



Gaswinning op de Noordzee

En de afspraken daarover in het Akkoord voor de Noordzee



Gaswinning op de Noordzee

En de afspraken daarover in het Akkoord voor de Noordzee

Dit rapport is geschreven door:

CE Delft: Cor Leguijt, Martha Deen, Anouk van Grinsven en Emiel van den Toorn

TNO: Sebastiaan Hers, Joost Gerdes, Rory Dalman en René Peters

Delft, CE Delft, november 2022

Publicatienummer: 22.220381.175

Aardgas / Winning / Zeëen / Toekomst / Beleid / Emissies / Broeikasgassen / Kooldioxide / Productie / Consumptie

Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, namens NZO

Uw kenmerk: 202208011

KNAW/DANS/NARCIS-nummer: OND1372039

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 meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	9
	1.1 Aanleiding	9
	1.2 Achtergrond	9
	1.3 Onderzoeksvragen	9
	1.4 Aanpak/methodiek	10
	1.5 Leeswijzer	11
2	Prognoses aardgasverbruik Nederland	12
	2.1 Introductie	12
	2.2 Aanpak/methodiek	12
	2.3 Resultaat: prognose aardgasgebruik Nederland 2030-2040-2050	14
3	Prognoses binnenlandse winning aardgas en import	16
	3.1 Introductie	16
	3.2 Aanpak/methodiek	16
	3.3 Resultaat: Prognoses binnenlandse winning aardgas	17
	3.4 Prognoses import aardgas	19
	3.5 Resultaat: Vergelijk binnenlandse winning met binnenlands gebruik	20
4	Broeikasgasemissies aardgasketen	22
	4.1 Introductie	22
	4.2 Aanpak/methodiek	22
	4.3 Resultaat: Broeikasgasemissies aardgasketen	22
5	Koolstofbudget voor Nederland	26
	5.1 Introductie	26
	5.2 Achtergrond van het koolstofbudget	26
	5.3 Aanpak	28
	5.4 Toedeling koolstofbudget naar landen	35
	5.5 Toedeling mondiaal klimaatbudget naar Nederland	39
	5.6 Toedelingsmethodieken en jurisprudentie	44
	5.7 Resultaat: methodiek koolstofbudget Nederland	45
6	Koolstofbudget Nederland en relatie met gaswinning Noordzee	46
	6.1 Introductie	46
	6.2 Productie en consumptie	46
	6.3 Klimaatdoelstellingen Nederland	46
	6.4 Invulling van klimaatbudget Nederland	47
	6.5 Invulling van klimaatbudget Nederland met uitsplitsing naar energiedragers	49
	6.6 Invulling van klimaatbudget Nederland in relatie tot aardgaswinning Noordzee	50
	6.7 Conclusie	51



7	Conclusies	52
A	Referenties	57
B	Leden begeleidingscommissie	59
C	Lijst van gebruikte afkortingen	60



Samenvatting

Het Akkoord voor de Noordzee (NZA) is in 2020 gesloten tussen de Rijksoverheid en partijen die betrokken zijn bij - of geraakt worden door - de ontwikkeling van windenergie op de Noordzee. In het NZA is onder andere afgesproken dat wordt onderzocht of de aardgaswinning op de Noordzee binnen het binnenlands gebruik blijft, en of de winning binnen het Nederlandse koolstofbudget blijft, uitgaande van de meest recente rapporten van Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

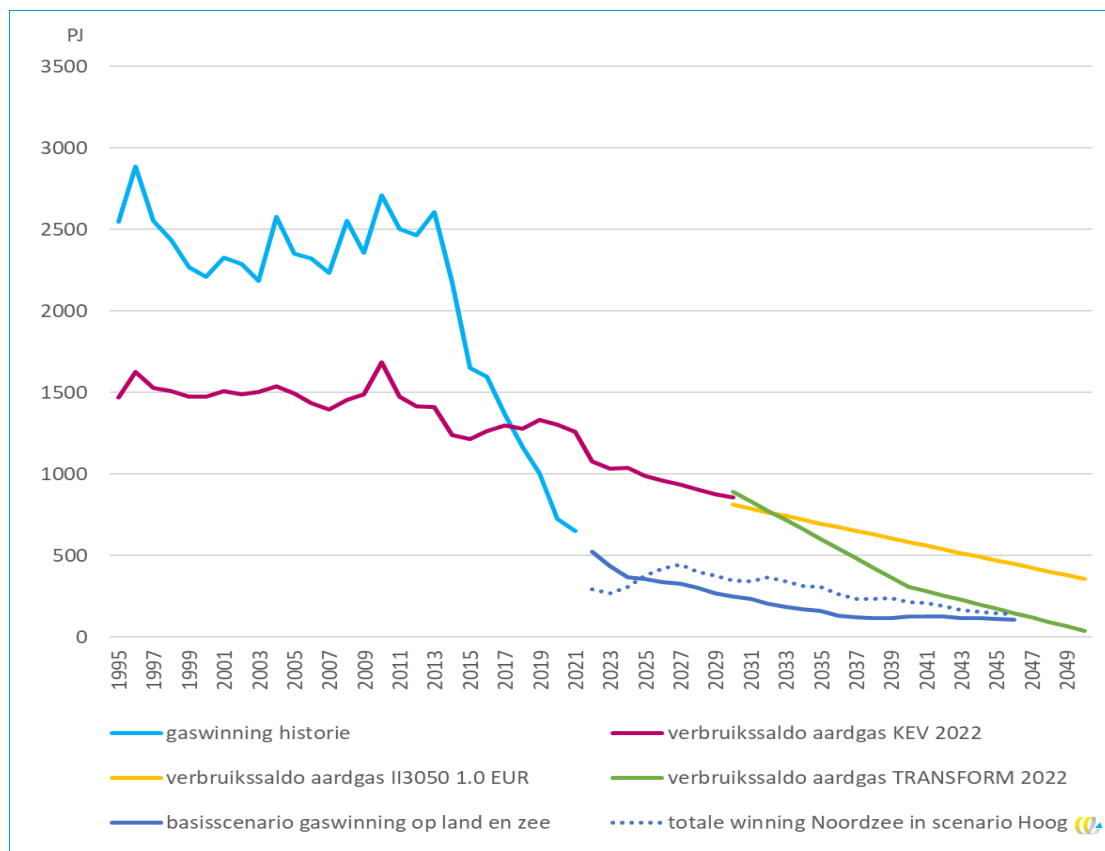
Dit onderzoek geeft een bevestigend antwoord op de eerste vraag. Voor de tweede vraag laat het onderzoek zien dat de verwachte Nederlandse cumulatieve CO₂-emissies van de economie als geheel, waaronder van aardgasverbruik, meer zijn dan het koolstofbudget van Nederland, op basis van de binnen NZA afgesproken 80% waarschijnlijkheid van maximaal 1,5 grad opwarming.

Winning en verbruik van aardgas in Nederland

Sinds 2018 is Nederland netto-importeur van aardgas. De aardgaswinning in Nederland, inclusief op het Nederlandse deel van de Noordzee, is op dit moment lager dan het binnenlands verbruik, zie Figuur 1. Uitgaande van recente CO₂-neutrale scenario's voor het integrale Nederlandse energiesysteem in 2050, wordt een sterk teruglopend binnenlands verbruik van aardgas voorzien. Dat geldt in mindere mate ook voor de prognose voor de Nederlandse aardgaswinning op land en de Noordzee. Op basis van deze scenario's zal de aardgaswinning op de Noordzee tot 2047 minder zijn dan het binnenlandse verbruik. Daarna hangt het ervan af of aardgas gebruikt blijft worden voor productie van waterstof.



Figuur 1 - Het basisscenario voor de binnenlandse winning van aardgas en het scenario 'Hoog' vergeleken met het aardgasverbruik uit de KEV 2022, het TNO-TRANSFORM-scenario uit 2022 (laag aardgasverbruik) en het scenario 'Europese sturing' uit IJ3050 uit 2020 (hoog aardgasverbruik)



Broeikasgasemissies van winning en verbruik van aardgas

De meeste broeikasgasemissies bij Nederlandse winning en verbruik van aardgas ontstaan bij de verbranding (verbruik) van het aardgas. De winning, gasbehandeling en het transport van aardgas ('upstream-emissie') hebben een relatief klein aandeel. Bij Nederlands gas uit de Noordzee zijn die upstream-emissies 7% van de totale emissies.

In het geval dat aardgas geïmporteerd wordt in plaats van gewonnen op de Noordzee, zullen ook upstream-emissies optreden bij winning elders (die dan overigens niet aan Nederland worden toegerekend). De upstream-broeikasgasemissies van aardgas uit Nederland en Noorwegen zijn nagenoeg gelijk. De upstream-emissies van aardgas uit bijvoorbeeld Rusland (per pijplijn) en uit de VS (als LNG), liggen vijf maal (Rusland) tot zes maal (VS) hoger dan die van aardgas uit Nederland of Noorwegen. Daardoor neemt bij die ketens ook het aandeel van de upstream-emissies in de totale uitstoot toe tot 27%, respectievelijk 32%. Daarmee liggen de totale emissies die gemoeid zijn met import en verbruik voor deze importroutes ook tot 27%, respectievelijk 37% hoger dan bij winning en verbruik van aardgas van de Noordzee.

Aardgaswinning en het Nederlands koolstofbudget

Voor het antwoord op de vraag of de aardgaswinning op de Noordzee (en het verbruik van dat aardgas in Nederland) past binnen het Nederlands koolstofbudget, is eerst het Nederlands koolstofbudget bepaald. Het IPCC presenteert een tabel met verschillende budgetten met bijbehorende waarschijnlijkheid (17 tot 83%. In grafieken hanteert het IPCC de 50 tot 67% waarschijnlijkheid omdat dit wordt beschouwd als meest beleidsrelevant. In het NZA is gekozen om te kijken naar een hoge waarschijnlijkheid van 80% voor maximaal 1,5 graad. Daarom wordt in dit rapport de IPCC-bandbreedte van 50 tot 83% getoond en de NZA-afspraken van 80%.

Een mondiaal koolstofbudget is per definitie een wereldwijd concept. Er is geen algemeen geaccepteerde of wetenschappelijke methodiek voor toedeling van het budget naar landen. Op basis van de hoofdstromingen in de ethiek hebben we het klimaatbudget voor Nederland volgens vier todelingsmethoden uitgewerkt, samengevat in Tabel 1. Een opmerking daarbij is dat in de internationale rechtswetenschap de methodiek van toedeling op grond van het huidige aandeel in de wereldwijde uitstoot wordt gediskwalificeerd, als zijnde strijdig met internationale rechtsprincipes indien het gaat om het toebrengen van schade aan anderen.

