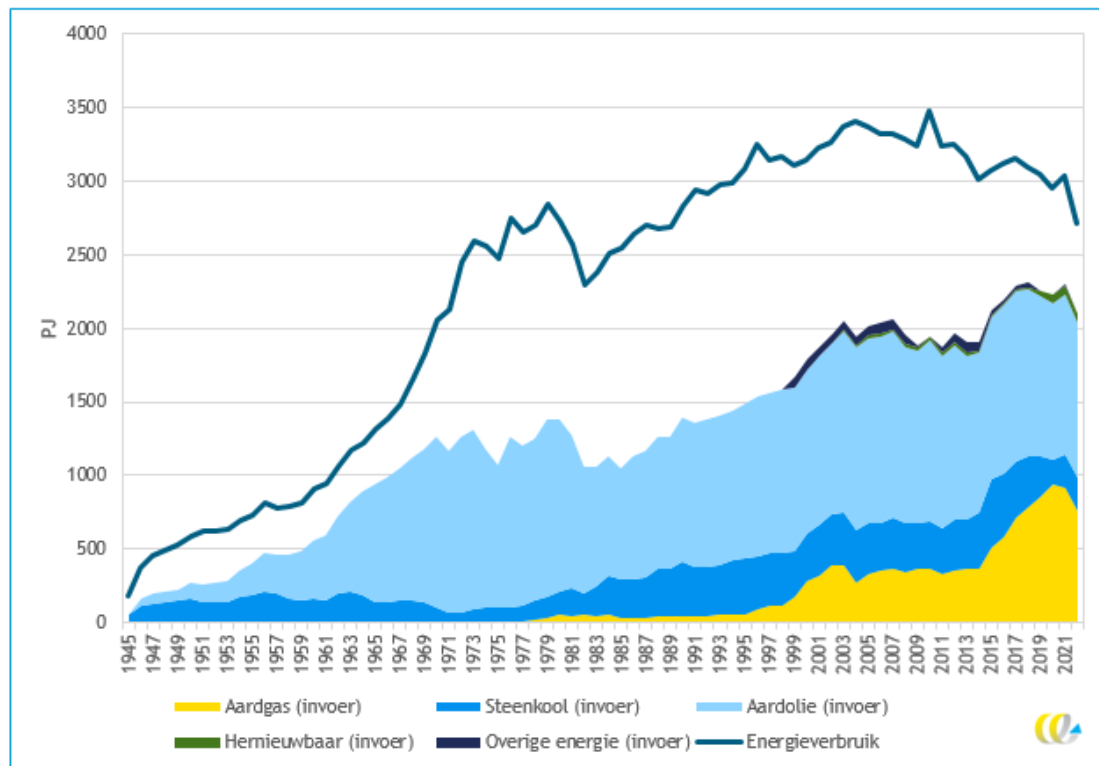
Uit de figuur blijkt de sterke groei tot 1973 (het jaar van de oliecrisis) en de gestage groei van 1983 tot ongeveer 2003. Sinds 2003 daalt het energieverbruik van Nederland weer, voornamelijk door efficiëntieverbeteringen en door het verplaatsen van industrie naar het buitenland (CPB, 2023). Daarnaast komt uit de figuur naar voren dat de energiemix tot op de dag van vandaag voornamelijk bestaat uit fossiele energie en het aandeel niet-fossiel (zowel hernieuwbaar als kernenergie) maar langzaam toeneemt.

2.3.1 Wining, invoer en uitvoer

Zoals elk land is Nederland tijdens de decennia van economische groei eerst in eigen land op zoek gegaan naar energiebronnen om aan de groeiende energievraag te voldoen. In eerste instantie werden in Limburg de steenkoolmijnen ontgonnen en vanaf de jaren '60, toen er in Slochteren het grootste aardgasveld van Europa werd gevonden, begon aardgas een grote rol te spelen. In Schoonebeek en offshore werd er aardolie gewonnen. Momenteel zit er vooral groei in de opwek van zon- en windenergie op Nederlands grondgebied.

Dankzij eigen winning heeft Nederland lange tijd een veel lagere afhankelijkheid van het buitenland gekend, tot recentelijk het Groningenveld is afgeschaald en gesloten. Momenteel wordt bijna 80% van de energiebronnen voor gebruik in Nederland geïmporteerd, voornamelijk olie en aardgas, zie Figuur 5. Dit is de hoogste afhankelijkheid van het buitenland sinds 1906, toen de eerste Staatsmijn in Limburg werd geopend om de leveringszekerheid van steenkolen te verhogen (CBS, 2023).

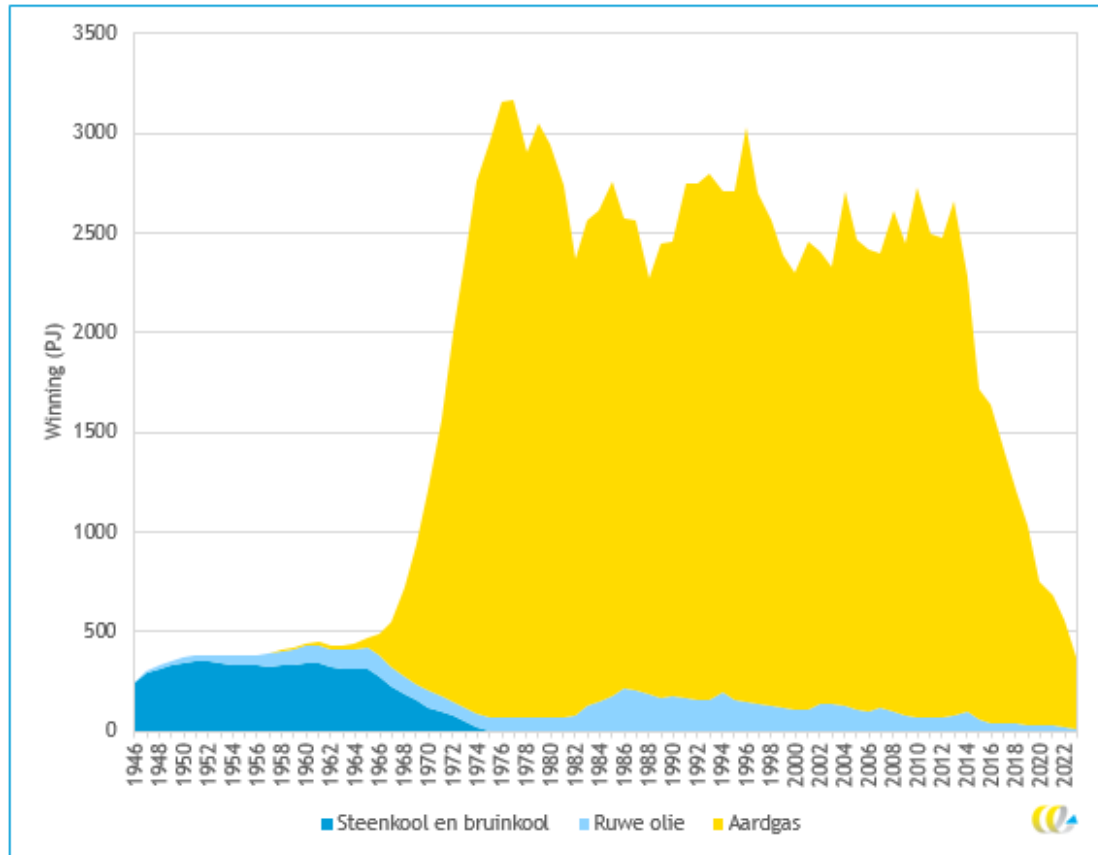
Figuur 5 - Aandeel geïmporteerde energie in Nederland (gestapelde kolom) en het totaal energieverbruik, zonder bunkers (lijn). Bunkers zijn uit deze figuur weggelaten, omdat die eigenlijk buiten het begrip van importafhankelijkheid vallen.



Bron: (CBS, 2023).

Vanaf de jaren '70 tot ongeveer 2015 is in Nederland zeer veel aardgas gewonnen. De winning van kolen, aardolie en aardgas was daarmee in verhouding relatief beperkt, zie Figuur 6. Hoewel de hoeveelheid aardgas qua energie-inhoud bijna gelijk opging met het nationale energieverbruik, kan aardgas niet voor alle toepassingen worden gebruikt en werd er dus ook veel aardgas geëxporteerd.

Figuur 6 - Winning van energiebronnen in Nederland sinds 1946 (in PJ)

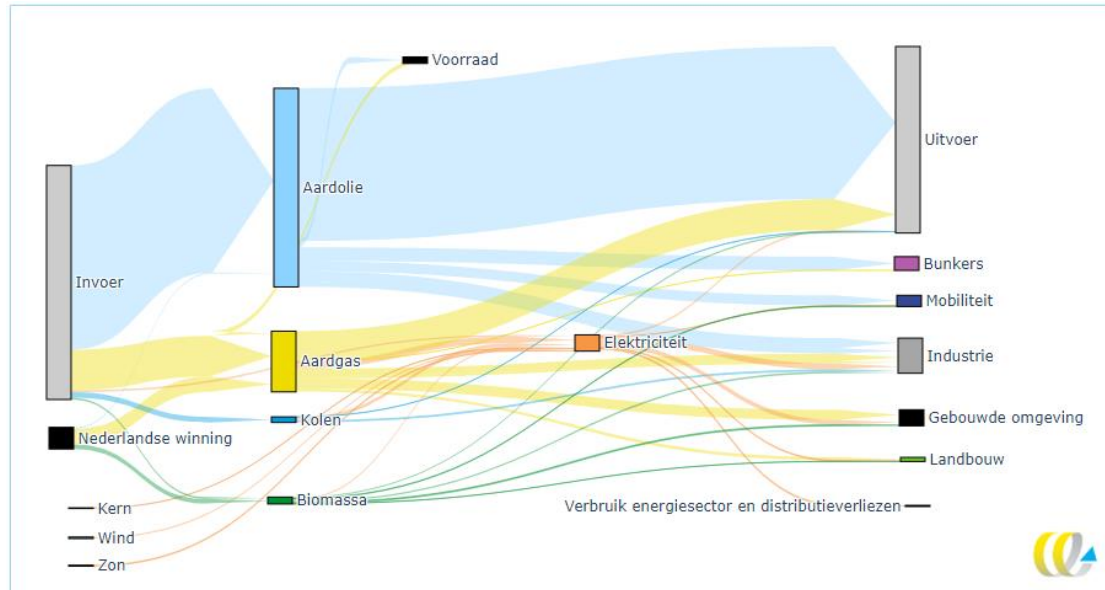


Bron: (CBS, 2024).

2.4 Het huidige Nederlands energiesysteem

Het energiesysteem is een complex geheel van stromen die van de winning naar de consument lopen. Hier bovenop komt nog de energie die in Nederland wordt ingevoerd, gewonnen en/of verwerkt, maar niet in Nederland wordt verbruikt. Hoe de totaliteit van deze energiestromen door Nederland loopt, is weergegeven in Figuur 7.

Figuur 7 - Stromendiagram van energie in Nederland in 2021



Bron: (PBL, 2022).

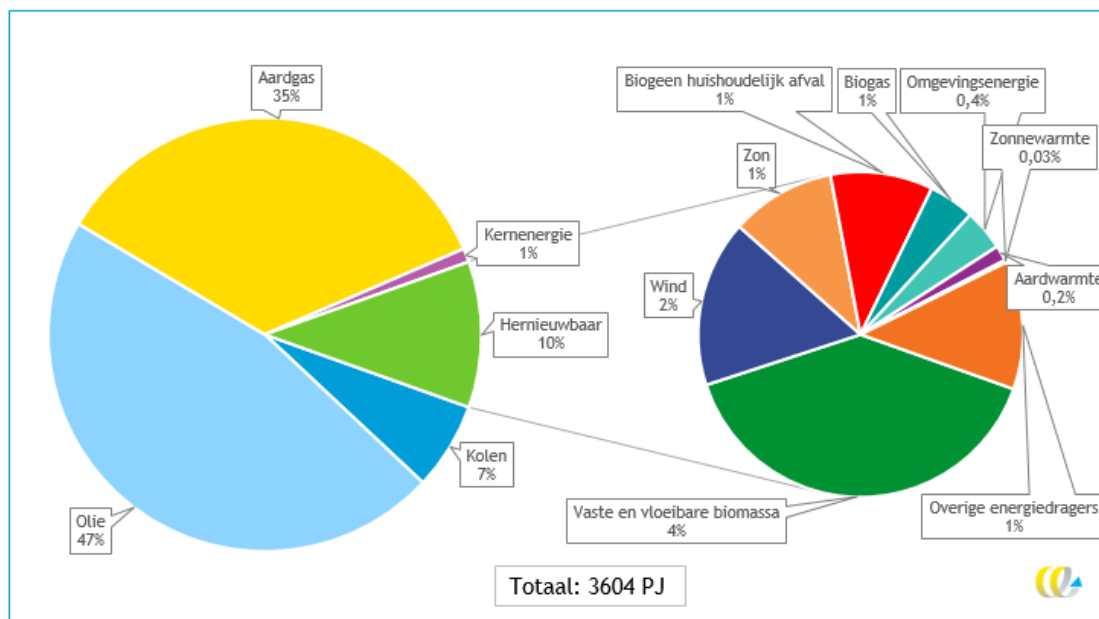
De figuur toont aan dat het grootste gedeelte van de energiestromen door ons land niet in Nederland wordt gebruikt, maar al dan niet bewerkt wordt doorgevoerd. Dit geldt bij uitstek voor aardolie en hangt samen met het feit dat Rotterdam de grootste haven van Europa is, Amsterdam de grootste benzinehaven van de wereld en Nederland met zes raffinaderijen over een grote raffinagecapaciteit beschikt. Zo zijn omliggende Noordwest Europese landen vaak afhankelijk van de ruwe aardolie die via de haven van Rotterdam wordt doorgevoerd of van de olieproducten die in Nederland zijn geraffineerd (CE Delft, 2023c).

Net als bij Figuur 4, blijkt uit deze figuur de dominantie van fossiele brandstoffen in de energiemix, zelfs als alleen wordt gekeken naar de Nederlandse verbruikssectoren. Ook valt op dat de rol van elektriciteit beperkt is in vergelijking met de andere stromen.

2.4.1 Aandeel per energiebron in het energiesysteem

Als er specifiek wordt gekeken naar de verbruikssectoren in Nederland, blijkt ook duidelijk het grote aandeel van fossiele energiebronnen, zie Figuur 8. De in deze figuur getoonde energie komt overeen met de energie uit het stromendiagram, zonder de invoer die voor uitvoer is bestemd, maar inclusief bunkers en niet-energetisch gebruik. In deze figuur zijn de primaire energiebronnen weergegeven (dus zonder elektriciteit die wordt opgewekt uit kolen of aardgas, dat is immers reeds bij de desbetreffende energiebron meegenomen).

Figuur 8 - Energiebronnen in het Nederlands energiesysteem in 2021 (inclusief bunkers en niet-energetisch verbruik en exclusief invoer die voor uitvoer is bestemd en uitvoer), met een uitsnede van het onderdeel 'hernieuwbaar'



Bron: (PBL, 2022).

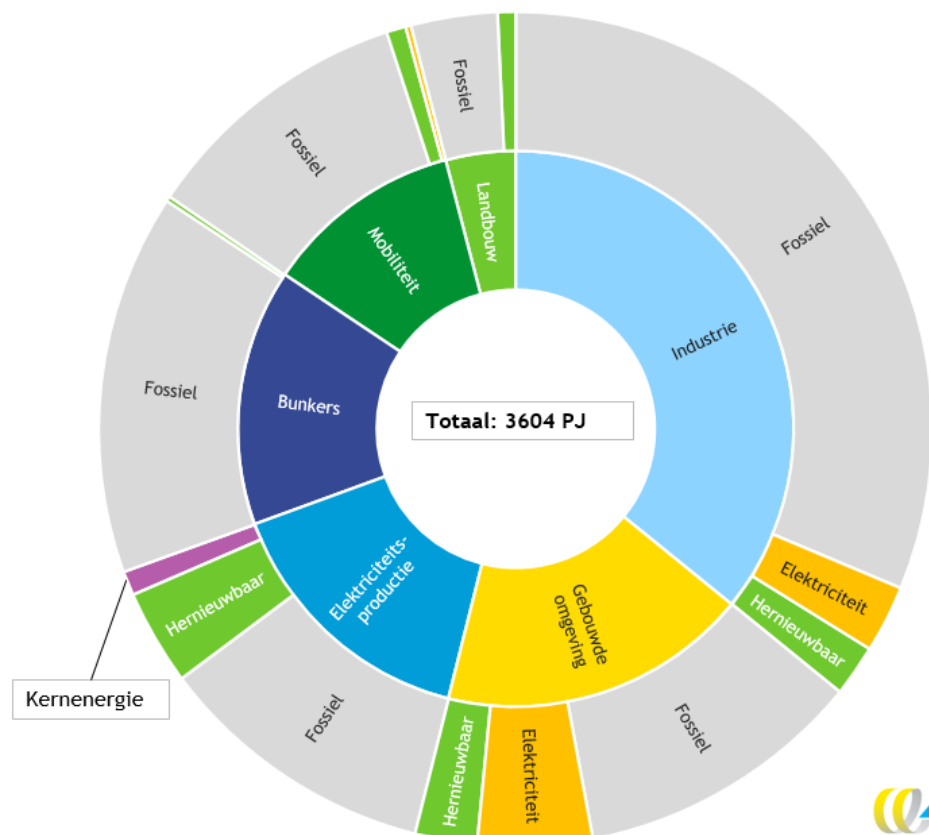
Uit Figuur 8 komt naar voren dat aardgas en aardolie veruit de grootste bijdrage leveren aan de invulling van de energievraag. Hernieuwbaar heeft slechts een aandeel van ongeveer 10%, waar vele verschillende vormen van hernieuwbare energie aan bijdragen, met biomassa als belangrijkste component, gevolgd door wind en zon.

2.4.2 Sectoren en energiebronnen per sector

De consumenten in een energiesysteem kunnen opgedeeld worden in zes sectoren: de elektriciteitssector, industrie, mobiliteit, gebouwde omgeving, landbouw en internationale lucht- en zeevaart (bunkers). In totaal verbruiken deze sectoren in Nederland (inclusief niet-energetisch verbruik) ongeveer 3.600 PJ per jaar (in 2021).

Het aandeel per sector en het aandeel fossiel en hernieuwbaar (en nucleair voor elektriciteitsproductie) is weergegeven in Figuur 9. De binnenste ring geeft het aandeel per verbruikssector, de buitenste ring geeft de invulling van dat verbruik per energiebron: fossiel, hernieuwbaar (of kernenergie bij elektriciteit) en (extern geleverde) elektriciteit. Bij de industrie wordt nog een deel van de verbruikte fossiele energie ingezet om eigen elektriciteit en warmte te produceren (met een wkk). De aandelen elektriciteit in de buitenste ring bestaan dus uit de mix energiebronnen van de elektriciteitsproductie.

Figuur 9 - Totaal verbruikssaldo per sector en energiebron per sector in 2021 (inclusief niet-energetisch verbruik). Elektriciteit (oranje) bestaat enkel uit extern geleverde elektriciteit, dat weer is opgewekt met de mix van energiebronnen bij het aandeel elektriciteitsproductie.



Bron: (PBL, 2022).

Uit Figuur 9 komt naar voren hoe dominant fossiele energie is in het Nederlandse energiesysteem, per sector en in totaal. De elektriciteitsproductie heeft van alle sectoren het grootste aandeel hernieuwbaar, bij mobiliteit (en bunkers) is dit het laagst. Uit de figuur blijkt ook dat het volledig verduurzamen van de elektriciteitsproductie maar een beperkte verduurzaming van het energiesysteem als geheel bewerkstelligt.

Hoewel de bunkerbrandstoffen (internationale lucht- en zeevaart) en het niet-energetisch verbruik wel vraag naar energie genereren, wordt de broeikasuitstoot van deze sectoren volgens de IPCC-richtlijnen niet aan Nederland toegerekend. Bij het niet-energetisch verbruik is dit wel het geval als de CO₂ van het product binnen de Nederlandse grenzen vrijkomt (bijvoorbeeld bij verbranding).

2.5 Het energiesysteem verandert

Sinds 2021 - het gekozen basisjaar in dit hoofdstuk - is het energieverbruik afgenomen tot ongeveer 3.220 in 2023. Met uitzondering van aardolie, is het aandeel fossiele bronnen ook afgenomen. Het aandeel niet-fossiel is daarentegen gegroeid naar bijna 17%. Toch komt het energiesysteem van 2023 nog in grote lijnen overeen met het in dit hoofdstuk geschetste beeld.

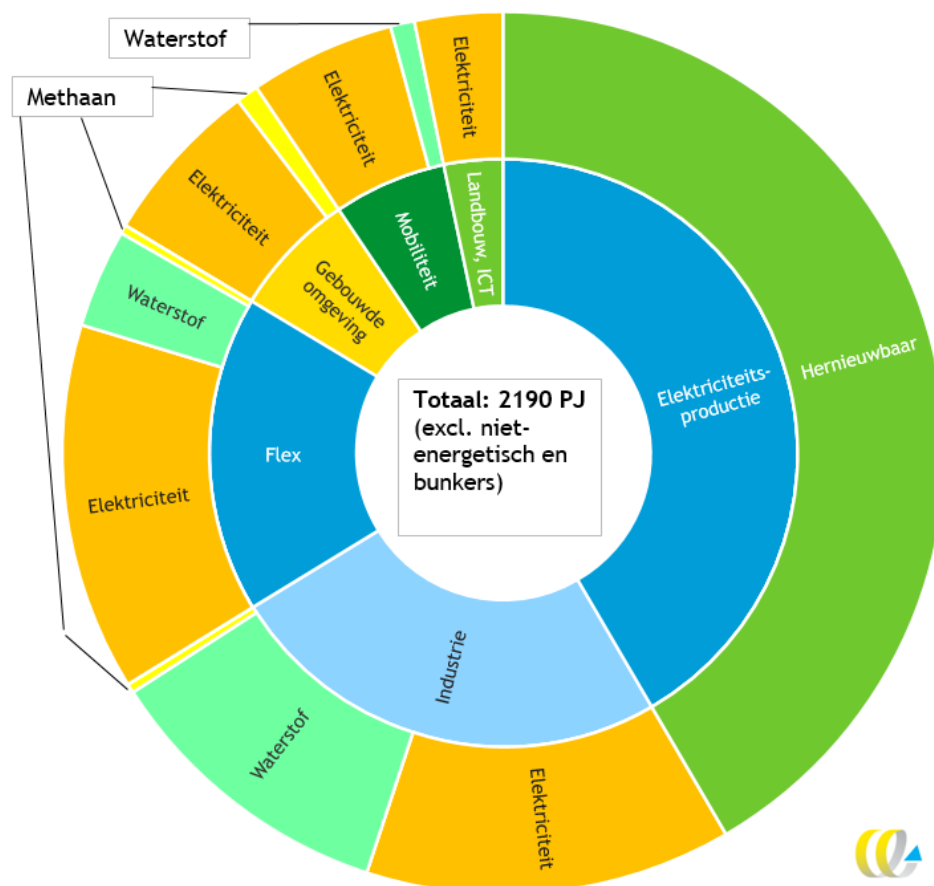
Nederland heeft de doelstelling om in 2050 klimaatneutraal te zijn. Dit betekent dat alle fossiele energiebronnen die in Nederland uitstoot genereren (het energiesysteem zonder niet-energetisch gebruik en bunkers) moeten worden vervangen door duurzame alternatieven, of de uitstoot moet worden afgevangen en permanent worden opgeslagen.

Het relatief overzichtelijke huidige energiesysteem met een aantal grote (fossiele) bronnen wordt door de energietransitie een stuk complexer. Voor de toepassingen van energie (warmte, beweging, elektriciteit en grondstof) zijn er momenteel niet direct alternatieven die elk moment van de dag en in zulke grote hoeveelheden beschikbaar zijn, en als ze al beschikbaar zijn, is het qua kosten vaak lastig concurreren met gevestigde fossiele ketens. Bovendien vereist een energiesysteem met alleen maar hernieuwbare bronnen een grondige aanpassing dan wel uitbreiding van de energie-infrastructuur.

De netbeheerders hebben voor het I13050-project vier scenario's ontwikkeld waarin Nederland in 2050 voldoet aan de doelstelling om (zo goed als) klimaatneutraal te zijn. Aangezien emissiereductie het uitgangspunt is, is er hoofdzakelijk gekeken naar energieverbruik dat Nederlandse uitstoot genereert. Hierdoor vallen drie onderdelen buiten scope, die eerder in dit hoofdstuk wel als integraal onderdeel van het Nederlands energiesysteem zijn opgevat: internationale bunkerbrandstoffen, niet-energetisch gebruik en raffinage van aardolie bestemd voor de uitvoer. Voor de overige onderdelen van het energiesysteem wordt (bij elk scenario) een broeikasgasreductie van 96% ten opzichte van 1990 gerealiseerd.

In al deze scenario's neemt de totale energievraag af: tussen de 20 en 25% ten opzichte van 2019. In alle scenario's wordt elektriciteit een veel grotere energiedrager dan momenteel het geval is. De overige energievraag wordt ingevuld met waterstof en methaan, geproduceerd uit hernieuwbare bronnen. Elektriciteit gaat in I13050 dus niet alleen de rol vervullen van energiedrager voor een bepaalde energetische toepassing, maar ook als element om andere energiedragers te produceren (waterstof, power-to-x, e-methaan).

Figuur 10 - Energieverbruik en invulling van dat verbruik per sector in het scenario 'Nationale sturing'. Andere scenario's binnen II3050 verschillen wel qua vraag en qua invulling, maar ze geven geen radicaal ander beeld (zo is er bijvoorbeeld meer invulling met waterstof of methaan en biomassa).



Bron: (Netbeheer Nederland, 2023).

Vanuit systeemperspectief zijn in de II3050-scenario's - die met modellen tot stand zijn gekomen - productie en consumptie van energie veel meer vervlochten. Maar om de uitdagingen op dat gebied het hoofd te bieden, is er een nieuwe sector nodig die de flexibele vraag regelt (flex: power to gas, piekketels/centrales en opslag). Naast de significante uitbreiding van elektriciteitsinfrastructuur, gaan de scenario's ook uit van de aanleg van een waterstof en CO₂-netwerk.

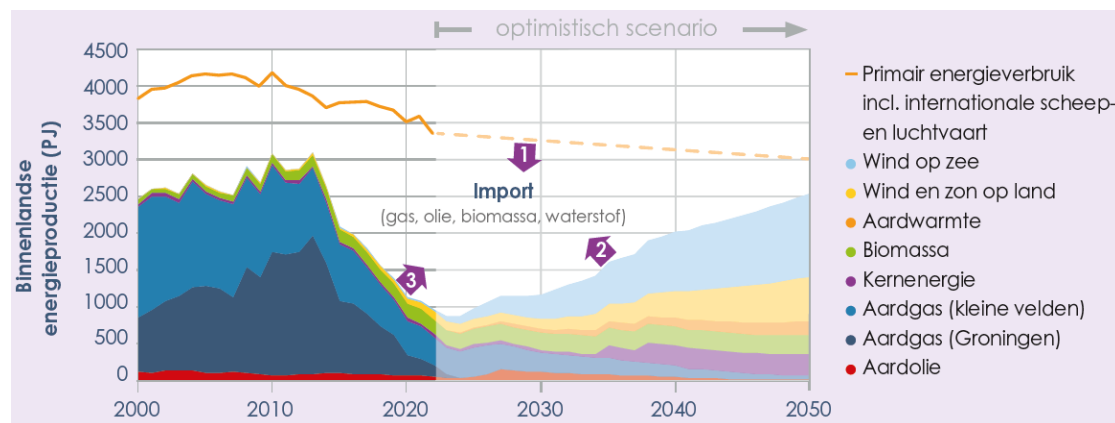
Figuur 10 toont het energiesysteem van een klimaatneutraal scenario in 2050, volgens dezelfde uitgangspunten als Figuur 9, behalve dan dat de bunkerbrandstoffen en het niet-energetisch gebruik niet is opgenomen omdat dit niet in het II3050-scenario is opgenomen. De groei van de energiesector (elektriciteit en flex) komt er duidelijk in naar voren.

2.5.1 Implicaties van de verandering van het energiesysteem

De belangrijkste component van het toekomstige energiesysteem zoals geschetst in II3050, is de verschuiving van fossiele energiebronnen naar hernieuwbare bronnen. Dit gaat gepaard met sterke groei van de rol van elektriciteit, zowel voor directe elektrificatie van verschillende toepassingen als voor de productie van waterstof en andere synthetische brandstoffen. In mindere mate (en afhankelijk van het scenario) zal er ook een groei van de inzet van biomassa plaatsvinden.

De opbouw van een duurzaam energiesysteem zal veel tijd in beslag nemen. Het inslaan van deze richting viel bijna gelijk met het afschalen van de Nederlandse winning van aardgas. Doordat enerzijds de opbouw van een klimaatneutraal energiesysteem nog veel tijd vergt en anderzijds Nederland nauwelijks nog zelf energie wint, is de importafhankelijk van Nederland op dit moment erg hoog, wat in principe een risico is voor de leveringszekerheid. Zoals eerder beschreven, wordt bijna 80% van de energie geïmporteerd. Hoewel het de bedoeling is dat Nederland in 2050 weer grotendeels in de eigen energiebehoefte voorziet, is er momenteel sprake van een 'importkloof,' zie Figuur 11.