Een toedeling op basis van het huidige aandeel in de mondiale emissies levert de hoogste waarden op voor het Nederlands budget. Een toedeling waarbij rekening wordt gehouden met cumulatieve emissies in het verleden, levert een negatief budget op voor Nederland.

Tabel 1 - Koolstofbudget vanaf 2020 voor Nederland (gesorteerd naar grootte, en afgerond op hele Mton CO₂)

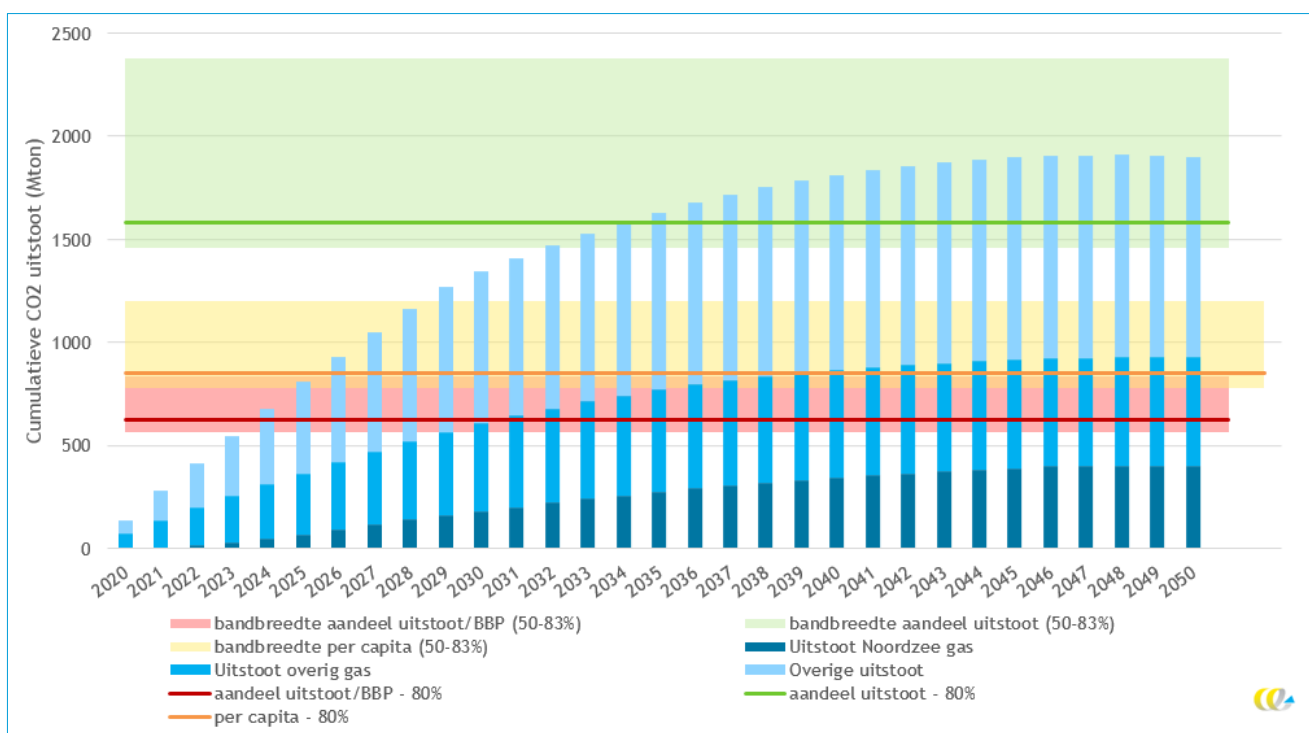
Toedelingsmethodiek mondiaal CO ₂ -budget naar Nederland	IPCC-bandbreedte bij 1,5 °C (50 tot 83% zekerheid)			Interpolatie t.b.v. NZA-afpraak
	Bij 83% kans op 1,5 °C (300 Gt mondiaal budget)	Bij 67% kans op 1,5 °C (400 Gt mondiaal)	Bij 50% kans op 1,5 °C (500 Gt mondiaal)	Bij 80% kans op 1,5 °C (319 Gt mondiaal)
Op basis van huidig aandeel in de wereldwijde uitstoot ('grandfathering')	1.276 Mton	1.735 Mton	2.194 Mton	1.363 Mton
Per capita	592 Mton	805 Mton	1.018 Mton	632 Mton
Op basis van huidig aandeel uitstoot & BBP-correctie (hoe hoger het BBP, hoe kleiner het budget)	380 Mton	516 Mton	652 Mton	405 Mton
Op basis van cumulatieve historische emissies sinds 1990	-2.350 Mton	-2.117 Mton	-1.884 Mton	-2.305 Mton
Op basis van cumulatieve historische emissies sinds 1850	-3.556 Mton	-3.251 Mton	-2.945 Mton	-3.498 Mton

In Figuur 2 staan de totale Nederlandse cumulatieve CO₂-emissies getoond. Daarbinnen zijn de emissies van aardgasverbruik zichtbaar gemaakt en dáárbinen weer de CO₂-emissies ten gevolge van het verbruik van aardgas dat is gewonnen op de Noordzee. De cijfers zijn gebaseerd op het TNO-scenario TRANSFORM, dat past bij de voorgenomen emissiereducties van Nederland (in lijn met het Europese doel van netto nul emissie in 2050). De CO₂-budgetten uit Tabel 1 zijn als horizontale bandbreedtes in de figuur weergegeven, met

dikke horizontale lijnen op 80% waarschijnlijkheid. De beide historische benaderingen liggen ver onder de horizontale as en zijn omwille van de leesbaarheid niet getoond.

Figuur 2 toont dat dat de Nederlandse cumulatieve CO₂-emissies al per 2034 of eerder de verschillende varianten van het emissiebudget van Nederland overstijgen, uitgaande van de in het NZA afgesproken 80% waarschijnlijkheid op maximale opwarming van 1,5 graad.

Figuur 2 - Cumulatieve Nederlandse CO₂-emissies met daárbinnen de emissies van aardgasverbruik en dáárbinnen het aandeel van verbruik van op de Noordzee gewonnen aardgas. De grenzen van het koolstofbudget zijn als lijnen en bandbreedtes ingetekend; de getrokken horizontale lijnen geven de 80% waarschijnlijkheid weer overeenkomend met de NZA-afpraak



De bandbreedtes geven de 50% tot 83% zekerheid van het IPCC voor 1,5 °C opwarming. De bandbreedtes per capita en per aandeel uitstoot/BBP overlappen en zijn daardoor iets naar rechts doorgetrokken om het verschil duidelijk te maken. Budgetten die horen bij de cumulatieve historische benadering liggen ver onder de horizontale as, en zijn omwille van de leesbaarheid niet getoond in de figuur.

Naast de benadering via een aan Nederland toe te delen emissiebudget (dat gerelateerd is aan verbruik van brandstoffen), is ook gekeken naar de mogelijkheid van een budget voor productie van fossiele brandstoffen, in het bijzonder van aardgas. De conclusie is enerzijds dat productie zich niet leent voor een budgettoedeling aan landen. Anderzijds is er wel op mondiaal niveau een verband tussen de winning van fossiele brandstoffen en de mondiale CO₂-emissies. Vanuit dat verband constateren IEA en UNEP dat, als de wereld daadwerkelijk de afgesproken maximale 1,5 graad opwarming realiseert, dat er dan geen ruimte is voor nieuwe fossiele brandstofwinning naast de reeds bestaande productie.

Opties voor Nederland om toch binnen het emissiebudget te blijven dan wel minder 'overshoot' te hebben, zijn:

- Sneller dan nu de emissies terugdringen naar netto nul. Als dat gepaard gaat met een reductie van het verbruik van aardgas dan heeft dat ook consequenties voor het productievolume van aardgas op de Noordzee, waarvoor in NZA afgesproken is dat dat altijd minder is dan het binnenlands verbruik.
- Vergroten van inzet van CCS (i.e. zorgen voor minder fossiele CO₂-emissies).
- Inzet van negatieve emissies (i.e. het permanent uit de atmosfeer verwijderen van CO₂).
- Kopen van emissieruimte van andere landen (met de kanttekening dat daarvoor nog geen mondiaal mechanisme bestaat).

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Noordzee Overleg (NZO) heeft CE Delft en TNO gevraagd om een onderzoek uit te voeren naar de vraag of de gaswinning op de Noordzee past binnen de afspraken daarover in het Noordzeeakkoord. Het uitvoeren van dit onderzoek is een afspraak die is opgenomen in het Akkoord voor de Noordzee (NZA) (Overlegorgaan Fysieke Leefomgeving, 2020).

De formele opdrachtgever van het onderzoek is de directie Transitie Diepe Ondergrond (TDO) van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK), mede namens het NZO.

1.2 Achtergrond

Het Akkoord voor de Noordzee (NZA) is in 2020 gesloten tussen de Rijksoverheid en partijen die betrokken zijn bij - of geraakt worden door - de ontwikkeling van windenergie op de Noordzee. Het Akkoord beoogt een betere balans aan te brengen tussen alle in het geding zijnde belangen, binnen het kader van een gezonde Noordzee, en bevat daartoe concrete afspraken.

In het NZA is als één van die afspraken opgenomen dat onderzocht wordt of de afspraken uit het NZA met betrekking tot aardgasvraag en -winning, binnen het Nederlandse emissie-budget blijven, dat is afgeleid van het Akkoord van Parijs.

Daarnaast is er op 6 juli 2022 een motie aangenomen in de Tweede Kamer, ingediend door de leden Kröger (GL) en Thijsen (PvdA), waarin de regering verzocht wordt “(...) een wetenschappelijk onderbouwd afbouwpad voor fossiele winning vast te stellen voor bestaande en eventuele nieuwe vergunningen in lijn met het doel om temperatuurstijging tot 1,5 graden te beperken, en dit voor de begrotingsbehandeling EZK met de Tweede Kamer te delen” (Tweede Kamer der Staten-Generaal, 2022).