Figuur 11 - 'Importkloof' van Nederland door het afschalen van de aardgaswinning en de lange looptijd om het nieuwe klimaatneutrale energiesysteem op te bouwen



Bron: (EBN, 2024b).

2.6 Wat zijn per saldo de kosten van de verschillende energiedragers? (huidige situatie)

Een belangrijke reden waarom binnen een energiesysteem voor de inzet van een bepaalde energiedrager wordt gekozen, is de prijs die de gebruiker moet betalen. Als er voor een bepaalde toepassing meerdere energiedragers mogelijk zijn, zal het grootste deel van de gebruikers tenderen naar de goedkoopste variant.

Zoals in de vorige paragrafen naar voren kwam, wordt een energiesysteem gevormd over langere tijd. Tijdens dat proces worden toepassingen en productieprocessen van energiedragers geoptimaliseerd. Hiervan profiteren vooral de energiedragers die op grote schaal worden toegepast. Zo is er een versterkende trend van gebruikers die voor de goedkoopste optie kiezen, waardoor die grootschalig wordt toegepast, waardoor het voor producenten weer aantrekkelijk wordt de productie te optimaliseren. Fossiele brandstoffen hebben hier bij uitstek van geprofiteerd tijdens de vorming van de energiesystemen van ontwikkelde landen. Dit is tevens een van de belangrijkste redenen waarom het zeer lastig is voor duurzame alternatieven om voet aan de grond te krijgen binnen het energiesysteem.

Om de kostenverschillen inzichtelijk te maken, zijn in deze paragraaf de eindverbruikerskosten van verschillende energiedragers op een rij gezet in vergelijkbare eenheden, zie Tabel 1. De uiteindelijke consumentenprijs is opgebouwd uit veel elementen, die weer van verschillende aspecten afhangen (belastingen, accijnzen, bedrijfsvoering, transportkosten, marktomstandigheden, etc.). Hiernaast kunnen consumentenprijzen verschillen per toepas-

sing of gebruiker. Hierdoor is het niet eenvoudig om een volledig overzicht van consumentenprijzen te geven in een overzichtelijke tabel. In de tabel zijn belastingen (inclusief accijnzen) en infrastructuurkosten voor zover mogelijk apart weergegeven.

Tabel 1 - Overzicht van kosten per energiedrager voor de huidige situatie (2023-2024). Alle consumentenprijzen zijn inclusief 21% btw. Er geldt alleen een nultarief-btw voor leveringen aan zee- of luchtvaart.

Energiedrager	Type verbruiker	Consumentenprijs (€/GJ)	Waarvan energiebelasting (€/GJ) ¹	Waarvan infrakosten ² (€/GJ)
Steenkool	Industrie	2 - 5	1	Onbekend
Ruwe aardolie	Industrie	16	N.v.t.	Onbekend
Aardgas	Schijf 1: 0 - 170.000 m ³	39	17	1,6 *
	Schijf 2: 170.000 - 1 mln m ³	39 - 38	17 - 8	
	Schijf 3: 1 mln - 10 mln m ³	29 - 34	8 - 4	
	Schijf 4: 10 mln m ³ - 100 mln m ³	24 - 21	4 - 2	
Elektriciteit (afname)	Kleinverbruiker (1 t/m 10.000 kWh)	70	28	14 *
	Klein- tot middelgrootverbruik (10.001 t/m 50.000 kWh)	70 - 66	28 - 24	
	Middelgroot- tot grootverbruik (50.001 t/m 10 miljoen kWh)	66 - 49	24 - 10	
	Grootverbruik zakelijk (10 miljoen t/m 100 miljoen kWh)	49 - 39	10 - 1	
Steenkool	Elektriciteitsproductie (kostprijs)	2 - 5	N.v.t.	Onbekend
Aardgas		7		onbekend
Wind op zee		19		7,8 (gesocialiseerd)
Wind op land		16		Onbekend (gesocialiseerd)
Zon op dak		22		Onbekend (gesocialiseerd)
Zon op land		23		Onbekend (gesocialiseerd)
Biomassa		7 - 37		Onbekend
Kernenergie (Borssele)		12		Onbekend
Warmte (via warmtenet)	Huishoudens en bedrijven	47	N.v.t.	Onbekend
Benzine Euro95	Consumenten	62	25	-3%
Diesel	Consumenten	50	14	
Lpg	Consumenten	27	6	
Cng	Consumenten	47	6	Onbekend
Elektrisch laden auto	Consumenten	129	Degressieve belasting	Onbekend
HVO100 biodiesel	Consumenten	65	N.v.t.	Onbekend

¹ Voor diesel, benzine en LPG komt dit in de vorm van accijns; voor kolen als kolenbelasting.

² Infrakosten zijn voor elektriciteit en gas een vast bedrag per jaar, afhankelijk van de grootte van de aansluiting en piekverbruik.

Energiedrager	Type verbruiker	Consumenten-prijs (€/GJ)	Waarvan energiebelasting (€/GJ) ¹	Waarvan infrakosten ² (€/GJ)
Groengas	Consumenten	48	N.v.t.	1,6
Grijze waterstof**	Industrie	20	4 - 2	Onbekend
Blauwe waterstof**	Industrie	22	4 - 2	
Groene waterstof	Industrie	114	0,1	17

* Totale netinkomsten netbeheerder gedeeld door totale verbruik per energiebron.

** Bij een ETS-prijs van 80 €/t CO₂.

Gebaseerd op (ACM, 2024; Belastingdienst, 2024; CBS Statline, 2024; ENTSO-E & ENTSOG, 2022; PBL, 2023, 2024; Rijksoverheid, 2024).

De informatie in de tabel is een momentopname en door de vele aspecten die de prijzen bepalen, kan de tabel er in een andere periode anders uitzien. Hiernaast moet worden aangetekend dat kernenergie relatief lage kosten heeft, maar hier zijn niet de (reeds lang afgeschreven) bouwkosten in verdisconteerd. Aan de andere kant gelden er voor nieuwe energieopwek (zoals wind en zon) vaak meerkosten door netverzwaring, die via netwerkbedrijven gesocialiseerd worden (CE Delft, 2022c).

Uit de tabel komt een aantal punten naar voren dat karakteristiek is voor het huidige energiesysteem. Ten eerste is zichtbaar dat aardgas een stuk goedkoper is dan elektriciteit. Ook zijn de belastingen en infrastructuurkosten van elektriciteit hoger. Ten tweede blijken duurzame energiedragers fors duurder dan fossiele energiebronnen. Dit geldt voor biodiesel, groene waterstof, elektriciteit en groengas.

2.7 Discussie

De energietransitie, zoals die ook zichtbaar is in de in dit hoofdstuk gepresenteerde cijfers, gaat gepaard met maatschappelijk debat. Zonder de pretentie te hebben volledig te zijn hebben we in deze paragraaf een aantal vraagstukken uit dat maatschappelijk debat kort benoemd. Veel van die vraagstukken hebben betrekking op elektriciteit, aangezien dat - zoals bleek uit dit hoofdstuk - een veel belangrijker energiedrager gaat worden binnen het systeem.

- **Netcongestie elektriciteit en verdelen van schaarse capaciteit.** De snelle groei van vraag en teruglevering van elektriciteit is uit de pas gaan lopen met de uitbreiding van de netcapaciteit. Netcongestiemanagement is een manier om met die (tijdelijke) mismatch om te gaan. Het debat gaat over de vraag hoe de schaarse resterende capaciteit te verdelen, naast de discussies over de vraag hoe te zorgen dat het capaciteitstekort zo snel mogelijk kan worden opgelost.
- Een algemene vraag die opkomt bij dit hoofdstuk is **het belang van leveringszekerheid**, wat dat mag kosten, en wie welk deel van die kosten draagt. Er is in de huidige situatie een hoge mate van importafhankelijkheid. Het toekomstig systeem brengt weer andere risico's met zich mee voor de leveringszekerheid, bijvoorbeeld met betrekking tot onderzeese kabels.
- **Wie betaalt voor welke netcapaciteit?** Bij de aardgasnetten betalen bijvoorbeeld zowel invoeders als afnemers mee aan de netcapaciteit, bij elektriciteit alleen de afnemers. Er is debat of er niet ook bij elektriciteit sprake zou moeten zijn van een invoedtarief,



voor bijvoorbeeld wind- en zonneparken. Ook is er bijvoorbeeld discussie over de net-tarieven die elektrolysers moeten betalen, waarbij weer meespeelt dat een elektrolyser juist een oplossing zou kunnen bieden voor tijdelijke overschotten aan elektriciteit.

- **Stoppen salderingsregeling elektriciteit.** Door de salderingsregeling loopt de elektriciteitsmeter van een woning terug als de zonnecellen meer elektriciteit leveren dan de woning of het bedrijf op dat moment gebruikt. De waarde van de teruggeleverde elektriciteit is daarmee even hoog als die van de elektriciteit die de gebruiker op een ander moment van zijn leverancier koopt, een situatie die niet de marktomstandigheden weergeeft. Het nieuwe kabinet wil de salderingsregeling per 2027 stoppen.
- **Eerlijke verdeling van de energietransitie.** Subsidies zoals voor elektrische auto's, zonnecellen en warmtepompen komen meer dan gemiddeld terecht bij hogere inkomens. Door verhoging van de energiebelasting stijgen de kosten van energiegebruik, wat enerzijds een prikkel is voor energiebesparing, maar waarbij ook bekend is dat niet iedereen in staat is 'te bewegen', en dat met name huishoudens met lagere inkomens geconfronteerd worden met hogere kosten en geen of minder gebruik kunnen maken van de beschikbare subsidies om te verduurzamen.
- Van een heel andere aard is de vraag of de beleidsdoelstelling '**klimateutraal**' moet zijn, of '**fossielvrij c.q. hernieuwbaar**'. In dat debat speelt naast CCS ook kernenergie een rol, en de vraag welke rol de overheid daarbij zou moeten spelen. Hier speelt mee dat fossielvrij een stuk lastiger en duurder is dan klimateutraal (Publieke Zaken B.V. et al., 2024).
- Bij het **opbouwen van het waterstofsysteem**, met een landelijk net waarop aanbieders en afnemers worden aangesloten en ook een 'nationale' waterstofopslag, speelt onder andere de vraag hoe de marktordening eruit zou moeten zien (wie mag en moet wat?).
- Het **ruimtebeslag van de energievoorziening** leidt ook tot maatschappelijk debat, zowel het bovengronds als het ondergronds ruimtebeslag. Bij dat laatste speelt ook de ondergrond, met gasopslag, geothermiewinning, en zorgen over mogelijke bodemdaling, veiligheid, waardedaling van vastgoed, etc.

3 De effecten op publieke middelen

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat over de rol van winningsbedrijven (olie, gas en zout) en publieke partijen in het energiesysteem en de effecten hiervan op de publieke middelen.

We beschouwen hierbij eerst de belangrijkste spelers rond de delfstoffenwinning. Hierna gaan we in op activiteiten van winningsbedrijven op andere onderdelen van het energiesysteem dan delfstoffenwinning. Hierna beschrijven we het instrumentarium om de energietransitie te faciliteren en versnellen. Tot slot bekijken we wat het effect van deze onderdelen is op de publieke middelen.

3.2 Belangrijkste publieke spelers rond de delfstoffenwinning

Staatsdeelnemingen zijn bedrijven waarvan de overheid, soms gedeeltelijk, eigenaar is. De belangrijkste staatsdeelneming betrokken bij delfstoffenwinning is Energie Beheer Nederland (EBN). Gasunie en Gasterra spelen indirect een rol. Hiernaast speelt het ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG) (voorheen Economische Zaken en Klimaat; EZK) een belangrijke rol. Wij geven hier een korte omschrijving van deze spelers en hun rol.

EBN

EBN is een besloten vennootschap met de Nederlandse Staat als enig aandeelhouder. Het beheer van de aandelen is ondergebracht bij het ministerie van Klimaat en Groene Groei. EBN is een beleidsdeelneming. Een beleidsdeelneming is een vennootschap waarbij de rollen van aandeelhouder en beleidsmaker bij één minister zijn belegd. In de statuten is vastgelegd dat belangrijke besluiten de goedkeuring van de aandeelhouder vereisen. EBN draagt jaarlijks dividend af aan het ministerie.

EBN heeft de wettelijke taak om het belang van de Nederlandse Staat te behartigen in de olie- en gaswinning in de Nederlandse ondergrond. Hiernaast is EBN sinds enkele jaren verplicht deelnemer (voor 20 tot 40%) in elk nieuw aardwarmteproject. Ook neemt EBN deel aan de CO₂-opslagprojecten Porthos en Aramis en aan andere projecten die CO₂-opslag onder de Noordzee mogelijk maken. EBN heeft een adviserende rol aan het ministerie van KGG over het energie- en klimaatbeleid.

Momenteel heeft EBN nog een belang van 40% in GasTerra. Eind 2026 zal GasTerra ophouden met bestaan vanwege het sluiten van het Groningenveld. In de Maatschap Groningen heeft EBN een financieel belang van 40% (EBN, 2024a).

Gasunie

Gasunie beheert en onderhoudt de infrastructuur voor grootschalig transport en opslag van gassen in Nederland en Noord-Duitsland. Gasunie biedt transportdiensten aan voor aardgas en groengas via haar dochterondernemingen Gasunie Transport Services B.V. (GTS) in Nederland en Gasunie Deutschland in Duitsland. Gasunie is een naamloze vennootschap. Alle aandelen zijn in handen van de Staat der Nederlanden, vertegenwoordigd door het ministerie van Financiën.



Gasunie neemt ook deel aan projecten gericht op verduurzaming van het energiesysteem, zoals de ontwikkeling van een waterstofnetwerk in Nederland en in Duitsland, en een warmtetransportsysteem in de provincie Zuid-Holland (Gasunie, 2024b).

GasTerra

GasTerra is groothandelaar in aardgas. Het eigendom van GasTerra is verdeeld over de Staat der Nederlanden (50%: 10% direct en 40% via EBN), Shell (25%) en ExxonMobil (25%). Vanwege het stopzetten van de gaswinning uit het Groningenveld stopt GasTerra per 2026 met bestaan (GasTerra B.V., 2024).

Ministerie van KGG

Het ministerie van KGG is verantwoordelijk voor de mijnbouwactiviteiten. Hieronder vallen onder meer:

- Het behandelen van aanvragen en vergunningen voor het opsporen en winnen van olie, gas en zout op land en zee, het opslaan van CO₂ en het winnen van aardwarmte in de diepe ondergrond.
- In veel gevallen is de minister het bevoegd gezag voor de omgevingsvergunning. Indien provincie of gemeente het bevoegd gezag heeft, fungeert de minister als adviseur.
- Het jaarlijks vaststellen van het gaswinningsniveau uit het Groningenveld.