1.3 Onderzoeksvragen

Het onderzoek heeft de volgende onderzoeksvragen:

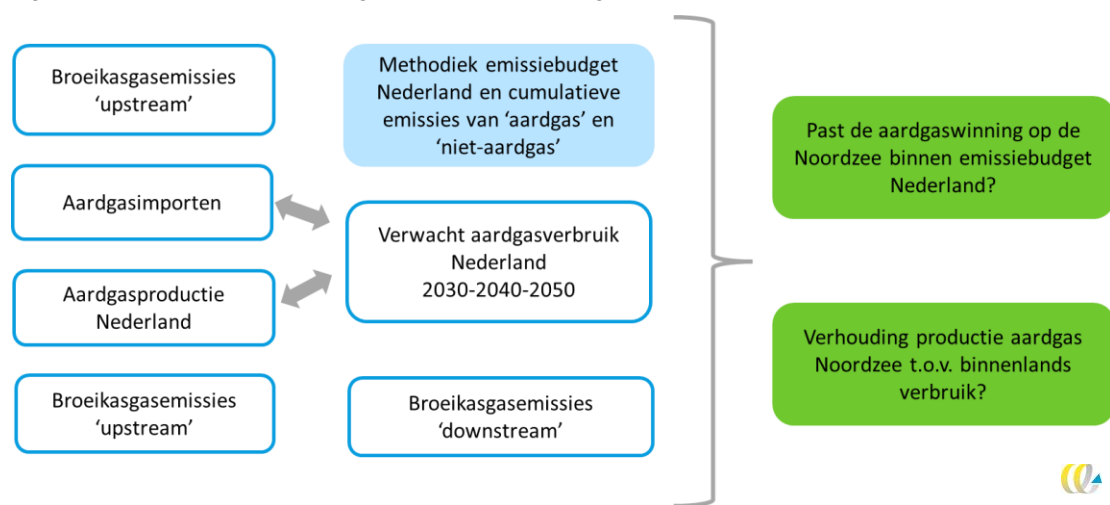
1. Wat is het verwachte aardgasverbruik van Nederland door de tijd heen (2030, 2040, 2050)?
2. Hoe verhouden de scenario's voor aardgasproductie op de Noordzee zich tot het verwachte aardgasverbruik?
3. Welke uitstoot van broeikasgassen gaat gepaard met productie, transport en Nederlands verbruik van geïmporteerd aardgas, en idem van Nederlands aardgas?
4. Wat is het netto-effect op broeikasgasemissies van meer import versus meer binnenlandse aardgasproductie: gaan de broeikasgasemissies globaal omhoog of naar beneden in de klimaatneutrale toekomstscenario's voor het Nederlandse energiesysteem?
5. Hoe kunnen de klimaatafspraken van het Akkoord van Parijs worden vertaald naar een Nederlands emissiebudget?
6. Passen de afspraken uit het NZA met betrekking tot de Nederlandse aardgasproductie binnen de doelen van het Akkoord van Parijs en de recentste inzichten van IPCC aangaande de nu noodzakelijk geachte CO₂-reductie om de doelen van het Akkoord van Parijs te halen (IPCC, 2018)?

NB: in het NZA is afgesproken te kijken naar IPCC-scenario's met een 80% kans op 1,5 °C maximale opwarming en 100% kans op maximaal 2 °C opwarming. De opdracht in dit project is om, vanwege de laatste inzichten vanuit het IPCC, alleen naar 1,5 °C te kijken en niet naar 2 °C-scenario's.

De opdracht is ook om voor het beantwoorden van Onderzoeksvraag 6 niet alleen te kijken naar op emissies gebaseerde klimaatbudgetten, maar ook vanuit een 'production gap'-benadering.

Er zit een samenhang in de onderzoeksvragen. Die samenhang staat schematisch weergegeven in Figuur 3.

Figuur 3 - Schematische samenhang van de onderzoeksvragen



1.4 Aanpak/methodiek

Voor de Onderzoeksvragen 1 tot en met 4 is gebruik gemaakt van desk research van de beschikbare literatuur en van parate kennis bij CE Delft en TNO. We hebben voor het toekomstige aardgasverbruik gebruik gemaakt van de Klimaat- en Energieverkenning 2022 (KEV 2022) (PBL, 2022), twee energiestenari'o's die in 2050 uitkomen op klimaatneutraliteit (Berenschot en Kalavasta 2020, (PBL, 2022), en TNO 2022), en voor de toekomstige aardgaswinning van het Jaarverslag 2021 'Delfstoffen en Aardwarmte in Nederland' Voor de Onderzoeksvragen 1 tot en met 4 is gebruik gemaakt van desk research van de beschikbare literatuur en van parate kennis bij CE Delft en TNO. We hebben voor het toekomstige aardgasverbruik gebruik gemaakt van de Klimaat- en Energieverkenning 2022 (KEV 2022) (PBL, 2022), twee energiestenari'o's die in 2050 uitkomen op klimaatneutraliteit ((Berenschot & Kalavasta, 2020), (PBL, 2022), en (TNO, 2022)), en voor de toekomstige aardgaswinning van het Jaarverslag 2021 'Delfstoffen en Aardwarmte in Nederland' (Min. EZK, 2022).

Voor het beantwoorden van Onderzoeksvraag 5 (de methodiek voor het bepalen van het Nederlandse emissiebudget) is wederom gebruik gemaakt van desk research en van parate kennis bij CE Delft en TNO. Daarnaast is er over de correcte interpretatie van de informatie in de IPCC-rapporten over de mondiale broeikasgasemissies en de koolstofbudgetten gecommuniceerd met klimaatwetenschapper prof. dr. Detlef van Vuuren (Universiteit Utrecht, tevens PBL). Over de methodieken van toedeling van mondiale koolstofbudgetten naar individuele landen, is gecommuniceerd met milieu-ethicus prof. dr. Marc Davidson (Radboud Universiteit). Ook is gekeken naar de rechtswetenschap over dat onderwerp, waarover is gecommuniceerd met universitair docent publiek internationaal recht dr. Natalie Dobson (Universiteit Utrecht), en met mr. Dennis van Berkel LL.M (Legal Counsel Urgenda). We benadrukken dat alle teksten in dit rapport de volledige verantwoordelijkheid zijn van de auteurs.

Conceptresultaten zijn besproken met de begeleidingscommissie die door NZO was ingesteld bij dit onderzoek. Zie Bijlage A voor de leden van deze begeleidingscommissie.

1.5 Leeswijzer

De opbouw van het rapport volgt de onderzoeksvragen. Achtereenvolgens worden de prognoses van het aardgasverbruik in Nederland gegeven (Hoofdstuk 2), de prognoses voor de binnenlandse winning en voor import van aardgas (Hoofdstuk 3), en de broeikasgasemissies in de aardgasketen, zowel bij productie en transport ('upstream') als bij verbruik in Nederland ('downstream') (Hoofdstuk 4). In Paragraaf 3.5 wordt Onderzoeksvraag 2 beantwoord, met een vergelijking tussen binnenlands verbruik en binnenlandse productie van aardgas. De gehanteerde methodiek voor het bepalen van het Nederlands klimaatbudget staat beschreven in Hoofdstuk 5, waarna in Hoofdstuk 6 de relatie wordt beschreven tussen het Nederlands klimaatbudget, de CO₂-emissies van Nederland op basis van de scenario's, en de winning en het verbruik van aardgas in Nederland. Het rapport sluit af met conclusies.

2 Prognoses aardgasverbruik Nederland

2.1 Introductie

In het Noordzeeakkoord is afgesproken dat de omvang van de gaswinning op het Nederlandse deel van de Noordzee onder het Nederlandse verbruiksniveau van aardgas moet blijven. Om dit te kunnen inschatten, zijn prognoses voor zowel de winning van aardgas op de Noordzee als voor het binnenlandse verbruik benodigd. We kijken naar de periode tot 2050, en nemen zo mogelijk ook de zichtjaren 2030 en 2040 mee. In dit hoofdstuk richten we ons op het geraamde verbruik van aardgas.

Het gebruik van aardgas in Nederland neemt af in de tijd. Al toegepaste en toekomstige mogelijkheden om het aardgasverbruik te verminderen zijn: efficiëntieverbetering bij eindgebruikers (isolatie, zuinigere ketels), vervanging van huidig aardgasgebruik door elektriciteit (zoals een gasketel vervangen door een warmtepomp, of proceselektrificatie in de industrie), warmtelevering, groengas, waterstof of e-methaan (op basis van groene waterstof en biogeen CO₂¹) en door procesinnovaties en structuurverandering in de industrie. Nederland heeft ervoor gekozen in te zetten op groengas en waterstof, en niet op e-methaan.

Als bron voor de verbruiksramingen gaan we uit van bestaande scenariostudies: de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) (PBL, 2022), de TNO-scenariostudie (TNO, 2022) en de Integrale Infrastructuurverkenning (Berenschot & Kalavasta, 2020).

2.2 Aanpak/methodiek

De vooruitzichten voor het Nederlandse aardgasverbruik kunnen voor de kortere termijn tot 2030 worden gebaseerd op de Klimaat- en Energieverkenning, kortweg KEV (PBL, 2021, 2022). In deze jaarlijkse analyse wordt de ontwikkeling van het Nederlandse energiesysteem op basis van vastgesteld en voorgenomen beleid in kaart gebracht voor de periode tot 2030². Het beleid dat in de KEV bij vastgesteld en voorgenomen beleid wordt meegenomen, moet gepubliceerd zijn of bindend vastgelegd op 1 mei van het jaar waarin de KEV verschijnt, of op die datum concreet zijn uitgewerkt terwijl het alleen nog moet worden vastgelegd.

¹ Zie www.ce.nl/publicaties/biomethane-bridging-for-cooperation/.

² De tabellenbijlage van de KEV geeft sinds vorig jaar ook doorrekeningen tot 2040 weer, maar dit 'doorkijkje' maakt geen deel uit van de formele publicatie. Op dergelijke termijn wordt het huidige vastgestelde en voorgenomen beleid ook steeds minder valide.

Voor de langere termijn tot 2050 maken we gebruik van twee recente scenariostudies over de ontwikkeling van het integrale Nederlandse energiesysteem, die in 2050 uitkomen op klimaatneutraliteit:

1. **Het Energiesysteem van de Toekomst (Netbeheer Nederland, 2021) en achterliggende Klimaatneutrale energiestenario's 2050, (Berenschot & Kalavasta, 2020).** Deze studie is uitgevoerd binnen de context van de Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050 (II3050) op basis van afspraken in het Klimaatakkoord en onder regie van de netbeheerders. Het scenario-ontwerp is gericht op verkenning van de toekomstige infrastructuurbehoefte, door energiesysteemsenario's voor de 'uithoeken' van de toekomstige netbelastingen op te stellen.
2. **Naar een duurzaam energiesysteem voor Nederland in 2050 (TNO, 2022).** Deze studie is gericht op de verkenning van een behoudende versus een vooruitstrevende emissiereductiestrategie voor de transitie naar een klimaatneutraal energie- en grondstoffensysteem in 2050 met als doel om de beleidsdiscussie te voeden met inzichten over systeemontwikkeling op de lange termijn.