Ook de ontmanteling van het Groningenveld en Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) vallen onder de verantwoordelijkheid van KGG. Op grond van de Mijnbouwwet is het ministerie verantwoordelijk voor alle maatregelen die redelijkerwijs geveerd kunnen worden om te voorkomen dat de veiligheid wordt geschaad als gevolg van de gaswinning uit het Groningenveld. Deze operatie heeft geleid tot oprichting van het Instituut Mijnbouwschade Groningen (IMG) (afhandeling van schademeldingen), Adviescollege Veiligheid Groningen (AVG) en uitvoeringsorganisatie Nationaal Coördinator Groningen (NCG) (Tweede Kamer der Staten-Generaal, 2023).

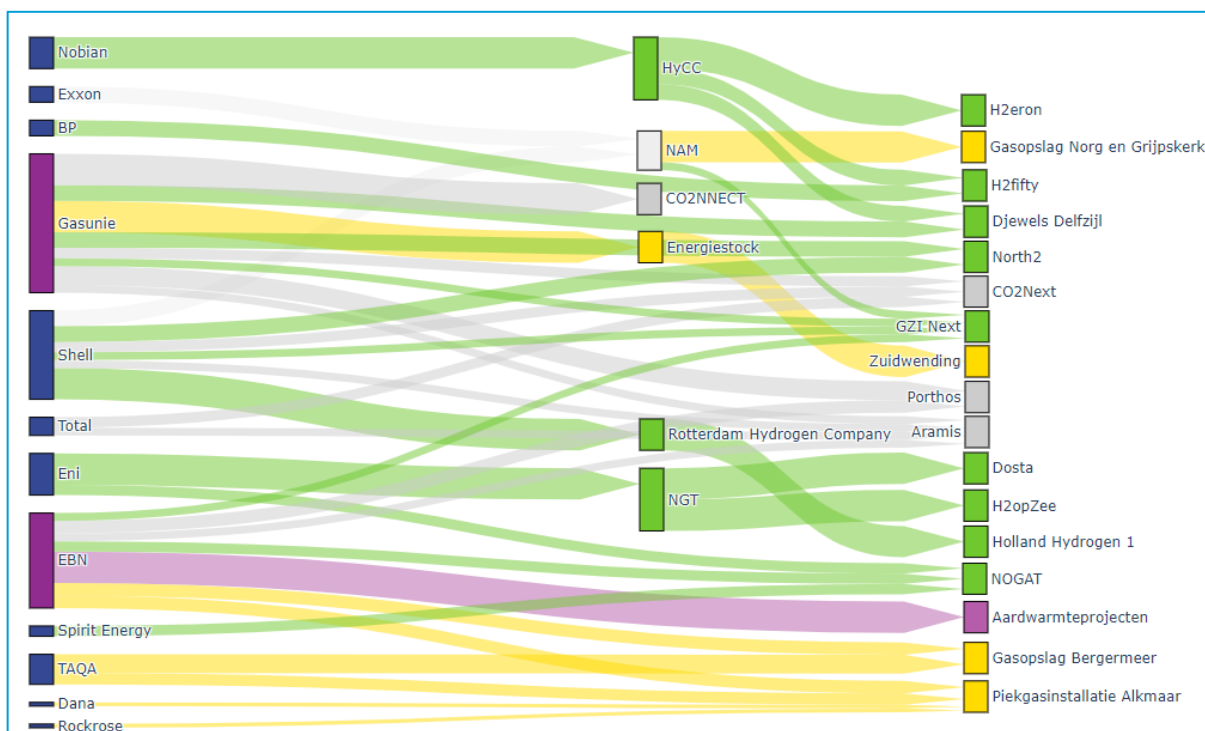
3.3 Bredere betrokkenheid van winningsbedrijven bij het energiesysteem

Winningsbedrijven van olie, zout en gas zijn ook betrokken bij projecten rondom andere onderdelen van het energiesysteem dan winning. Het gaat hierbij hoofdzakelijk om:

- transport en de opslag van aardgas in ondergrondse aardgasvelden;
- projecten rondom de productie van waterstof en het creëren van een waterstof-infrastructuur;
- projecten rondom de opslag van CO₂ (Carbon Capture en Storage; CCS);
- aardwarmte.

Figuur 12 geeft een overzicht van de betrokkenheid van de winningsbedrijven (inclusief staatsdeelnemingen) bij de verschillende projecten. Hierbij geeft de kleur aan om welk type activiteit het gaat: geel is gasopslag, lichtgroen is waterstof, grijs is CCS en paars is aardwarmte. Aan de linkerkant van de figuur staan de winningsbedrijven en staatsdeelnemingen; eventueel staat in het midden een samenwerkingsverband en aan de rechterkant staan de projecten. Betrokken partijen buiten de sector staan niet in de figuur. Informatie is gebaseerd op publieke bronnen en kan derhalve niet volledig of niet volledig actueel zijn. Investerings in zonne- en windenergie en biomassa zijn niet meegenomen in de analyse. Betrokkenheid kent verschillende vormen: van investeerder, tot beheerder en industrieel partner.

Figuur 12 - Systematisch overzicht van betrokkenheid van winningsbedrijven en staatsdeelnemingen aan het energiesysteem, anders dan winning



Geel is gasopslag; lichtgroen is waterstof; grijs is CCS en paars is aardwarmte.

We zien ten eerste dat Gasunie en EBN vanuit hun rol als staatsdeelneming actief participeren in diverse projecten. Van de winningsbedrijven houdt een aantal zich alleen bezig met olie- en gaswinning, deze zijn niet te zien in de figuur. Andere bedrijven hebben een actief belang in andere activiteiten, breder dan de winning van olie, aardgas en zout, en gericht op de toekomstbestendigheid van het energiesysteem en de eigen bedrijfsvoering.

Carbon Capture en Storage (CCS)

Opslag van CO₂ biedt industriële bedrijven een mogelijkheid om emissies naar de atmosfeer te reduceren, en leidt voor de winningsbedrijven tot een verwaarding van lege aardgasvelden. Verschillende winningsbedrijven en staatsdeelnemingen Gasunie en EBN zijn betrokken bij de ontwikkeling van één of meerdere projecten rondom de opslag van CO₂ (Gasunie, 2024a):

- Binnen het project **CO2next** onderzoeken Gasunie, Vopak, Shell en Total Energies de haalbaarheid van de bouw van een zelfstandige terminal voor ontvangst en levering van vloeibare CO₂ op de Maasvlakte.
- Aramis is de naam van een project dat zich richt op het realiseren van een nieuwe infrastructuur van CO₂ vanaf land naar platforms onder de Noordzee. Hier zijn EBN, Gasunie, Shell en Total Energies bij betrokken.
- Bij het project Porthos wordt CO₂ van de industrie in de Rotterdamse haven afgevangen, getransporteerd en opgeslagen in lege gasvelden onder de Noordzee. Het is een project van Havenbedrijf Rotterdam, Gasunie en EBN. Opslag vindt plaats in de velden van Shell, Total, Petrogas, Wintershall en Eni. Shell is één van de vier potentiële klanten.
- CO2NNECT is een terminal voor de aanvoer van vloeibaar gemaakte CO₂. Gasunie en Vopak werken hier samen aan.

Gasopslag

Gas kan zowel voor kortere als langere tijd worden opgeslagen, bijvoorbeeld in lege aardgasvelden of zoutcavernes. De opslag van gas draagt bij aan de leveringszekerheid en voorzieningszekerheid. Leveringszekerheid van energie wordt steeds belangrijker naarmate het energiesysteem meer afhankelijk wordt van variabele energiebronnen zoals zon en wind. Door het opslaan van aardgas blijft er ook tijdens piekvraag voldoende aardgas beschikbaar. Middels kortetermijnopslag kan er snel gereageerd worden op dagelijkse schommelingen in vraag en aanbod op de gasmarkt. Seizoensopslag houdt in dat er in de zomer gas wordt opgeslagen om te voorzien in de hogere gasvraag in de winter. Het borgen van voorzieningszekerheid draagt ook bij aan een stabiele gasmarkt met minder prijsfluctuaties en is gunstig voor de economie. Het is in het nationaal belang om gasopslagen voldoende gevuld te hebben, zodat de opslagen kunnen worden ingezet bij een tekort aan gas. Gasopslag vindt al langere tijd plaats in lege gasvelden. Projecten zijn:

- Gasopslag Bergermeer is geschikt voor seizoenopslag. De opslag wordt beheerd door TAQA. TAQA heeft 60% van de aandelen, EBN 40%.
- De Piekgasinstallatie in Alkmaar (PGI) levert extra gas aan het landelijke gasnet bij een sterk verhoogde gasvraag, bijvoorbeeld tijdens vorstperiodes. Aandelen zijn in handen van TAQA (36%), EBN (40%), Dana (12%) en Rockrose (12%).
- De gasvelden in Norg en Grijskerk worden geëxploiteerd door de NAM (Shell en Exxon), en worden tegenwoordig gebruikt voor de opslag van laagcalorisch gas.
- De Zuidwending is een gasopslag, beheerd door Energystock (Gasunie). Hier wordt nu in zes zoutcavernes aardgas opgeslagen. Er worden vier extra cavernes ontwikkeld voor waterstofopslag.

Op termijn kunnen lege gasvelden en zoutcavernes ook gebruikt worden voor andere vormen van energieopslag, zoals waterstof of perslucht.

Waterstof

Groene waterstof is voor verschillende sectoren (industrie, mobiliteit) een optie om te verduurzamen. Waterstof kan ook als energiedrager gebruikt worden om energie groot-schalig op te slaan. Er zijn verschillende projecten waar olie-, gas- en zoutbedrijven aan deelnemen. We noemen hier de projecten waar de winningsbedrijven en/of staatsdeel-nemingen EBN en Gasunie bij betrokken zijn.

- Shell is eigenaar van de Rotterdam Hydrogen Company (RHC). RHC is bezig om een 200 MW elektrolyzer te bouwen (Holland Hydrogen 1).
- HyCC is een joint venture van Nobian en Macquarie's Green Investment Group. Het houdt zich bezig met de ontwikkeling van grootschalige elektrolyseprojecten in Nederland (Djewels Delfzijl, H2eron, H2fifty, H2ermes, H2era) en Duitsland. BP en Gasunie zijn partner bij een aantal projecten.
- Nogat en NGT exploiteren gasleidingen, deze zijn inmiddels ook geschikt voor waterstof. NOGAT wordt beheerd door Eni. Eigenaren zijn Eni, EBN, PGGM en Spirit Energy. NGT is eigendom van Eni en buitenlandse partijen. Zij participeren in diverse projecten, zoals Dosta (energieopslag + waterstof) en H2opzee.
- North2 is een consortium van Shell, Eneco, Equinor en RWE. Ook Gasunie en Groningen Seaports zijn betrokken. Plan is om een grootschalige elektrolyzer in de Eemshaven te realiseren.
- GZI Next is de naam van groene energiehub die moet verrijzen op de locatie van de voormalige en reeds gesloopte gasontzwapelingsinstallatie in Emmen. Partners zijn onder meer Gasunie, EBN, NAM en Shell. In eerste instantie was het plan om één grote waterstoffabriek te bouwen. Dat worden nu twee kleinere.



Aardwarmte

Ten slotte is EBN wettelijk verplicht deelnemer aan aardwarmteprojecten. Ook Gasunie participeert in warmteprojecten, zoals het warmtetransportleidingensysteem Warmteling in de provincie Zuid-Holland (niet in figuur). Aardwarmte is een alternatief voor fossiele warmte, en draagt dus bij aan een fossielvrij energiesysteem.

3.4 Instrumenten voor de energietransitie

In deze paragraaf gaan we in op de klimaatdoelen en bijbehorende instrumenten die de Rijksoverheid inzet om een duurzame energietransitie te bevorderen, met daarbij de focus op instrumentarium relevant voor de winningsbedrijven. In de volgende paragraaf gaan we dieper in op het budgetbeslag.

In het Nederlandse klimaatbeleid staat het doel om in 2030 55% minder broeikasgassen uit te stoten, en te streven naar 60%, centraal. Hernieuwbare energie en energiebesparing zijn belangrijke wegen om dit doel te halen. Het klimaatbeleid is vormgegeven binnen vier energievraagsectoren: gebouwde omgeving, landbouw en landgebruik, mobiliteit en industrie en één energieleverende sector, elektriciteit/energiesysteem (CE Delft, 2024). De afgelopen jaren heeft Nederland ruim 200 instrumenten ingezet om klimaatdoelen te halen en de energietransitie te bevorderen.

Relevant instrumentarium voor de winningsbedrijven betreffen met name instrumenten voor de sectoren Industrie en Elektriciteit/energiesysteem. Binnen deze sectoren worden verschillende typen instrumenten ingezet, passend bij de fase van transitie.

Centrale instrumenten om CO₂ te reduceren binnen de industrie zijn de Wet Milieubeheer, de Nationale CO₂-heffing (in aanvulling op het EU ETS, het Europese Emissiehandelssysteem) en de SDE++-subsidie om bedrijven te ondersteunen bij het reduceren van CO₂-emissies. Enerzijds verhoogt de nationale CO₂-heffing de kosten om CO₂-uit te stoten, anderzijds verlaagt de SDE++ de kosten om te investeren in duurzame technologieën.

Met de hervorming van het energiesysteem zal waterstof als energiedrager een steeds belangrijkere rol spelen. In eerste instantie heeft de overheid de ontwikkeling van de waterstofmarkt overgelaten. De overheid heeft echter een actievere rol aangenomen, omdat bleek dat er sprake was van een kip-of-eiprobleem. Gasunie heeft daarom een belangrijke rol gekregen bij de ontwikkeling van de waterstofbackbone. Daarnaast wordt de productie en gebruik van waterstof door een mix van instrumenten gestimuleerd: subsidiëring via Subsidieregeling Opschaling volledig hernieuwbare waterstofproductie via elektrolyse (OWE) en IPCEI, organisatie via het Nationaal Programma Waterstof, co- en zelfregulering via de Routekaart waterstof en de communicatie via de Kabinetsvisie.

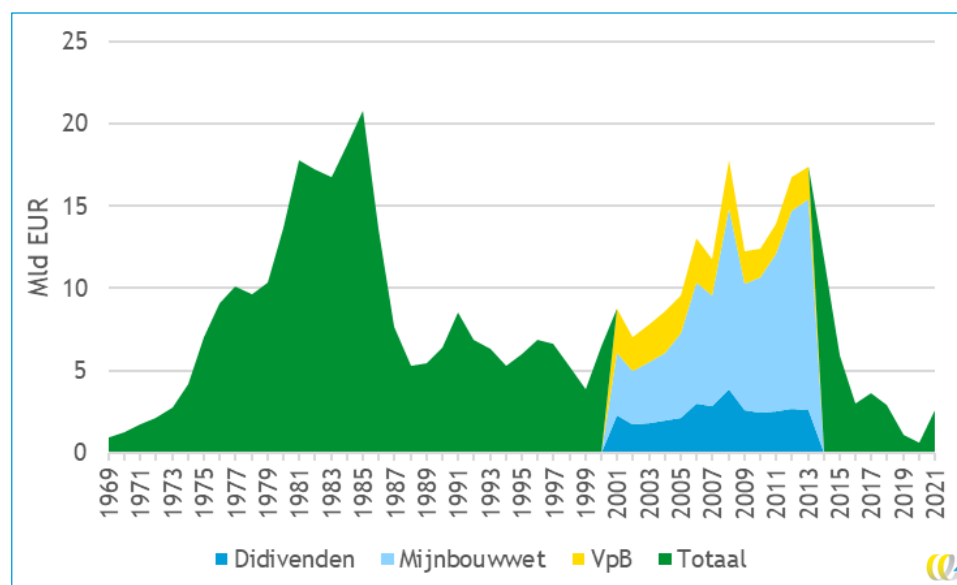
3.5 Effect op de publieke middelen

3.5.1 Historische ontwikkeling

De olie-, gas en zoutwinning hebben historisch een belangrijke bijdrage geleverd aan de Nederlandse staatsfinanciën. Figuur 13 geeft een overzicht van de aardgasbaten van 1969 tot 2021, in prijzen van 2021. Onder deze aardgasbaten vallen de dividenden van staatsdeelnemingen, de inkomsten uit grond en minerale reserves (cijns, oppervlakterecht, winst-aandeel) (ofwel opbrengsten conform mijnbouwwet) en vennootschapsbelasting. Onder aardgasbaten vallen ook de winsten uit oliewinning, dit betreft echter een beperkt deel.

Te zien is dat de baten fluctueren over de tijd. De hoogte van de baten hangt met name af van de marktprijs van aardgas en aardolie, die de winstgevendheid van de winningsbedrijven bepaalt, en de hoeveelheid gewonnen aardgas en aardolie. Sinds 2015 nemen de baten sterk af, en deze zullen met de sluiting van het Groningerveld snel verder dalen. Voor de periode 2001-2013 zijn meer gedetailleerde data beschikbaar (zie Figuur 13), met daarin onderscheid naar type inkomstenbron. Inkomsten uit de Mijnbouwwet zijn de belangrijkste, maar ook meest volatiele inkomstenbron. Na 2013 is dit onderscheid niet meer gemaakt.

Figuur 13 - Overzicht van de aardgasbaten van 1969 tot 2021, in prijzen van 2021



Bron data: (CBS, 2022a).

3.5.2 Huidige situatie en doorkijk naar de toekomst

Inkomsten en uitgaven gerelateerd aan de olie-, gas- en zoutwinning

Om een inschatting te maken van de publieke inkomsten en uitgaven gerelateerd aan de delfstoffenwinning, maken we gebruik van de volgende bronnen:

- De meest recente begroting van het ministerie van EZK (thans KGG) (Tweede Kamer der Staten Generaal, 2024) is van Prinsjesdag 2024. Beleidsartikel 5 betreft hier ‘Een veilig Groningen met perspectief’. Op beleidsartikel 5 staan alle inkomsten en uitgaven die gepaard gaan met de versterkingsactie in Groningen en het Norg-akkoord. Ook staan op dit beleidsartikel een deel van de aardgasbaten (ontvangst van Mijnbouwwet en dividenden). Vennootschapsbelasting staat op de begroting van het ministerie van Financiën.
- Ook relevant is Beleidsartikel 4 ‘Een doelmatige energievoorziening en beperking van de klimaatverandering’. Hierop staan inkomsten en uitgaven gericht op het realiseren van de klimaatdoelen. Hierop staan ook de ETS-inkomsten, inkomsten uit zoutwinning en inkomsten van de geplande heffing voor gasleveringszekerheid. Ook staan hierop de uitgaven aan bijvoorbeeld subsidies voor waterstof en CCS, waar ook de winningsbedrijven gebruik van maken (zie volgende paragraaf).
- In de database van NL-EITI (NL-EITI, 2024b) staan gegevens over de betaalde vennootschapsbelasting (VpB) door de bedrijven uit de sector voor de jaren 2022 en 2023. Deze gegevens kunnen niet op sectorniveau worden afgeleid van het ministerie van

Financiën.³ De database geeft ook de solidariteitsbijdrage, dit is een extra afdracht die bedrijven moesten doen in het kader van de hoge winsten die gemaakt zijn over 2022. Het is onduidelijk op welke begroting deze bijdrage staat.

- Een aantal olie- en gaswinningsbedrijven neemt deel aan het emissiehandelssysteem EU ETS. Indien zij onvoldoende gratis rechten hebben, kunnen zij een deel van de rechten via een veiling bijkopen. Opbrengsten hiervan komen ten gunste van de Nederlandse staat (Beleidsartikel 4, begroting ezkez). In 2023 leverde de verkoop van CO₂-rechten meer dan € 1 miljard op (NEa, 2024b). Het is niet bekend welk deel hiervan door de olie- en gasector is gekocht. Bij onvoldoende rechten kunnen zij ook rechten van andere bedrijven kopen. We veronderstellen daarom dat dit deel gelijk is aan het deel van de emissies van de sector dat onder het EU ETS valt (NEa, 2024a).

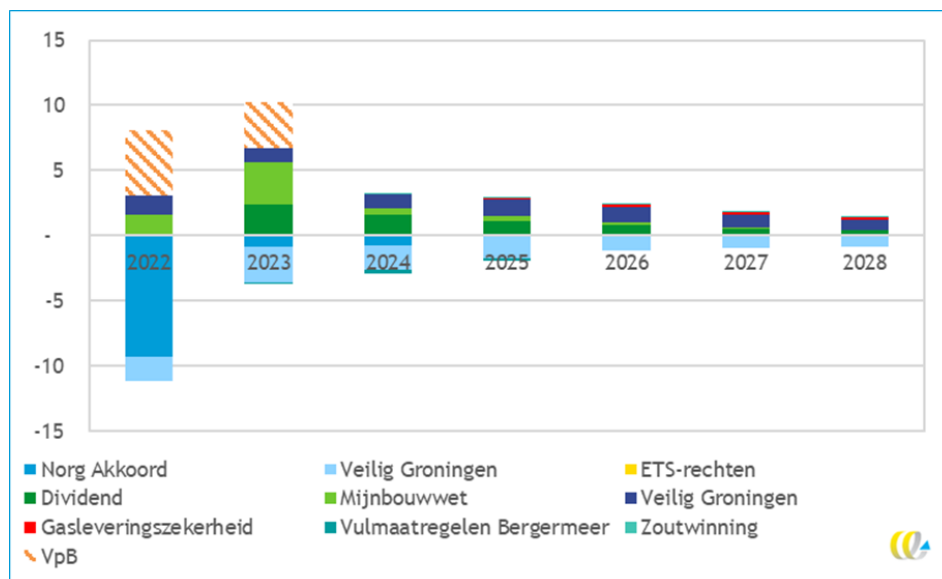
In Figuur 14 is een overzicht te zien van inkomsten en uitgaven, exclusief uitgaven in het kader van het klimaatbeleid. De jaren 2022-2023 zijn realisaties; de overige jaren begroot. Voor vennootschapsbelasting zijn er geen begrote bedragen.

In was er 2022 sprake van een negatief overheidssaldo door betalingen voor het Norg Akkoord. Dit betreft een akkoord tussen de Staat, Shell, ExxonMobil en NAM ten aanzien van onder meer afbouw van gaswinning uit het Groningenveld en ondergrondse gasopslag Norg. De gaswinningsbedrijven hebben een vergoeding ontvangen van de Staat ter compensatie van de versnelde afbouw van de gaswinning. In 2023 was het saldo positief; overheidsuitgaven waren lager dan de inkomsten. Na 2023 kan geen saldo worden bepaald, omdat toekomstige opbrengsten uit vennootschapsbelasting niet bekend zijn. Het ministerie van KGG geeft ook garanties en leningen. Deze staan niet in deze figuur, omdat het in principe niet tot uitgaven leidt. Wel stimuleert dit de activiteiten van de winningsbedrijven. Hiernaast zijn er uitgaven in het kader van het klimaatbeleid, de winningsbedrijven kunnen hier ook aanspraak op maken. We gaan hier in de volgende paragraaf op in.

³ Bedragen lijken aan de hoge kant te zijn; de betaalde VpB is fors hoger dan de ontvangsten uit de Mijnbouwwet. Bedrijven moeten over hun winst voor belasting 50% winstaandeel betalen, over het resterende bedrag betalen zij rond de 20% VpB. Historisch gezien is het aandeel VpB in de aardgasbaten steeds verder gedaald, onder meer door het lagere VpB-percentage. In 2010-2013 waren de ontvangsten uit de Mijnbouwwet (winsttaandeel, oppervlakterecht, cijns) ruim vijf keer zo hoog als de betaalde VpB (CBS, 2022a).



Figuur 14 - Inkomsten en uitgaven gerelateerd aan delfstoffenwinning in Nederland, 2022-2028



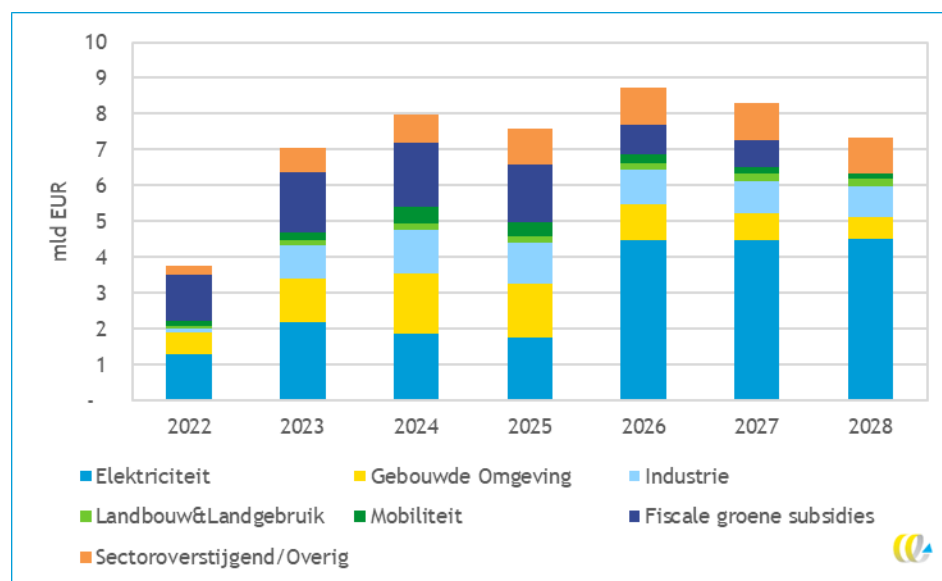
Bronnen: (NL-EITI, 2024a; Tweede Kamer der Staten-Generaal, 2023).
 VpB is alleen voor 2022 en 2023 en gebaseerd op gegevens uit sector.

Uitgaven aan instrumenten voor de energietransitie

Uitgangspunt hiervan is de Klimaatnota 2023 (oktober 2023) (Ministerie van EZK, 2023). Hierop staan alle instrumenten, bijdragen en opdrachten die op de begrotingen van verschillende ministeries terug zijn te vinden.

In Figuur 15 geven we een overzicht van de instrumenten uit de Klimaatnota. We zien dat uitgaven vanaf 2023 jaarlijks rond de € 7 miljard liggen. In de periode tot 2025 gaat er nog relatief veel geld naar de gebouwde omgeving (Nationaal Isolatie Programma) en fiscale groene subsidies (onder meer fiscale stimulering EV-personenauto's). Na 2025 gaat een groot deel van de uitgaven naar de elektriciteitssector, met name voor SDE+(+).

Figuur 15 - Uitgaven aan instrumenten, 2022-2028, mld €



Bron: (Ministerie van EZK, 2023).

Tabel 2 en Tabel 3 geven een overzicht van de instrumenten met het grootste budgetbeslag in 2024 en 2028. Schuingedrukt zijn de instrumenten die ook voor de winningsbedrijven relevant zijn, het gaat hierbij om:

- IPCEI-waterstofsubsidie voor impactvolle projecten voor waterstofproductie.
- Het opschalingsinstrument waterstof (OWE) biedt subsidie voor projecten voor volledig hernieuwbare waterstofproductie via elektrolyse.
- SDE++ biedt overbrugging van de onrendabele top van projecten rondom onder meer CO₂-arme productie. Relevante subsidiabele categorieën zijn CO₂-afvang en -opslag in lege gasvelden op zee en waterstof door elektrolyse.
- Ook uitvoeringskosten zijn een belangrijke kostenpost.

Tabel 2 - Instrumenten met het grootste budgetbeslag, 2024, mln €. Schuingedrukt zijn de instrumenten die ook voor de winningsbedrijven relevant zijn.

Sector	Type	Instrument	Mln €
Elektriciteit	Subsidie	ISDE-regeling	686
Gebouwde Omgeving	Bijdrage aan mede-overheden	Nationaal Isolatie Programma (Lokale aanpak woningisolatie)	632
Fiscale groene subsidies	Fiscaal	EB-salderingsregeling	564
Sectoroverstijgend/Overig	Bijdrage aan mede-overheden	Uitvoeringskosten klimaat medeoverheden	527
Fiscale groene subsidies	Fiscaal	Fiscale stimulering EV personenauto's (KA-pakket)	483
<i>Industrie</i>	<i>Subsidie</i>	<i>IPCEI waterstof</i>	396
<i>Industrie</i>	<i>Subsidie</i>	<i>Opschalingsinstrument waterstof</i>	389
Gebouwde Omgeving	Subsidie	Verduurzaming Maatschappelijk Vastgoed	384
Elektriciteit	Subsidie	SDE+ (incl. flankerend beleid en Net op Zee)	307
<i>Elektriciteit</i>	<i>Subsidie</i>	<i>SDE++ (incl. kolenmaatregelen en statistische overdracht)</i>	280

Bron: (Ministerie van EZK, 2023).

Tabel 3 - Instrumenten met het grootste budgetbeslag, 2028, mln €. Schuingedrukt zijn de instrumenten die ook voor de winningsbedrijven relevant zijn.

Sector	Type	Instrument	Mln €
Elektriciteit	Subsidie	SDE+ (incl. flankerend beleid en Net op Zee)	2.631
<i>Elektriciteit</i>	<i>Subsidie</i>	<i>SDE++ (incl. kolenmaatregelen en statistische overdracht)</i>	<i>1.115</i>
Sectoroverstijgend/ Overig	Bijdrage aan mede-overheden	Uitvoeringskosten klimaat medeoverheden	812
Elektriciteit	Subsidie	SDE	473
Industrie	Subsidie	Investerings waterstofbackbone	277
Gebouwde Omgeving	Subsidie	Verduurzaming Maatschappelijk Vastgoed	275
<i>Industrie</i>	<i>Subsidie</i>	<i>Opschalingsinstrument waterstof</i>	<i>202</i>
<i>Industrie</i>	<i>Subsidie</i>	<i>IPCEI Waterstof</i>	<i>178</i>
Landbouw en Landgebruik	Subsidie	Glastuinbouw en weerbare planten en teeltsystemen	124
Industrie	Subsidie	Investerings Verduurzaming Industrie - Klimaatfonds	118

Bron: (Ministerie van EZK, 2023).