De TNO-scenariostudie is gebaseerd op een integrale systeemoptimalisatie voor het Nederlandse energie- en grondstoffensysteem (TNO, 2022), waarin broeikasgasemissiereductie voor een klimaatneutraal Nederland tegen de laagste kosten wordt gerealiseerd. De studie is uitgevoerd voor twee varianten: ADAPT en TRANSFORM. In het ADAPT-scenario worden de nationale emissiedoelen voor 2050 gehaald, maar zijn er geen grote veranderingen aangenomen in de productiewijze van industrie of gedragsveranderingen bij consumenten. Het TRANSFORM-scenario is ambitieuzer. Daarin worden nieuwe productiemethoden toegepast. De energievraag is in dit scenario lager dan bij ADAPT; de vraag neemt in tegenstelling tot bij ADAPT af door vergaande energiebesparing en gedragsverandering. TRANSFORM leidt tot een lager gasverbruik dan ADAPT, en bovendien tot een lager gasverbruik dan in de vier scenario's uit II3050. Wel resteert er ook in het TRANSFORM-scenario nog een bescheiden aardgasverbruik dat in combinatie met landgebruik nog tot emissies leidt. Dit wordt gecompenseerd met de afvang van negatieve emissies en opslag van CO₂ uit biomassa (BECCS) en *direct air capture* elders in het systeem (9 Mton per jaar). Doordat TRANSFORM het laagste aardgasverbruik heeft van de beschouwde scenario's, is het gebruikt als lage variant voor het toekomstig aardgasverbruik tussen 2030 en 2050.

II3050 is gericht op het verkennen van de uithoeken van de mogelijkheden voor een CO₂-neutraal toekomstig Nederlands energiesysteem met het oog op de benodigde capaciteit voor de energie-infrastructuur. Er worden vier scenario's beschreven:

1. Regionale sturing.
2. Nationale sturing.
3. Europese sturing.
4. Internationale sturing.

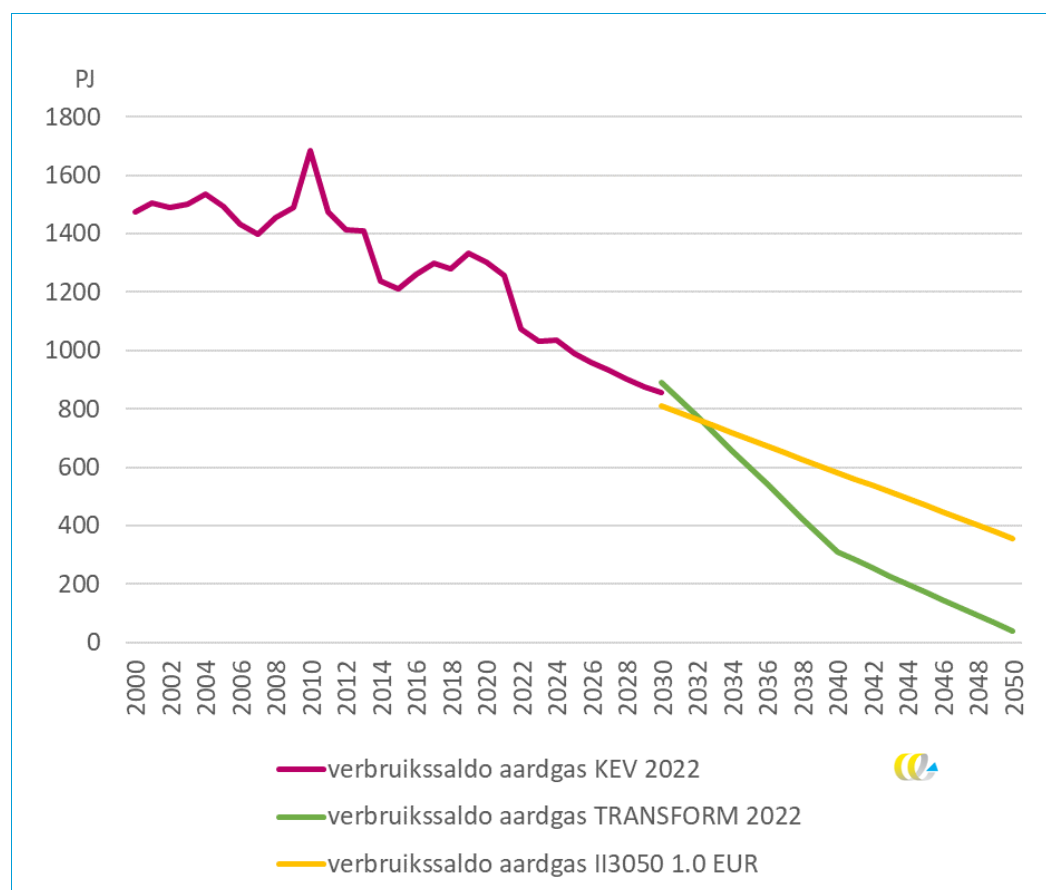
Het scenario 'Europese sturing' leidt tot het hoogste aardgasverbruik en is daarom als hoge variant voor het gasverbruik tussen 2030 en 2050 gebruikt. In dit scenario wordt er tot 2050 gebruik gemaakt van aardgas met CCS voor de productie van blauwe waterstof, omdat wordt aangenomen dat dit goedkoper is dan ander technologieën. Een ander deel van het aardgasverbruik zal worden vervangen door groengas.

2.3 Resultaat: prognose aardgasgebruik Nederland 2030-2040-2050

Een overzicht van het historisch verbruikssaldo van aardgas en de de vooruizichten tot 2030 op basis van de KEV 2022, het I13050-scenario 'Europese sturing' en het TRANSFORM-scenario uit de TNO-studie van 2022, is weergegeven in Figuur 4. Naast aardgas wordt in de KEV voor de jaren 2022 tot en met 2040 een verbruikssaldo van biogas geraamd van rond de 20 PJ³. Biogas en groengas vallen niet onder het aardgas, zoals afgebeeld in Figuur 4. Voor de beide scenariostudies is gebruik gemaakt van interpolatie. In I13050 werd 2050 in kaart gebracht vanuit referentiejaar 2015. Het niet-afgebeelde verbruik van groengas in het scenario 'Europese sturing' van I13050 is 289 PJ. De TNO-scenariostudie geeft resultaten voor 2030, 2040 en 2050 met 2019 als referentiejaar. Het niet afgebeelde verbruik van biogas in het TRANSFORM-scenario is 35 PJ in 2040 en 51 PJ in 2050.

Uit Figuur 4 kan opgemaakt worden dat het I13050-scenario 'Europese sturing' in het verlengde ligt van de historie en de KEV-projectie. In het TRANSFORM-scenario wordt al eerder een vooruitstrevender systeemtransformatie ingezet en daalt het aardgasverbruik tussen 2030 en 2040 sneller.

Figuur 4 - Het verbruikssaldo van aardgas conform de Klimaat- en Energieverkenning 2022, het TNO-scenario TRANSFORM (laag aardgasverbruik) en het scenario 'Europese sturing' van de Integrale Infrastructuurverkenning (hoog aardgasverbruik)



³ In het Klimaatakkoord is een ambitie opgenomen van 70 PJ (2 bcm) groengasproductie in 2030. In het Coalitieakkoord is als beleidsinstrument daartoe een bijmengverplichting groengas opgenomen voor gasleveranciers aan de gebouwde omgeving. De huidige productie van groengas is circa 7 PJ (0,2 bcm).

Merk op dat het verbruikssaldo van aardgas zoals geraamd in de KEV een inschatting is van vaststaand en voorgenomen beleid, maar dat het realiseren van de verbruikssaldo's zoals geschetst in II3050 en TRANSFORM nog veel aanvullend beleid zal vergen.

Geconcludeerd kan worden dat zowel bij bestaand en voorgenomen beleid als bij scenario's die compatibel zijn met het naar nul terugdringen van de netto CO₂- of broeikasgasemissies in 2050 het gasverbruik sterk zal afnemen. Hoe snel die afname zal verlopen hangt af van keuzen die nog gemaakt kunnen worden voor de manier waarop het doel gehaald zal worden, zoals de hoeveelheid CCS die wordt ingezet en de inzet van technieken voor negatieve emissies.



3 Prognoses binnenlandse winning aardgas en import

3.1 Introductie

Om de gaswinning op het Nederlands deel van de Noordzee te kunnen vergelijken met het geraamde verbruik van aardgas in Nederland richten we de blik nu op de vooruitzichten voor de aardgaswinning.

3.2 Aanpak/methodiek

De gebruikte prognoses voor de winning van aardgas uit kleine velden komen uit het Jaarverslag Delfstoffen en Aardwarmte in Nederland uit 2021 (Min. EZK, 2022), waarin prognoses voor gaswinning zijn opgenomen die door TNO worden opgesteld. Dit is de gezaghebbende bron voor inschattingen van toekomstige aardgaswinning uit kleine velden in Nederland. De hoogste erin opgenomen winningsniveaus zullen alleen bij een maximale inspanning kunnen worden bereikt. De grootste onzekerheid zit in het aantal boringen dat zal worden uitgevoerd. In het jaarverslag is een opsplitsing gemaakt tussen verwacht aanbod van aardgas uit velden op land en velden op zee, en voor beide is dat verder opgedeeld in verwacht aanbod uit reserves, toekomstig aanbod uit voorwaardelijke voorraad en toekomstig aanbod uit nog aan te tonen voorkomens. Dit is het scenario 'Laag'. Daarbovenop is nog een aanbodscenario 'Hoog' opgesteld. De scenario's 'Laag' en 'Hoog' worden in het Jaarverslag 2021 als volgt omschreven:

- **Scenario 'Laag'** bestaat uit een scenario waar geen versnelling van gasproductie plaats vindt, waarin alleen de bestaande velden en projecten waar redelijke zekerheid over bestaat worden meegenomen en er beperkt naar nieuwe gasvelden wordt gezocht (één boring per jaar op land, vier boringen per jaar op zee).
- **Scenario 'Hoog'** gaat uit van een sterke stimulerende werking van nieuwe beleidsmaatregelen en/of meer aantrekkelijke omstandigheden voor de uitvoerders om gasprojecten te ontwikkelen. Hierdoor vindt er een opleving plaats in het aantal boringen naar nieuwe gasvelden (van vier naar zeven per jaar) en worden naast de projecten, waar redelijke zekerheid over bestaat, ook de hoge risicoprojecten uitgevoerd.