In de Klimaatnota zijn alleen instrumenten te zien die op de begroting staan, hierdoor mist bijvoorbeeld het normerend beleid (zoals de Energiebesparingsplicht, Afnameverplichting Waterstof of eisen voor verwarming). In het algemeen verschuift binnen een transitie het instrumentarium van subsidiëring naar meer normerend en beprijzend beleid.

Effect van ‘nieuwe’ activiteiten van winningsbedrijven op de publieke middelen

De ‘nieuwe’ activiteiten van winningsbedrijven leiden op korte termijn met name tot uitgaven aan stimuleringsmaatregelen. Op langere termijn kan het direct bijdragen aan extra inkomsten middels VpB en dividend van staatsdeelnemingen. Ook draagt het bij aan het behalen van klimaatdoelen. Indirect kan het bijdragen aan de weerbaarheid van de economie, door bijvoorbeeld het mitigeren van prijsschokken op de gasmarkt. Per type activiteit benoemen we de belangrijkste uitgaven van de overheid.

Gasopslag

- In 2023 is de subsidiemaatregel Garantie Gasopslag Bergermeer in het leven geroepen. Deze regeling is erop gericht om marktpartijen (en EBN) te stimuleren om de gasopslag te vullen, ook bij een negatieve spread (verschil tussen zomer- en winterspread). De subsidie werd in eerste instantie uit de publieke middelen betaald, maar dit is vervangen door de Heffing Gasleveringszekerheid. Hierbij betalen gebruikers van het Nederlandse hogedrukgasnet vanaf 2024 tot en met 2027 een heffing.

CCS

- Voor Porthos is een garantie afgegeven van € 175 miljoen. Hierdoor ligt een deel van het risico van het project bij de overheid.
- Een groot deel van de SDE++-budgetclaim in de afgelopen vier jaren is naar CCS-projecten gegaan, onder meer voor klanten van Aramis en Porthos. Zij krijgen de subsidie om het eventuele verschil te overbruggen tussen de ETS-kosten en de totale kosten

voor afvang, transport en opslag. Hoeveel daadwerkelijke subsidie wordt uitgegeven, is nog onzeker en hangt af van de marktprijs van CO₂, maar bijvoorbeeld in 2028 staat € 1 miljard begroot, waarvan dus een aanzienlijk deel voor CCS-projecten.

- Aramis, Porthos en CO₂-next hebben Europese subsidies ontvangen voor de ontwikkeling van infrastructuur. Aramis ontvangt € 124 miljoen; CO₂next € 33 miljoen en Porthos ruim € 100 miljoen (Energieia, 2024).

Waterstof

- IPCEI is een subsidie voor impactvolle projecten voor waterstofproductie. Onder meer de Rotterdam Hydrogen Company (Shell) (naar verluidt € 150 miljoen) en HyCC/H₂-Fifty BV hebben reeds aanspraak gemaakt op deze subsidie.
- Het opschalingsinstrument waterstof (OWE) biedt subsidie voor projecten voor volledig hernieuwbare waterstofproductie via elektrolyse. In 2023 hebben in totaal zeven partijen subsidie gekregen voor totaal € 200 miljoen en 100 MW elektrolysecapaciteit. Hier zitten geen winningsbedrijven bij. In 2024 komt er een nieuwe openstellingsronde.
- Er is SDE++-subsidie beschikbaar voor waterstofprojecten.

Warmteprojecten

- Er is SDE++ beschikbaar voor warmteprojecten.
- Er zijn middelen (€ 427 miljoen) gereserveerd voor een exploitatiesubsidie voor het project WarmtelinQ van Gasunie, verspreid over meerdere jaren.

3.6 Conclusie en discussie

Het sluiten van het Groningenveld en het veranderende energiesysteem heeft twee belangrijke gevolgen voor de publieke middelen.

Ten eerste lopen de baten die verbonden waren met het op voornamelijk fossiele bronnen gestoelde energiesysteem terug. Hier gaat het hoofdzakelijk om de aardgasbaten. Deze bedroegen tien jaar geleden nog maximaal € 17 miljard per jaar. Inmiddels gaat het nog om minder dan € 3 miljard, en dit zal verder dalen in komende jaren. Ook andere baten zoals ETS-inkomsten en belastingen in bredere zin op fossiele brandstoffen zullen teruglopen. De subsidies en andere financiële instrumenten om de klimaattransitie te bevorderen, zullen daarentegen groeien.

Ten tweede leidt de verandering van het energiesysteem tot een nieuwe rol en nieuwe activiteiten voor staatsdeelnemingen en winningsbedrijven. Naast de (afnemende) rol in de winning van olie, aardgas en zout, gaan zij zich steeds meer richten op projecten rond gasopslag en de ontwikkeling van CCS, waterstof en aardwarmte. Het ministerie van KGG stimuleert deze activiteiten middels subsidies, garanties en leningen vanuit de publieke middelen.

Dit leidt tot de volgende discussiepunten:

- Na het sluiten van het Groningenveld blijft de vraag bestaan in hoeverre er nog aardgas gewonnen moet worden uit de kleine velden (vooral op de Noordzee). Voordelen hiervan zijn dat het bijdraagt aan de voorzienings- en leveringszekerheid en het verminderen van importafhankelijkheid. Daarnaast is het beter voor het klimaat dan geïmporteerd gas (CE Delft, 2022a) en het zorgt voor extra staatsinkomsten. Aan de andere kant kan

beredeneerd worden dat winning van fossiele brandstoffen niet meer past in een strategie richting klimaatneutraal.

- Een groot deel van de SDE++-budgetten is toegekend aan CCS-projecten. Diverse winningsbedrijven en de staatsdeelnemingen EBN en Gasunie zijn betrokken bij deze projecten. Dit leidt ten eerste tot de vraag in hoeverre het wenselijk is dat CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen, terwijl er nog steeds fossiele brandstoffen worden ingezet. Een tweede vraag is of de overheid dit actief moet stimuleren, of haar middelen in moet zetten om daadwerkelijk fossielvrij te worden. Iets breder geformuleerd betreft het een maatschappelijk debat over sturen op klimaatdoelen of/en sturen op fossielvrij c.q. volledig hernieuwbaar.
- Opslag van energie in lege gasvelden of zoutcavernes draagt bij aan de leveringszekerheid en kan bijdragen aan de stabiliteit van het energiesysteem. Toch leidt ondergrondse opslag ook dikwijls tot bezorgdheid en onrust bij omwonenden, over bijvoorbeeld veiligheid, of over de mogelijke waardedaling van woningen. Ook zoutwinning en gaswinning zelf kunnen leiden tot zorgen om bodemdaling, schade en landschapsvervuiling. Hierdoor is er een maatschappelijke afweging nodig tussen het nationaal belang (leveringszekerheid, staatsinkomsten) en de zorgen en mogelijke schade bij omwonenden.
- Er is een brede maatschappelijke discussie over fossiele ‘subsidies,’ waaronder zaken als investeringsaftrek en degressieve energiebelasting worden verstaan. Volgens sommigen is het feit dat grote verbruikers zo per eenheid energie minder betalen dan kleinverbruikers niet in lijn met de klimaatdoelstellingen. Aan de andere kant kwam in dit hoofdstuk naar voren dat de fossiele kant van het energiesysteem ook (vooral in het verleden) veel heeft bijgedragen aan de schatkist. Een vervolgvraag bij dit punt is dat de energietransitie veel geld gaat kosten (zie Tabel 1) en dat er steeds minder inkomsten uit de fossiele kant komen om dit te bekostigen.

4 De effecten op klimaat en milieu (huidige situatie)

4.1 Inleiding

In dit onderdeel beschrijven we het effect van het energiesysteem op klimaat en milieu. Klimaateffecten betreffen veranderingen in het wereldklimaat, zoals opwarming van de aarde, veroorzaakt door broeikasgassen. Milieueffecten omvatten een breed scala aan impact op gezondheid, ecosystemen en biodiversiteit. In Hoofdstuk 2 hebben we de verschillende energiedragers voor Nederland in beeld gebracht. We kijken voor de effecten op klimaat en milieu weer naar dezelfde energiedragers: kolen, olie, aardgas, kernenergie, elektriciteit, warmte en biomassa. We doen dit aan de hand van het verbruik in 2021 van deze energiedragers, in vijf sectoren: elektriciteit, industrie, gebouwde omgeving, mobiliteit en landbouw. Het totale verbruik per sector en energiedrager per sector in 2021 is reeds weergegeven in Figuur 9 in Hoofdstuk 2.

4.2 Klimaateffect

Het klimaat op aarde wordt beïnvloed door broeikasgassen. Broeikasgassen zoals CO₂ en methaan komen van nature voor in de atmosfeer. Door de invloed van mensen en het gebruik van fossiele brandstoffen zijn er de afgelopen honderden jaar veel meer broeikasgassen in de atmosfeer gekomen. Door het grootschalig gebruik van fossiele brandstoffen, maar ook door het kappen van bossen en ander gewijzigd landgebruik op grote schaal, zit er nu circa 40% meer CO₂ in de lucht dan 250 jaar geleden (Milieu Centraal, n.d.). Dit zorgt voor het zogenoemde versterkte broeikasgaseffect, wat zorgt voor de opwarming van de aarde.

De belangrijkste broeikasgassen zijn koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄), lachgas (N₂O) en fluorgassen. CO₂ maakt ongeveer 75% van de totale broeikasgasuitstoot wereldwijd uit, daarnaast is de uitstoot van een deel van de andere broeikasgassen gerelateerd aan de CO₂-uitstoot (zoals methaanlek en affakkelen bij olie- en gaswinning) (IPCC, 2023).

Vanuit het energiesysteem wordt voornamelijk CO₂ uitgestoten, bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Hoeveel CO₂ wordt uitgestoten verschilt per energiedrager. Het verbranden van kolen zorgt bijvoorbeeld voor meer uitstoot dan de verbranding van aardgas. Om het totale klimaateffect te berekenen, moet er dus voor elke energiedrager een aparte emissiefactor worden toegepast. Deze factor geeft weer hoeveel gram CO₂-equivalenten⁴ worden uitgestoten per energie-eenheid van een energiedrager.

Door deze emissiefactor te vermenigvuldigen met het verbruik van de energiedrager in Nederland, brengen we in beeld hoeveel megaton broeikasgassen uitgestoten worden. We kijken hierbij naar broeikasgassen die zowel in Nederland worden uitgestoten bij de verbranding van de brandstoffen, als ook om emissies die elders op de wereld ontstaan bij

⁴ CO₂-equivalenten zijn een maatstaf die de impact van verschillende broeikasgassen op de opwarming van de aarde vergelijkt door ze om te rekenen naar de hoeveelheid CO₂ die dezelfde opwarmingspotentie heeft (waarvoor een bepaalde tijdsspanne wordt gekozen, meestal 100 jaar). Dit maakt het mogelijk om de totale broeikasgasemissies te berekenen en te vergelijken, ongeacht de soorten gassen.

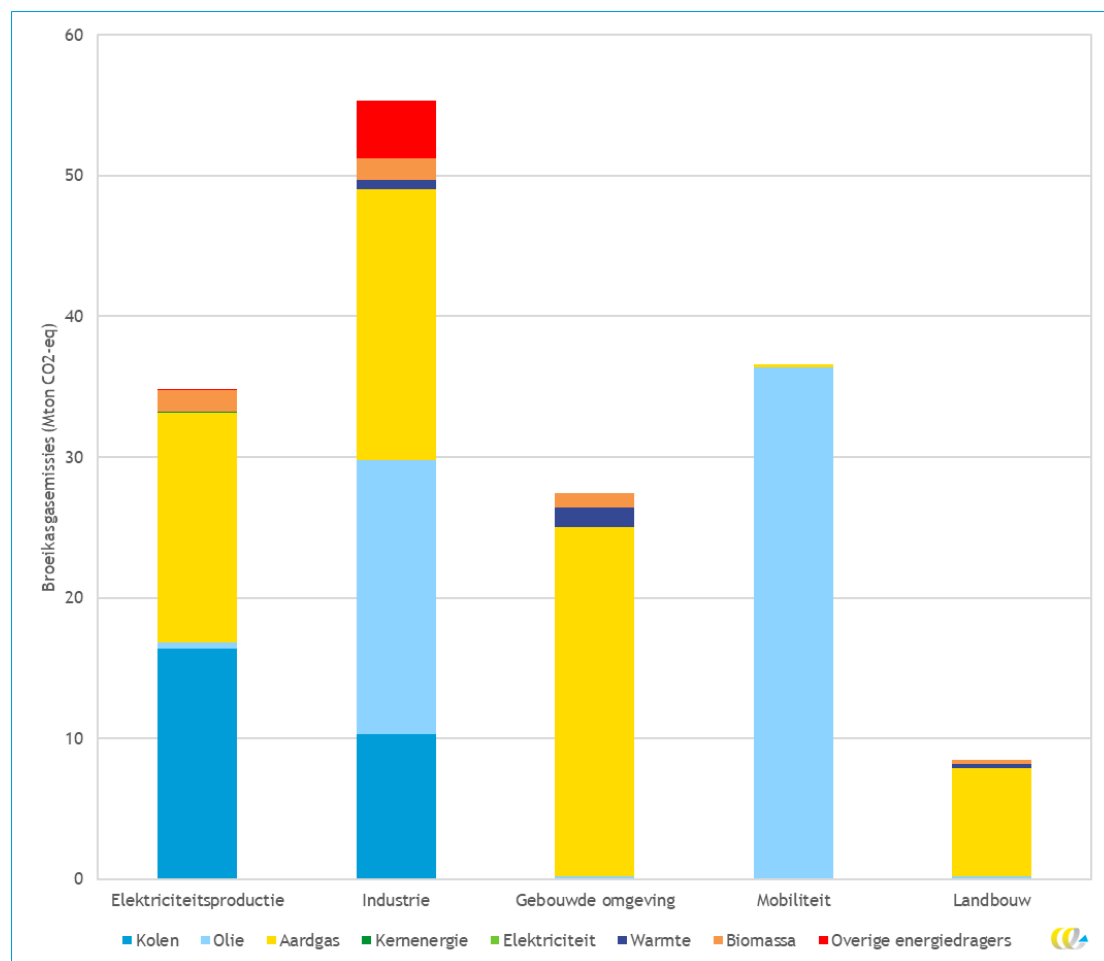


bijvoorbeeld de winning of transport. Voor het effect op het klimaat maakt het namelijk niet uit waar deze emissies plaatsvinden, aangezien broeikasgassen een mondiaal effect hebben. Het geeft daarom een completer beeld om deze totale uitstoot weer te geven.

Figuur 16 geeft per sector weer wat de totale uitstoot van broeikasgassen is gedurende de gehele keten van de energiedrager, het zogenoemde *well-to-wheel (WTW)*. Dit is op basis van het verbruik van verschillende energiedragers in Nederland, zoals beschreven is in Paragraaf 2.4.. Het gaat hierbij uitsluitend om het energetisch gebruik van energiedragers binnen Nederland. Niet-energetisch gebruik en energiedragers in bunkers⁵ worden niet meegenomen.

In de sectoren Industrie, Gebouwde Omgeving, Mobiliteit en Landbouw wordt elektriciteit gebruikt. De emissies die hierbij vrijkomen zijn volledig toegekend aan de elektriciteitsproducerende sector, op basis van de energiedragers (kolen, aardgas, kernenergie en biomassa) die gebruikt worden voor de productie van elektriciteit.

Figuur 16 - WTW-uitstoot van broeikasgassen in CO₂-equivalenten aan de hand van verbruikscijfers van verschillende energiedragers in vijf verschillende sectoren in 2021.



Bron: (CE Delft, 2023c; CO₂emissiefactoren.nl, 2021; JRC, 2020; PBL, 2022; RVO, 2021).

⁵ Dit betreft brandstoffen die geleverd worden aan internationale zee-, binnen-, en luchtvaart.



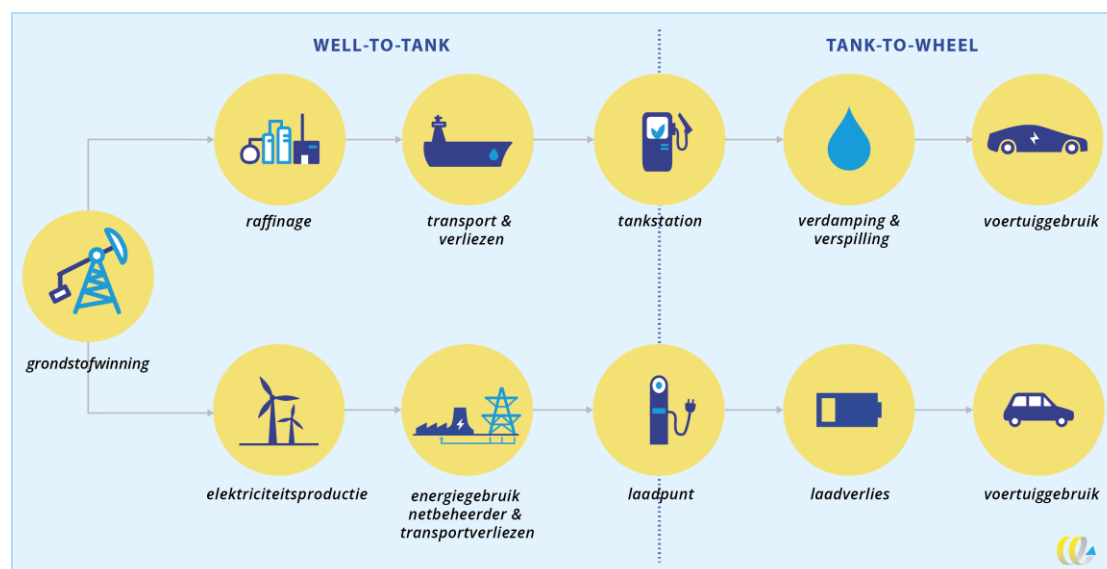
Figuur 16 laat zien dat de sector Industrie voor de meeste emissies zorgt, voornamelijk door het gebruik van kolen, aardgas en aardolie. Mobiliteit en de elektriciteitsproductie zorgen na de industrie voor de meeste emissies. Bij mobiliteit komt de uitstoot vrijwel volledig door gebruik van uit aardolie geproduceerde brandstoffen. De gebouwde omgeving veroorzaakt vooral uitstoot door het gebruik van aardgas voor warmte. Het gebruik van aardgas vormt ook het grootste deel van de oorzaak van de uitstoot binnen de landbouw.

De broeikasgasemissies zoals weergegeven in Figuur 16, gaan om de uitstoot gedurende de volledige keten van de energiedrager, het zogenaamde well-to-wheel (WTW). Dit verwijst naar de gehele keten, van de winning of productie (well) tot eindgebruik, bijvoorbeeld in voertuigen (wheel). Dit omvat alle stappen zoals de productie, verwerking, transport en uiteindelijk de verbranding of het gebruik van de energiedrager. Well-to-wheel is op te delen in twee categorieën:

1. Well-to-tank (WTT): de impact van de winning, productie en distributie van energiedragers. Dit wordt ook wel *upstream* en *midstream* genoemd.
2. Tank-to-wheel (TTW): de emissies en energieverbruik van energiedragers tijdens de gebruiksfase, bijvoorbeeld bij de verbranding van een brandstof in een voertuig. Dit wordt ook wel *downstream* genoemd.

Figuur 17 geeft dit onderscheid schematisch weer. De impact van winning van grondstoffen voor bijvoorbeeld batterijen in elektrische auto's, bouw van voorzieningen zoals elektriciteitscentrale of windmolens, infrastructuur, recycling en afdanking vallen buiten de scope van well-to-wheel en zijn dus niet meegenomen in de emissiefactoren zoals gebruikt in deze studie.

Figuur 17 - Schematische afbeelding van afbakening 'well-to-tank' en 'tank-to-wheel'. Het totaal hiervan is well-to-wheel.

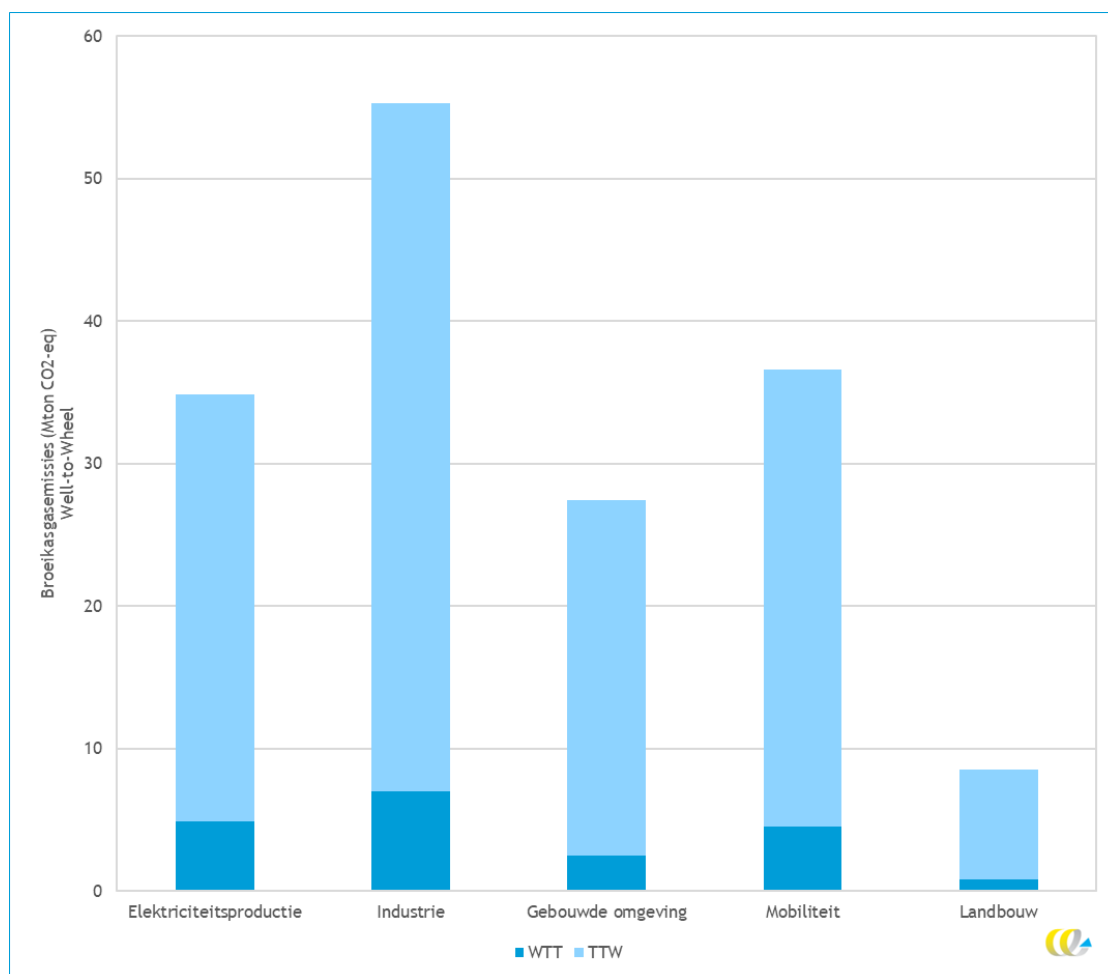


Bron: (CE Delft, 2023b).

Om voor de energiedragers die gebruikt worden in Nederland in beeld te brengen welk gedeelte WTT en welk deel TTW is, is dit in Figuur 18 aangegeven per sector. Het gaat hierbij, net zoals in Figuur 17, om de broeikasgasemissies veroorzaakt door energiedragers per sector op basis van het verbruik van in 2021.

Uit Figuur 18 valt af te lezen dat de uitstoot van de energiedragers per sector voornamelijk veroorzaakt wordt door tank-to-wheel-emissies (86-91%). Dit komt doordat de overgrote meerderheid van de CO₂ die vrijkomt in de ketens van fossiele brandstoffen, plaatsvindt tijdens de verbranding van het product. Hoewel de uitstoot in de WTT-fase dus onlosmakelijk is verbonden met het eindgebruik, is dit toch maar een beperkt deel van de totale uitstoot.

Figuur 18 - Totale uitstoot broeikasgassen opgedeeld in WTT en TTW, per sector



Bron: (CE Delft, 2023c; CO₂emissiefactoren.nl, 2021; JRC, 2020; PBL, 2022; RVO, 2021).

4.2.1 Discussie klimaat effecten

Fossiele brandstoffen worden in alle sectoren op grote schaal gebruikt. Het afbouwen en vervangen van fossiele brandstoffen is daarom een grote opgave, maar cruciaal voor het tegengaan van klimaatverandering. De aarde is nu gemiddeld bijna 1,3 °C warmer dan in de periode 1850-1900 (Copernicus Climate Change Service, ongoing). Deze temperatuurstijging heeft nu al merkbare gevolgen, zoals extreme neerslag en langere periodes van hitte en droogte. Hoe verder de temperatuur stijgt, hoe groter de gevolgen en onomkeerbare schade, zoals stijging van de zeespiegel en ecosystemen die niet meer kunnen herstellen. Met het uitfasen van fossiele brandstoffen voorkomen we dat de temperatuur nog verder stijgt maar zal de reeds gerealiseerde temperatuurstijging niet ongedaan worden gemaakt.

De mondiale temperatuurstijging kan in theorie wel teruggedraaid worden door CO₂ permanent of langdurig uit de atmosfeer te verwijderen. Koolstofverwijdering kan bijvoorbeeld door het planten van bomen of met technologieën zoals BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage) en DACCS (Direct Air Capture and Storage) (CE Delft, 2023a). Deze technologieën zouden als aanvulling kunnen dienen voor beleid dat gericht is op emissiereductie of een rol kunnen spelen om emissies te kunnen compenseren voor processen die zeer moeilijk emissievrij kunnen worden. Aandachtspunten daarbij zijn wel het potentiële tekort aan biomassa en technische uitdagingen. Daarnaast zou koolstofverwijdering vooral als aanvulling moeten dienen bij het bestrijden van klimaatverandering, en niet als een eenvoudig compensatiemiddel dat de afbouw van fossiele brandstoffen zou kunnen vertragen. Uit IPCC-klimaatmodellen komt naar voren dat koolstofverwijdering nodig is om de klimaatdoelen te halen, naast nagenoeg volledige afbouw van het gebruik van fossiele brandstoffen (IPCC, 2022). Mogelijk worden doelen voor koolstofverwijdering uiteindelijk binnen de emissiehandelssystemen (zoals het EU ETS) geïntegreerd.

Tot slot is het goed om op te merken dat broeikasgasemissies die in dit hoofdstuk in kaart zijn gebracht alleen betrekking hebben op het energiesysteem en het energieverbruik van Nederland. Broeikasgasemissies ontstaan ook bij de productie van goederen en producten, door veeteelt, (kunst)mest en ontbossing.

4.3 Milieueffect

Milieueffecten omvatten een breed scala aan impact op ecosystemen, biodiversiteit, gezondheid, lucht-, bodem en waterkwaliteit. Milieueffecten zijn voornamelijk lokaal: op de plek waar de uitstoot plaatsvindt van milieuvervuilende stoffen ontstaat lokaal effect.

Binnen dit onderzoek behandelen we de volgende belangrijkste luchtverontreinigende stoffen die gepaard gaan met het gebruik van energiedragers:

- Stikstofoxiden (NO_x): stikstofoxiden ontstaan voornamelijk bij verbrandingsprocessen, zoals in motoren en industrieprocessen. Bij hoge temperaturen reageren de stikstof en zuurstof in de lucht met elkaar tot NO_x. De grootste bronnen van NO_x-uitstoot in Nederland zijn mobiliteit en industrie.
- Zwaveloxide (SO₂): zwaveloxiden zijn een gevolg van de verbranding van stoffen die zwavel bevatten, zoals steenkool en olie. Bij deze verbranding reageert zwavel in de energiedrager met zuurstof uit de lucht, wat leidt tot de vorming van zwaveldioxide (SO₂).
- Fijnstof (PM, *particulate matter*): stofdeeltjes waarbij onderscheid te maken valt tussen deeltjes kleiner dan tien micrometer (PM₁₀) en deeltjes kleiner dan 1,5 micrometer (PM_{2,5}). Hoe kleiner het deeltje, hoe schadelijker voor de gezondheid wanneer dit ingeademd wordt. Fijnstof komt met name vrij bij industrie, houtstook, verkeer en veestallen.