TNO berekent de verwachte gasproductie jaarlijks op basis van de aangeleverde gegevens door gasproducenten (onder Artikel 113 van het Mijnbouwbesluit). De gasvoorraad is, conform het Petroleum Resource Management Systeem (PRMS), in drie hoofdklassen onderverdeeld:⁴

1. **Reserves:** Het deel waarvan de productie gaande is of waar het (investerings-)besluit om de productie te starten al is genomen. De prognose wordt gebaseerd op profielen van de door de winningsbedrijven verwachte productie per jaar. Reserves komen enkel voor in reeds vergund gebied.
2. **Voorwaardelijke voorraden:** Het minder zekere deel van de voorraden in aangetoonde voorkomens. Hier moet nog meer zekerheid komen omtrent de technische, economische en/of juridische voorwaarden voordat er zal worden geïnvesteerd in de gasproductie. Aangeleverde gegevens (gebaseerd op een deel van de winningsprofielen) over voorwaardelijke voorraden hebben in de huidige praktijk betrekking op vergund gebied.

⁴ Zie voor nadere toelichting (Min. EZK, 2022).



3. **Prospectieve voorraden (nog aan te tonen voorkomens):** Voorraden die nog niet zijn aangetoond maar waarvan op basis van technische gegevens wordt vermoed dat zij aanwezig zijn, en die economisch winbaar worden geacht. Daadwerkelijke productie kan pas worden gestart als met een exploratieboring de aanwezigheid van het gas is bevestigd en vervolgens is gebleken dat op basis van de bevindingen technisch en economisch winning mogelijk blijkt. TNO berekent op basis van de aangeleverde vermoedelijke gasvoorraden een gemiddelde voorraad op basis van een aantal scenario's. Prospectieve voorraden kunnen zowel in vergunde als niet vergunde gebieden voorkomen. In niet vergunde gebieden komen enkel prospectieve en een kleine hoeveelheid niet economisch winbare voorraden voor.

Het jaarverslag bevat geen gegevens over de winning uit het Groningenveld. Volgens de plannen van de overheid zal de winning uit dit veld in 2023 of uiterlijk 2024 stoppen (Min. EZK, 2022). De omvang van de gaswinning uit het Groningenveld in 2022 is geschat met behulp van de maandelijkse winningsgegevens voor het Groningenveld van de NAM, (2022), de 2,8 miljard m³ die is genoemd als maximale omvang van de winning voor het gasjaar 2022-2023 in (Min. EZK, 2022) en een schatting op basis van historische gegevens van de NAM van het deel van de productie in het gasjaar 2022-2023 dat in oktober tot en met december 2022 gewonnen zal worden. Voor 2023 is uitgegaan van het resterende deel van de productie in het gasjaar 2022-2023. Voor 2024 en verder is geen winning uit het Groningenveld meer verondersteld.

3.3 Resultaat: Prognoses binnenlandse winning aardgas

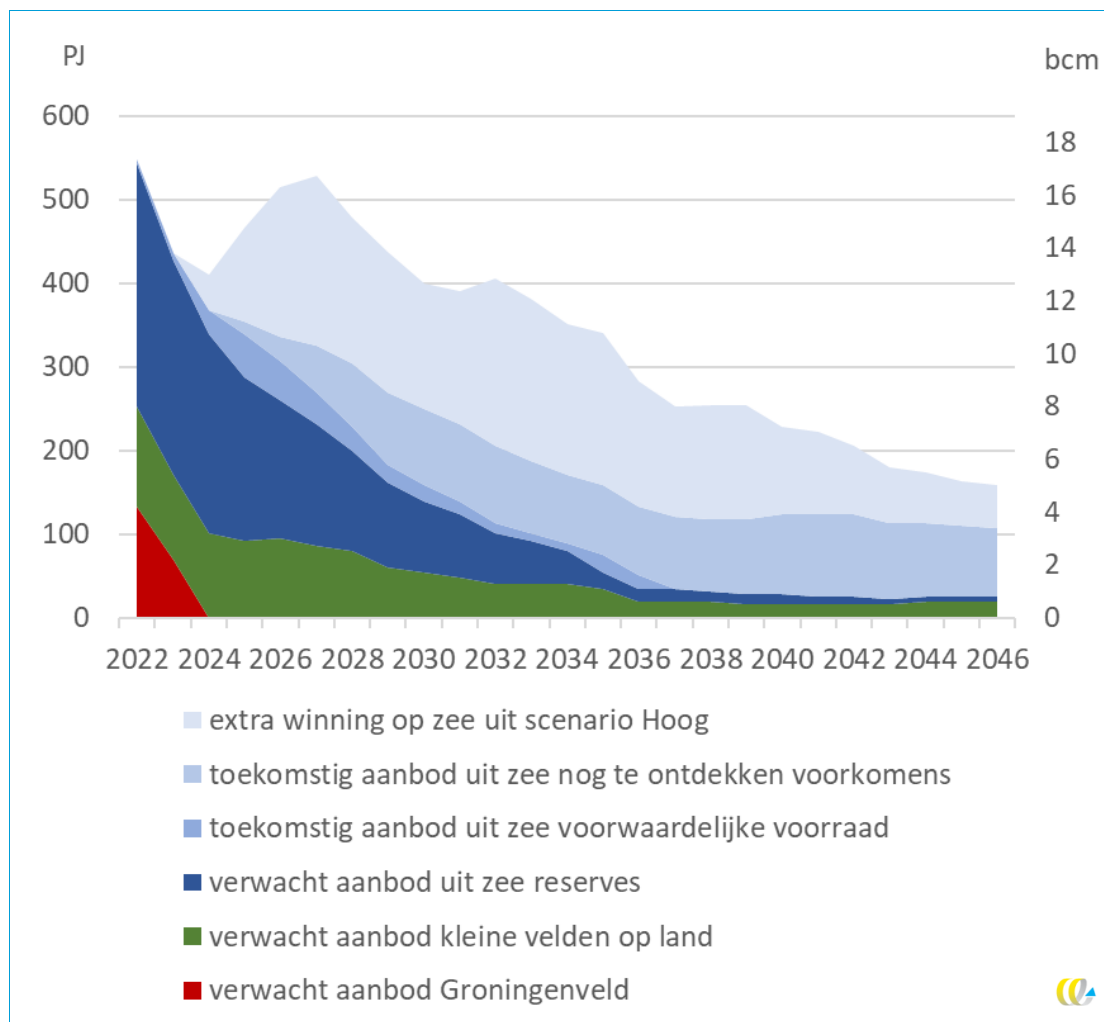
De prognose voor het basisscenario voor winning op zee is opgebouwd uit verwacht aanbod uit reserves, toekomstig aanbod uit voorwaardelijke voorraad en toekomstig aanbod uit nog aan te tonen voorkomens. Bij de genoemde getallen wordt uitgegaan van de verwachte middenwaarden; lage en hoge ramingen worden in het basisscenario buiten beschouwing gelaten.

Figuur 5 geeft een overzicht van de historie en prognose voor winning op land, winning op zee en het aanvullende aanbodscenario 'Hoog'. Het productieniveau in het scenario 'Hoog' geeft de resultaten van een sterk verhoogde inspanning van investeringen in de ontwikkeling van gasproductie op de Noordzee. In de figuur wordt voor winning op zee onderscheid gemaakt tussen verwacht aanbod uit reserves, toekomstig aanbod uit voorwaardelijke voorraad en toekomstig aanbod uit nog aan te tonen voorkomens.

Uit Figuur 5 kan opgemaakt worden dat verwacht aanbod uit reserves en voorwaardelijke voorraden op zee vanuit de huidige 294 PJ/jaar een dalende trend laat zien en rond 2040 is afgenomen tot 13 PJ. De winning uit nu nog aan te tonen voorkomens loopt in het basisscenario tegen die tijd op tot en piek van 98 PJ in 2041. Het verloop van de winning lijkt, bij gelijkblijvende inspanning in de opsporing, te wijzen op de mogelijkheid op een ongeveer gelijkblijvende gaswinning tot 2050.

Ten behoeve van deze rapportage heeft de geologische dienst van TNO aanvullend een quickscan uitgevoerd naar de verdeling van de nog aan te tonen voorkomens over vergund en niet vergund gebied: naar schatting 65% van het winbaar volume ligt in winningsvergunninggebieden, 20% in opsporingsvergunninggebieden en 15% in niet vergund gebied. Daarmee ligt 85% dus binnen bestaande winnings- en opsporingsvergunninggebieden.

Figuur 5 - Prognose⁵ van de aardgaswinning uit het Groningenveld, kleine velden op land (reserves, voorwaardelijke voorraad en nog te ontdekken voorkomens), op zee (reserves, voorwaardelijke voorraad en nog te ontdekken voorkomens) en extra winning op zee conform het scenario 'Hoog' in PJ en in miljarden kubieke meters Groningen-equivalent



Tekstblok 1 - Korte toelichting vergunningenstelsel winning van delfstoffen en aardwarmte

Voor het opsporen en winnen van delfstoffen en aardwarmte en het opslaan van stoffen is een vergunning nodig. Een opsporings-, winnings- of opslagvergunningen geeft het exclusieve recht tot het uitvoeren van deze activiteiten binnen een vastgesteld gebied. Traditioneel geldt op zee voor winningsvergunningen een termijn van 30 jaar, maar de termijn kan in de praktijk variëren. Opsporingsvergunningen worden meestal uitgegeven voor een beperkte periode van medio vier jaar en worden gekoppeld aan een uit te voeren werkprogramma. Er geldt in Nederland een open ronde voor het aanvragen van vergunningen, hetgeen betekent dat op elk gewenst moment een aanvraag kan worden ingediend.

Voordat daadwerkelijk kan worden overgegaan tot winning of opslag moet er een door de Minister van Economische Zaken en Klimaat goedgekeurd winnings- of opslagplan (ook wel werkprogramma) zijn. Daarnaast zijn er aanvullende vergunningen nodig voor bijvoorbeeld het uitvoeren van een boring op een specifieke locatie en om een installatie voor winning te bouwen.

⁵ De grafiek loopt tot 2046 omdat dat het zichtjaar is van de meest recente prognose.

Verlengingen van opsporingsvergunningen kunnen ook worden geweigerd op basis van het niet nakomen van het werkprogramma.

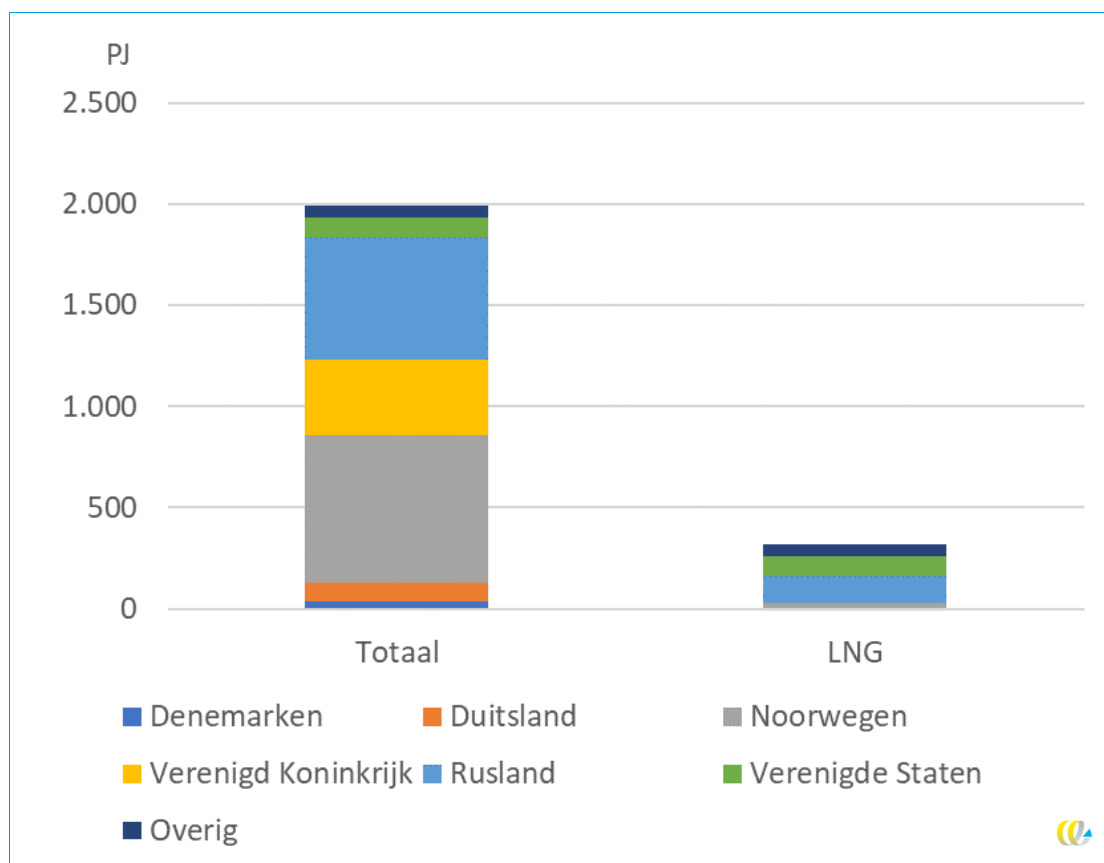
Als een vergunning bijna verloopt kan verlenging aangevraagd worden. In het verleden werden die gewoonlijk ook verstrekt. De duur van een eventuele verlenging wordt gewoonlijk gebaseerd op de verwachte productieprofielen, indien hier redelijkerwijs vanuit gegaan kan worden. Recentelijk wordt met name bij verlengingen van opsporingsvergunningen strenger gehandhaafd op het al dan niet behalen van het werkprogramma zoals bij uitgifte van de vergunning is besloten. Voor winningsvergunningen kunnen de gebieden bovendien verkleind worden bij een verlengingsaanvraag.

Concluderend: indien er een redelijke kans is op ontwikkeling en of verdere productie van aardgas en dit kan veilig dan is het beleid in Nederland dat deze vergunningen blijven bestaan.

3.4 Prognoses import aardgas

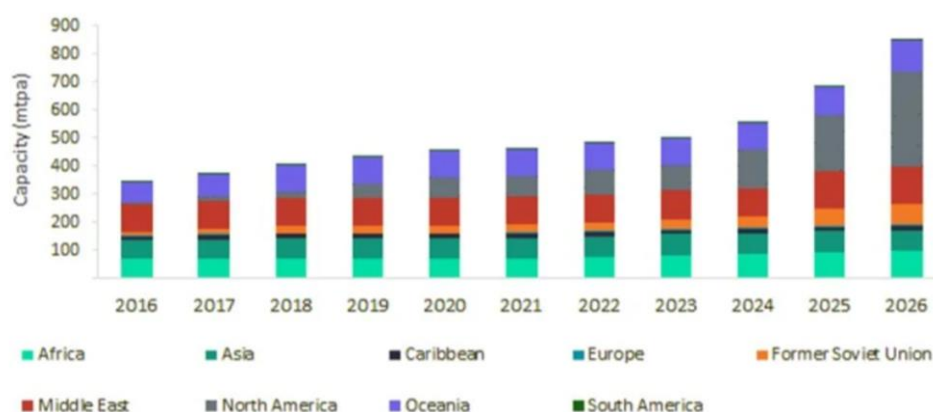
In 2020, het meest recente jaar waarvoor gegevens beschikbaar zijn, was het overgrote deel van het geïmporteerde aardgas gasvormig, en waren de drie grootste herkomstlanden Rusland, Noorwegen en het Verenigd Koninkrijk, zie Figuur 6. In 2020 was Rusland ook de grootste leverancier van LNG aan Nederland.

Figuur 6 - De totale Nederlandse import van aardgas en de import van LNG naar herkomstland in 2020



Sinds de inval van Rusland in Oekraïne is de import van gasvormig aardgas uit Rusland sterk afgenomen en de import van LNG sterk toegenomen. De vooruitzichten voor toekomstige invulling van de weggevallen gasleveringen in Europa wijzen op een sterke toename van LNG-import, naast eventuele toename van gaslevering vanuit Noorwegen. In Figuur 9 wordt een recentelijk opgestelde projectie van de ontwikkeling van LNG-exportcapaciteit gepresenteerd. Uit het overzicht blijkt dat een sterke groei van de exportcapaciteit wordt voorzien van 416 bcm (14.500 PJ), waarvan 75% in de Verenigde Staten, 15% in Rusland, en 10% in Qatar. Tegen die achtergrond ligt een toenemend LNG-importvolume vanuit met name de Verenigde Staten en eventueel Qatar in de rede.

Figuur 7 - Vooruitzichten wereldwijde groei LNG-exportcapaciteit



Bron: World LNG Liquefaction Terminals Capacity and Capital Expenditure (CapEx) Forecasts 2022-2026, GlobalData, 2022 (mtpa = 1,379 bcm per jaar).

3.5 Resultaat: Vergelijk binnenlandse winning met binnenlands gebruik

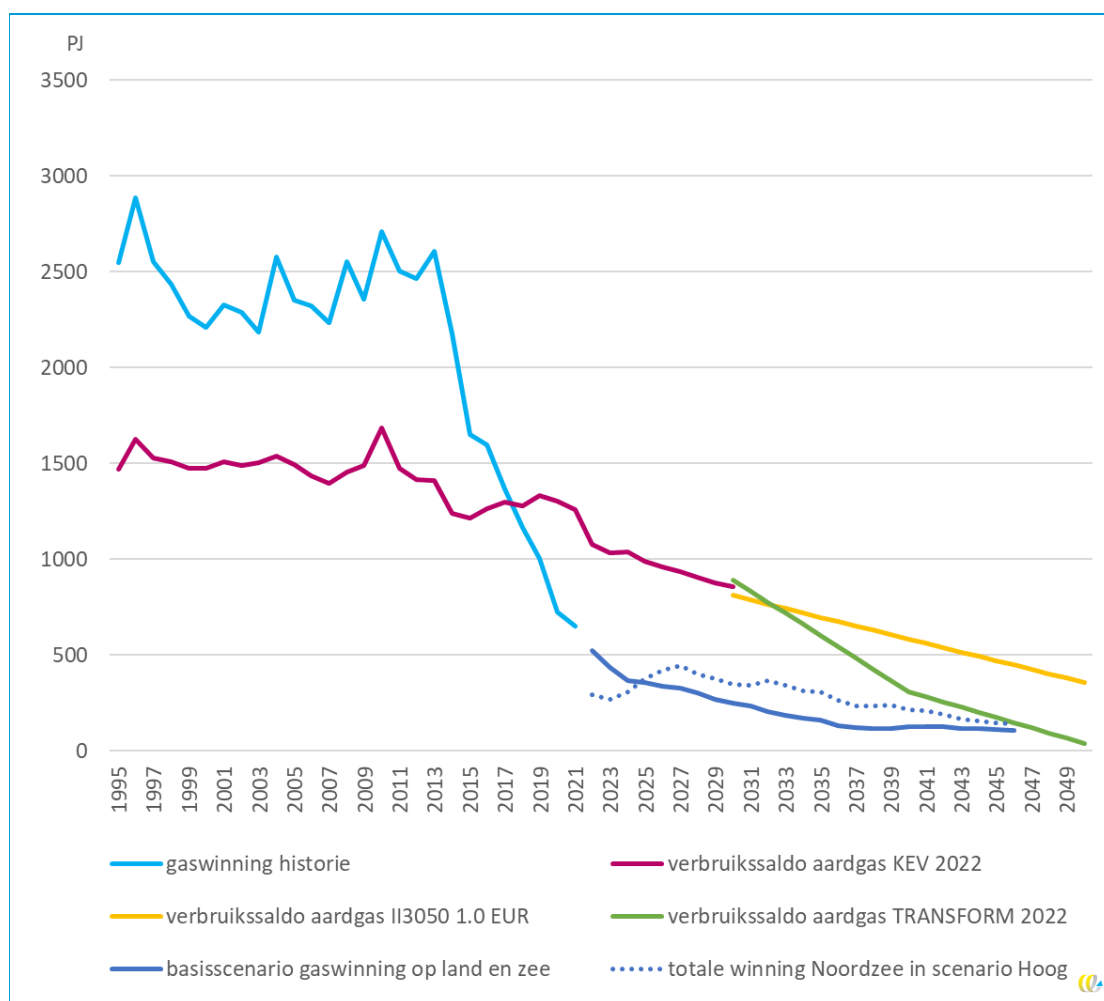
Figuur 10 toont de vergelijking tussen de binnenlandse winning van aardgas op land (inclusief Groningen) en zee, de winning op het Nederlands deel van de Noordzee in het winningsscenario 'Hoog' en de ramingen voor het Nederlands gasgebruik conform de KEV 2022, het TRANSFORM-scenario van TNO en het scenario 'Europese sturing' uit de Integrale Infrastructuurverkenning.

De binnenlandse aardgaswinning had tot aan 2013 een omvang van rond de 2.500 PJ per jaar, en is sindsdien afgenomen. Die afname van de winning is veel sneller verlopen dan de afname van het binnenlands verbruik. Sinds 2018 is Nederland een netto-importeur van aardgas. De cijfers in deze paragraaf focussen verder op de periode vanaf 2022.