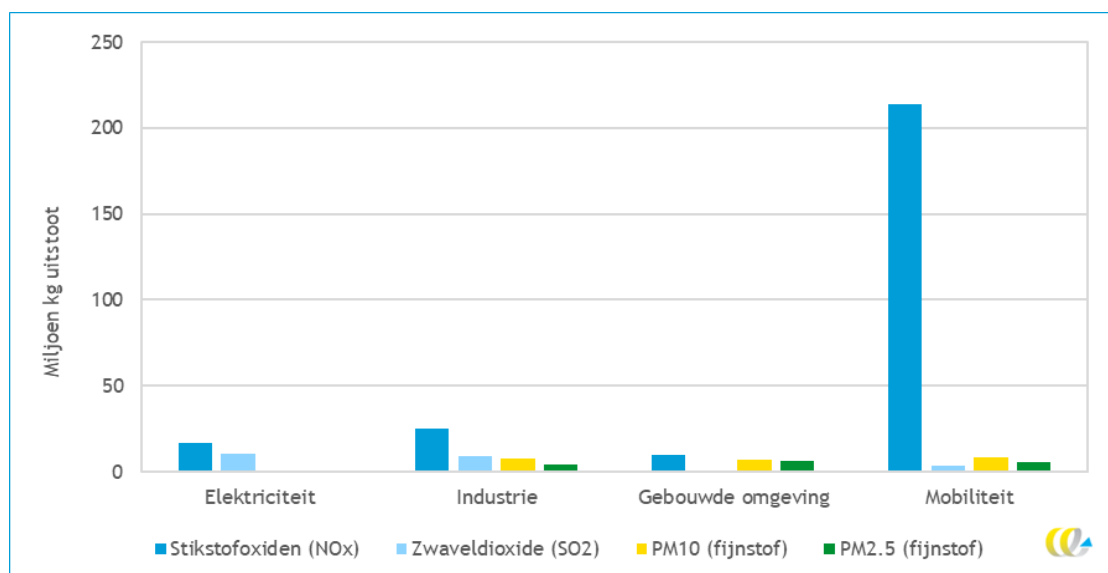
Luchtverontreinigende stoffen zoals NO_x, SO₂ en fijnstof hebben gevolgen voor het milieu en de gezondheid van mens en dier. Zo dragen deze stoffen bij aan verzuring van bodem en water, wat schadelijk is voor planten en waterleven. Ook zorgen deze stoffen voor luchtvervuiling. NO_x vormt smog, wat kan leiden tot ademhalingsproblemen en het verergeren van astma. SO₂ veroorzaakt luchtwegirritaties en kan bijdragen aan de vorming van fijnstof. Fijnstof, vooral PM_{2.5}, kan diep in de longen doordringen en is gekoppeld aan ernstige gezondheidsproblemen zoals hart- en vaatziekten en longkanker. Deze gezondheidsproblemen leiden tot verminderde levenskwaliteit, vroegtijdige sterfte en hoge (maatschappelijke) zorgkosten (CE Delft, 2022b). Het RIVM berekende in 2018 dat



luchtverontreiniging behoort tot een van de belangrijkste risicofactoren voor de gezondheid, namelijk 4% van de ziektelast. Na roken (9%) behoort luchtverontreiniging daarmee tot één van de belangrijkste risicofactoren, in dezelfde orde van grootte als overgewicht (GGD GHOR, n.d.).

Aangezien de effecten van deze milieuvervuilende stoffen lokaal plaatsvinden, maken we hier gebruik van data van CBS over emissies van luchtverontreinigende stoffen op Nederlands grondgebied. We doen dit voor dezelfde sectoren als eerder benoemd en zoveel mogelijk gefocust op emissies die verband houden met het energiesysteem. We laten daarom de sector Landbouw buiten beschouwing, omdat bijna alle emissies naar de lucht vanuit de landbouw gerelateerd zijn aan vee, (kunst)mest en pesticiden en niet aan het gebruik van energiedragers. In Figuur 19 zijn deze emissies weergegeven. De emissies van mobiele werktuigen die bijvoorbeeld gebruikt worden in de landbouw of industrie zijn toegekend aan de sector Mobiliteit.

Figuur 19 - Emissies van luchtverontreinigende stoffen op Nederlands grondgebied in 2021, gerelateerd aan het energiesysteem



Bron: (CBS, 2022b).

In Figuur 19 valt te zien dat, vanuit het gebruik van energiedragers, de sector Mobiliteit verantwoordelijk is voor de meeste uitstoot van stikstofoxiden. De elektriciteitssector is verantwoordelijk voor de meeste uitstoot van zwavedioxide. Fijnstof is in ongeveer gelijke hoeveelheid afkomstig uit Mobiliteit, Gebouwde Omgeving en Industrie.

4.3.1 Discussie milieueffecten

Het beëindigen van het gebruik van fossiele brandstoffen kan de luchtverontreiniging aanzienlijk verminderen, aangezien fossiele brandstoffen de belangrijkste oorzaak zijn van deze vervuiling. Uitstoot van NO_x, SO₂ en fijnstof komt daarnaast ook van andere bronnen, zoals het slijten van autobanden en wegverf en het gebruik van zwavelhoudende grondstoffen. Bij de huidige levenswijze zal deze uitstoot dus - hoewel verminderd - aanwezig blijven, ondanks de afbouw van fossiele brandstoffen. Deze bronnen vereisen aanvullende maatregelen om de luchtkwaliteit te verbeteren.



Aangezien totale afbouw van fossiele brandstoffen nog tientallen jaren zal duren en momenteel de luchtkwaliteit voor gezondheidsproblemen en vroegtijdige sterfte zorgt, zijn ook maatregelen op korte termijn van belang. Aangezien milieueffecten vaak afkomstig zijn uit diverse bronnen, zoals verkeer, industrie en landbouw, en daarnaast lokaal ontstaan, maar effecten over grotere afstand verspreiden, is het lastig om gerichte oplossingen te implementeren en geïntegreerd beleid te ontwikkelen. Voor luchtvervuiling is er daarom vanuit (lokale) overheden het Schone Lucht Akkoord (SLA) geïnitieerd, om gezamenlijk maatregelen te nemen voor een betere luchtkwaliteit in Nederland. Met de aanpak van de binnenlandse bronnen streven ze naar een gezondheidswinst van minimaal 50% in 2030 ten opzichte van 2016 (Schone Lucht Akkoord, n.d.).



5 Conclusies

In dit rapport is in opdracht van NL-EITI in kaart gebracht hoe het huidige energiesysteem eruit ziet, hoe dit gaat veranderen en wat voor effecten dit heeft op de publieke financiële stromen, het klimaat en milieu.

Uit de beschrijving van het Nederlands energiesysteem bleek dat fossiele brandstoffen (nog) de belangrijkste energiebronnen zijn binnen het systeem. Dit had enerzijds te maken met de historische ontwikkeling van de Nederlandse economie, maar hing ook samen met de lagere kosten van fossiele energie ten opzichte van hernieuwbare energie. Richting 2050 zal het energiesysteem wel veranderen: vooral elektriciteit zal een (nog) grotere rol gaan spelen, wat wel kosten met zich meebrengt (netverzwaring, systeemintegratie, opslag van energie via waterstof, etc.). De importafhankelijkheid van Nederland is met bijna 80% momenteel erg hoog. Door eigen aardgaswinning was dit historisch meestal lager. In de toekomst zou de importafhankelijkheid weer minder moeten zijn, vooral door wind op de Noordzee.

De effecten van het huidige energiesysteem op de publieke financiële stromen worden in hoge mate gekarakteriseerd door het wegvallen van de aardgasbaten, door sluiten van het Groningenveld. Deze bedroegen tien jaar geleden nog € 17 miljard per jaar. Inmiddels gaat het nog om minder dan € 3 miljard, en dit zal verder dalen in komende jaren. Maar ook andere baten zoals ETS-inkomsten en belastingen in bredere zin op fossiele brandstoffen zullen teruglopen. De subsidies en andere financiële instrumenten om de klimaattransitie te bevorderen zullen daarentegen groeien.

Over het algemeen leidt de verandering van het energiesysteem tot een nieuwe rol en nieuwe activiteiten voor staatsdeelnemingen en winningsbedrijven. Naast de (afnemende) rol in de winning van olie, aardgas en zout, gaan zij zich steeds meer richten op projecten rond gasopslag en de ontwikkeling van CCS, waterstof en aardwarmte. Het ministerie van KGG stimuleert deze activiteiten middels subsidies, garanties en leningen vanuit de publieke middelen.

De effecten op het klimaat van de in Nederland gebruikte energiedragers/brandstoffen worden vooral bepaald door de CO₂-emissies die vrijkomen bij verbranding van fossiele brandstoffen. Tussen de 81 en 88% van de broeiuitstoot van de hele keten wordt veroorzaakt door de verbranding van het product. Hoewel de uitstoot in de voorketen (WTT-fase) dus onlosmakelijk is verbonden met het eindgebruik, is dit toch maar een beperkt deel van de totale uitstoot. De uitstoot in de voorketen vindt ook voornamelijk, maar niet geheel, buiten Nederlands grondgebied plaats.

De verbranding van fossiele energie leidt ook tot luchtverontreiniging op lokaal niveau. Het gaat onder meer om NO_x, SO_x en fijnstof. Vanuit het gebruik van energiedragers bezien is de sector Mobiliteit verantwoordelijk voor de meeste emissie van stikstofoxiden. De elektriciteitssector is verantwoordelijk voor de meeste emissie van zwaveldioxide. Fijnstof is in ongeveer gelijke hoeveelheid afkomstig uit Mobiliteit, Gebouwde Omgeving en Industrie. Door de afbouw van fossiele brandstoffen wordt het effect op klimaat en milieu sterk gereduceerd.

Het omschakelen van het energiesysteem naar hernieuwbare energiebronnen zal door de historische ontwikkeling van het systeem enige tijd vergen. Hier zijn kosten mee gemoeid door de hogere kosten van hernieuwbare energiedragers en de kosten die horen bij het

opbouwen van een nieuw systeem. Deze ontwikkeling valt samen met het wegvallen van baten door aardgaswinning.



Referenties

- ACM. (2024). *Tarieven warmte en koude*. <https://www.acm.nl/nl/energie/warmte-en-koude/warmtetarieven/tarieven-warmte-en-koude>
- Belastingdienst. (2024). *Tarievenlijst Accijns en verbruiksbelastingen*. https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/themaoverstijgen_d/brochures_en_publicaties/tarievenlijst_accijns_en_verbruiksbelastingen
- CBS. (2022a). *Aardgasbaten overheid 1969-2021*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2022/28/aardgasbaten-overheid-1969-2021>
- CBS. (2022b). *Emissies naar lucht op Nederlands grondgebied; totalen*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/37221>
- CBS. (2023). *Ruim tweehonderd jaar energieverbruik in Nederland*.
- CBS. (2024). *Energiebalans, kerncijfers*.
- CBS Statline. (2024). *Pompprijzen motorbrandstoffen; brandstofsoort, per kwartaal*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/84991NED>
- CE Delft. (2022a). *Gaswinning op de Noordzee, en de afspraken daarover in het Akkoord voor de Noordzee*.
- CE Delft. (2022b). *Health-related social costs of air pollution due to residential heating and cooking*.
- CE Delft. (2022c). *Maatschappelijke kosten zoninpassing*.
- CE Delft. (2023a). *Koolstofverwijdering voor klimaatbeleid: Analyse van behoefte, aanbod en beleid voor negatieve emissies in Nederland*.
- CE Delft. (2023b). *STREAM Personenvervoer. Emissiekentallen modaliteiten 2022*.
- CE Delft. (2023c). *Upstream- en transportemissies van geïmporteerde ruwe aardolie*.
- CE Delft. (2024). *Syntheseonderzoek klimaatbeleid*.
- CO2emissiefactoren.nl. (2021). *Lijst emissiefactoren (laatst geüpdatet 22 februari 2021)*. CO2emissiefactoren.nl. <https://www.CO2emissiefactoren.nl>
- Copernicus Climate Change Service. (ongoing). *Temperature*. <https://climate.copernicus.eu/climate-indicators/temperature>
- CPB. (2023). *De Nederlandse economie in historisch perspectief: Economie*.
- EBN. (2024a). *De EBN Organisatie*. Retrieved 28 augustus from <https://www.ebn.nl/over-ebn/onze-organisatie/>
- EBN. (2024b). *Energie in cijfers 2024*.
- Energiea. (2024). *Aramis en CO2next krijgen Brusselse miljoenen toegezegd*. <https://energiea.nl/aramis-en-co%E2%82%82next-krijgen-brusselse-miljoenen-toegezegd/>
- ENTSO-E, & ENTSOG. (2022). *TYNDP 2022: Scenario Building Guidelines*.
- GasTerra B.V. (2024). *Over GasTerra*. Retrieved 28 augustus from <https://www.gasterra.nl/gasterra/over-gasterra>
- Gasunie. (2024a). *De ontwikkeling van nieuwe energievormen*. Retrieved 28 augustus from <https://www.gasunie.nl/projecten>
- Gasunie. (2024b). *Over ons en onze omgeving*. Retrieved 28 augustus from <https://www.gasunie.nl/organisatie>
- GGD GHOR. (n.d.). <https://ggdghor.nl/onderwerp/luchtverontreiniging/>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022. Mitigation of climate change*.
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023. AR6 Synthesis Report*.
- JRC. (2020). *JEC Well-to-Tank report v5 : JEC well-to-wheels analysis : well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*.
- Milieu Centraal. (n.d.). *Wat is het broeikaseffect?* <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/klimaatverandering/wat-is-het-broeikaseffect/>
- Ministerie van EZK. (2023). *Klimaatnota 2023*.



- NEa. (2024a). *Emissiecijfers Nederlandse bedrijven*.
- NEa. (2024b). *Veilingmonitor Nederland 2023*.
- Netbeheer Nederland. (2023). *Het energiesysteem van de toekomst: de I13050-scenario's*.
- NL-EITI. (2024a). *Betalingen gas, olie en zout aan overheid*. <https://dataportaal.eiti.nl/>
- NL-EITI. (2024b). *Wat doet NL-EITI? In*.
- PBL. (2022). *Klimaat- en Energieverkenning 2022*.
- PBL. (2023). *Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2023: Ramingen van broeikasgasemissies, energiebesparing en hernieuwbare energie op hoofdlijnen*.
- PBL. (2024). *Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2024*.
- Publieke Zaken B.V., Quo Mare B.V., & Energy Research & Strategy. (2024). *Grote kostenverschillen in keuzes klimaatbeleid*.
- Rijksoverheid. (2024). *Wat kost het net op zee?* <https://windopzee.nl/onderwerpen/wind-zee/kosten/kosten-net-zee/>
- RVO. (2021). *Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO2 emissiefactoren, versie januari 2021*.
- Schone Lucht Akkoord. (n.d.). *Het Schone Lucht Akkoord*. <https://www.schoneluchtakkoord.nl/>
- Tweede Kamer der Staten-Generaal. (2023). *36410 XIII Vaststelling van de begrotingsstaten van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (XIII) voor het jaar 2024*. <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/wetsvoorstellen/detail?cfg=wetsvoorsteldetails&qry=wetsvoorstel%3A36410XIII#wetgevingsproces>
- Tweede Kamer der Staten Generaal. (2024). *Wijziging van de begrotingsstaten van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (XIII) voor het jaar 2024 (wijziging samenhangende met de Voorjaarsnota)*.