Te zien is dat de totale gaswinning in het scenario 'Hoog' vanaf 2040 in de buurt komt van het gasverbruik uit het TRANSFORM-scenario. In 2046 is de winning 8 PJ (0,25 bcm) lager dan het geraamd verbruik. De winning uit het scenario 'Hoog' wordt echter zoals gezegd wel gezien als het maximaal mogelijke niveau, en het is verre van zeker dat dit zal worden gerealiseerd.



Figuur 8 - Het basisscenario voor de binnenlandse winning van aardgas en het scenario 'Hoog' vergeleken met het aardgasverbruik uit de KEV 2022, het TRANSFORM-scenario en het 'Europese sturing'-scenario uit II3050



Geconcludeerd kan worden dat de omvang van de aardgaswinning op het Nederlands deel van de Noordzee tot 2047 minder is dan het verbruikssaldo van aardgas in Nederland, uitgaande van de ramingen uit het scenario 'Europese sturing' van II3050 en het scenario TRANSFORM van TNO. In 2046 is de afstand van de productie tot het verbruik, uitgaande van het winningsscenario 'Hoog', met 8 PJ wel klein, en bij gelijkblijvende productie na 2046 zal de winning het verbruik uit TRANSFORM overtreffen. Als aardgas blijft worden gebruikt voor productie van waterstof (in combinatie met CCS), zoals aangenomen in het getoonde II3050-scenario, dan blijft de binnenlandse winning minder dan het binnenlands gebruik. Als het gasverbruik door ambitieuzer energie- en klimaatbeleid sneller en/of verder afneemt dan in het TRANSFORM-scenario zal de winning het verbruik eerder kunnen overstijgen.

4 Broeikasgasemissies aardgasketen

4.1 Introductie

De meeste broeikasgasemissies door het gebruik van aardgas ontstaan bij de verbranding ervan, maar er worden ook broeikasgasemissies veroorzaakt door de winning, gasbehandeling, bij LNG om het vloeibaar en weer gasvormig maken, en bij het transport van aardgas. Het gaat hierbij om methaan en CO₂. Wat voor het halen van de Nederlandse emissiedoelen van belang is, is dat de emissies door winning binnen het Nederlands grondgebied, waar het Nederlands deel van het continentaal plat ook bij hoort, meetellen voor de Nederlandse broeikasgasemissies conform het IPCC. De emissies als gevolg van de winning, behandeling en transport van geïmporteerd aardgas tellen niet mee voor de nationale emissies conform het IPCC.

Er is meer aandacht voor het terugdringen van de methaanuitstoot sinds de COP26 in Glasgow. De Verenigde Staten en de Europese Unie hebben landen uitgenodigd een verklaring hierover te ondersteunen. Meer dan honderd landen hebben afgesproken de methaanuitstoot in 2030 met 30% ten opzichte van 2020 te hebben teruggebracht (Global Methane Pledge (EC & USA, 2021)).

4.2 Aanpak/methodiek

Voor de emissies bij winning, behandeling en transport is gebruik gemaakt van gegevens uit een recent rapport van Royal Haskoning DHV (RHDHV, 2022). Dit rapport geeft het meest recente en meest complete overzicht van de ketenemissies van aardgas zoals dat in Nederland wordt gebruikt. Het rapport stelt op basis van satellietmetingen dat de gerapporteerde methaanemissies van Russisch en Noord-Amerikaans (USA) aardgas waarschijnlijk onderschat zijn. Bij Noord-Amerikaans gas heeft dit te maken met methaanlekage door fracking.

In 2020 is door de olie- en gasector onder leiding van NOGEPa (nu ElementNL) een methaanreductieprogramma uitgevoerd waarmee de methaanemissie met 90% is gereduceerd. TNO heeft in opdracht van de sector validatiemetingen gedaan voor de gerapporteerde emissieniveaus. Op dit moment loopt er een vervolgprogramma voor CO₂-emissiereductie, waarbij onder andere wordt gekeken naar elektrificatie van eigen aardgasverbruik op platforms voor bijvoorbeeld compressoren. Hierdoor wordt de CO₂-uitstoot ten gevolge van gasturbines gereduceerd. De effecten van dit programma zijn nog niet verwerkt in de bron voor de broeikasgasemissies van aardgasketen die we hebben gebruikt en hierboven is beschreven.

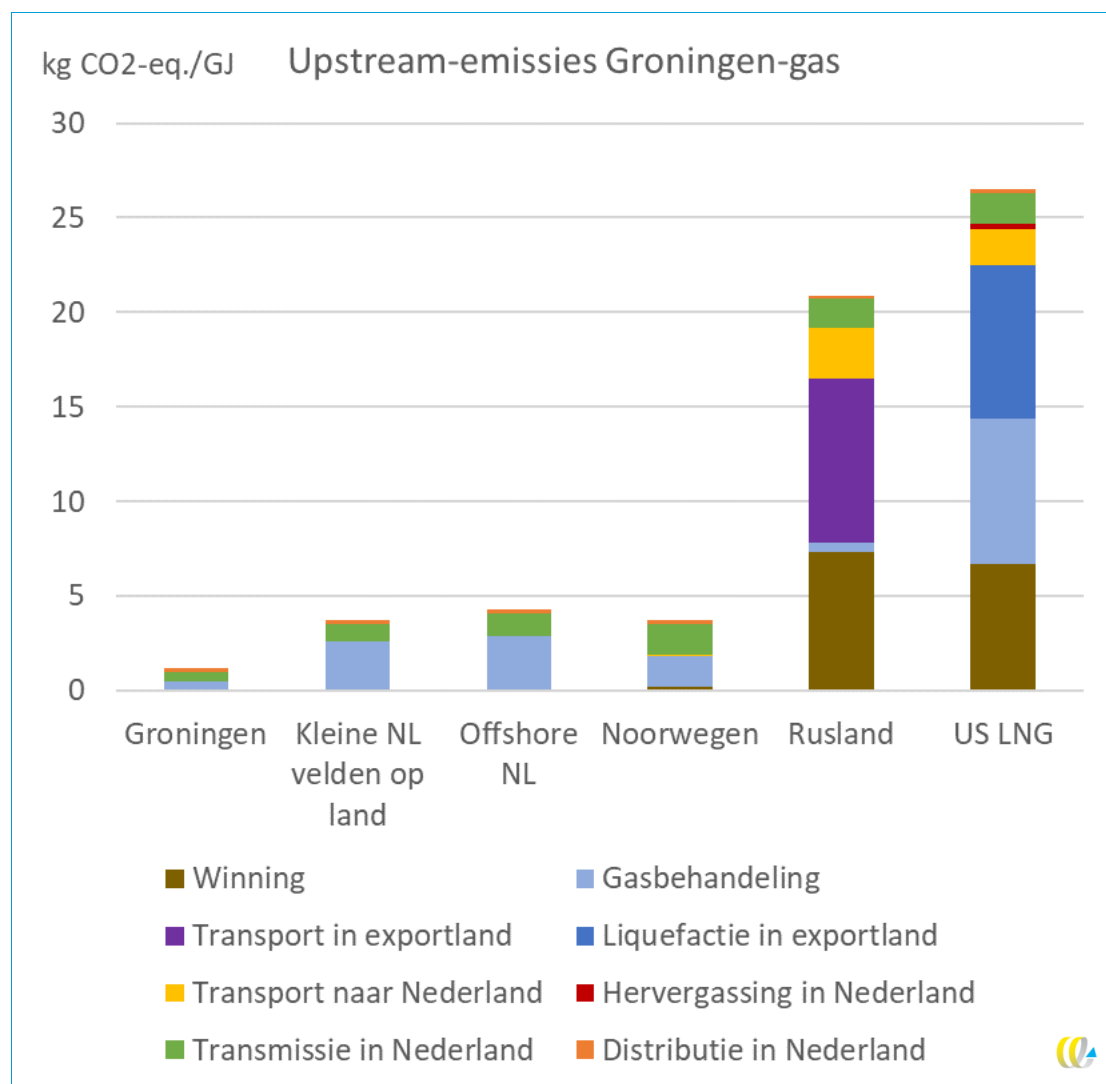
4.3 Resultaat: Broeikasgasemissies aardgasketen

Figuur 9 toont de zogenaamde upstream-emissies van aardgas van verschillende herkomst, dat wil zeggen de broeikasgasemissies ten gevolge van de winning, gasbehandeling, bij LNG het vloeibaar en later weer gasvormig maken en transport van aardgas. Hier is uitgegaan van het produceren van gas van Groningenkwaliteit. De veel grotere upstream-emissies van Russisch en Amerikaans gas springen er duidelijk uit. Russisch gas heeft een bijna vijf maal zo grote upstream-emissie per eenheid energie als gas van de Nederlandse Noordzee, en

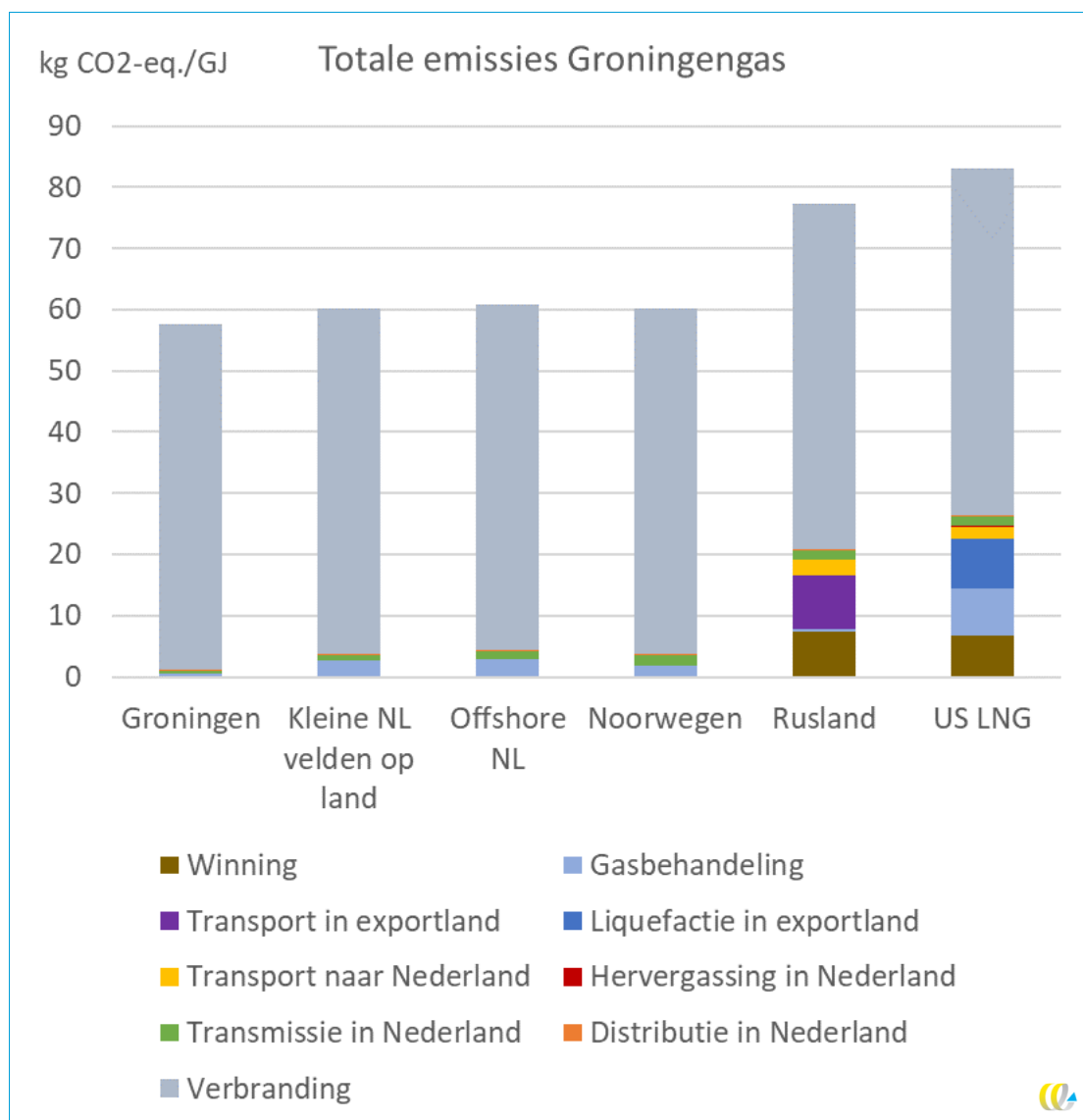
Amerikaans LNG meer dan zes maal. Noors gas heeft een wat kleinere upstream-emissie dan Nederlands Noordzeegas, ruim 12% minder.

De emissies door verbranding zijn veel groter dan de upstream-emissies; bij Nederlands gas van de Noordzee gaat het om een Factor 13. Als ook de emissies door de verbranding worden meegenomen, zoals getoond in Figuur 10, nemen de relatieve verschillen af. In dat geval zijn de emissies van Russisch gas ruim een kwart hoger dan van Nederlands gas van de Noordzee en Amerikaans LNG ruim een derde.

Figuur 9 - Broeikasgasemissies ten gevolge van de winning, behandeling en transport van aardgas van verschillende herkomst ('upstream-emissies')



Figuur 10 - Broeikasgasemissies ten gevolge van de winning, behandeling, transport en verbranding van aardgas van verschillende herkomst



De emissies ten gevolge van de winning, behandeling en transport van aardgas van het Nederlands deel van de Noordzee in het scenario 'Hoog' zouden pieken op afgerond 0,9 Mton CO₂-eq. in 2032. Deze emissies zouden in het geval van eenzelfde hoeveelheid geïmporteerd LNG 5,3 Mton bedragen, een verschil van (afgerond) 4,5 Mton CO₂-eq. in 2032.

Bij het beoordelen van de broeikasgaseffecten van meer winning van gas op het Nederlands deel van de Noordzee spelen meerdere overwegingen een rol:

- De upstream-broeikasgaseffecten van aardgas vanuit het Nederlands deel van de Noordzee zijn iets groter dan die van Noors gas, maar aanzienlijk kleiner dan die van geïmporteerd aardgas uit de USA of Rusland.
- Als in Nederland gewonnen aardgas geïmporteerd aardgas vervangt zou dat de wereldwijde upstream-emissies kunnen verlagen, maar alleen als door de winning van Nederlands gas de gaswinning in het buitenland zou verminderen. Vanwege de lage

productie in Nederland, in vergelijking tot de mondiale productie en redenen voor producenten elders op de wereld, om zo snel mogelijk zoveel mogelijk gas te winnen lijkt het echter waarschijnlijk dat er geen of nauwelijks verminderend effect op de mondiale gaswinning zijn door de Nederlandse productie. In die zin zijn de Nederlandse upstream-emissies in feite additioneel en stijgen de mondiale emissies bij toename van de Nederlandse winning. Het gaat in verhouding tot de mondiale emissies wel om een hoeveelheid die als verwaarloosbaar kan worden gezien.

- Strikt geredeneerd vanuit het Nederlandse emissiedoel is het importeren van aardgas gunstiger dan het in eigen land winnen van aardgas, omdat upstream-emissies meetellen in het land van winning.
- Vanuit een ketenbenadering van de broeikasgasemissies van in Nederland gebruikt aardgas zou het zoveel mogelijk gebruiken van Nederlands aardgas gunstig zijn.
- Naast klimaat zijn er ook andere belangen: leveringszekerheid, diversificatie van bronnen van aardgas, inkomsten voor de overheid en lagere nationale kosten leveren argumenten vóór winning op de Noordzee.

5 Koolstofbudget voor Nederland

5.1 Introductie

In het Akkoord voor de Noordzee (NZA) is afgesproken dat het Nederlandse energie- en klimaatbeleid en daarbinnen het aardgasgebruik en -winning te allen tijde in lijn moeten zijn met de doelen van het Akkoord van Parijs. In dit kader staat er in het NZA over gaswinning op de Noordzee en de relatie tot het Akkoord van Parijs dat rekening gehouden moet worden met:

- “Het wereldwijd beschikbare koolstofbudget dat beschikbaar is om met grote zekerheid aan de Parijsdoelstellingen te voldoen en hoe dit budget eerlijk verdeeld zou moeten worden tussen landen, wat dat betekent voor de CO₂-uitstoot van het Nederlandse gasgebruik.
- Scenario’s ontwikkelen waarbij het 80% zeker is dat de 1,5 graden gehaald zal worden en 100% zeker is dat de 2-gradengrens gehaald zal worden en die doorvertalen naar wat deze scenario’s betekenen voor het Nederlandse koolstofbudget en welke reductie dat vereist.”⁶

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe een koolstofbudget voor Nederland eruit kan zien. Eerst wordt de achtergrond van een koolstofbudget geschetst. Daarna wordt de methodiek van de berekening omschreven en wordt het mondiaal koolstofbudget gegeven op basis van het laatste IPCC-rapport. Tot slot wordt beschreven hoe de toedeling naar Nederland eruit kan zien, op grond van de ethische hoofdstromingen die zich vertalen in verschillende politiek/filosofische benaderingen van het verdelingsvraagstuk.

5.2 Achtergrond van het koolstofbudget

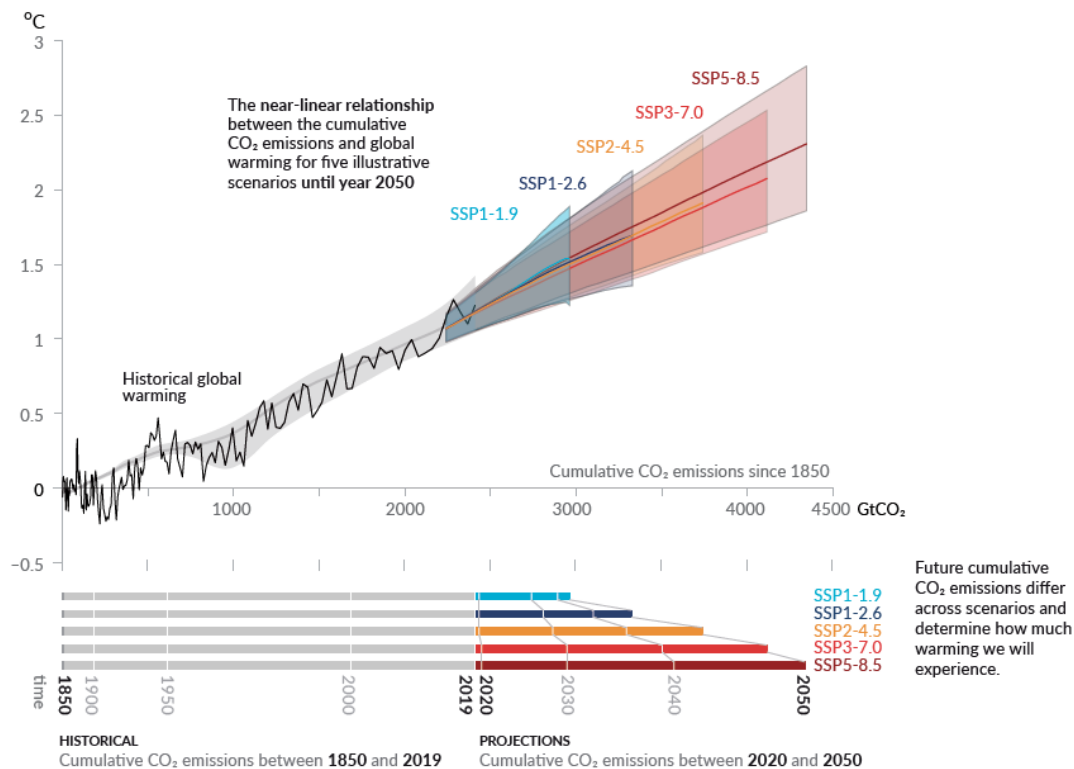
Een koolstofbudget gaat uit van een cumulatieve hoeveelheid CO₂ (door het IPCC gerekend vanaf 1850) en geeft weer hoeveel CO₂ er mondiaal nog uitgestoten mag worden binnen een bepaald mondiaal opwarmingsscenario, zie Figuur 11. De figuur toont de vrijwel lineaire relatie tussen de mondiale cumulatieve CO₂-emissies en de mondiale opwarming. Na uitputting van dat budget mag er geen enkele netto-uitstoot meer plaatsvinden. Over de precieze grootte van het budget voor een bepaalde temperatuurstijging bestaat in de wetenschap geen volledige overeenstemming (Carbon Brief, 2018), maar in dit rapport wordt uitgegaan van de budgetten zoals vastgesteld door het IPCC. Vanwege het cumulatieve karakter verschilt een budget van een reductiedoelstelling in een bepaald jaar; alle uitstoot binnen de gehele periode telt in het geval van een budget even zwaar mee.

⁶ NB: Door de opdrachtgevers is besloten om alleen naar 1.5 °C te kijken en niet naar 2 °C-scenario's.



Figuur 11 - Historische (cumulatieve) CO₂-uitstoot (grijze balkjes onderaan) en de daaraan gerelateerde temperatuurstijging (in grijze bandbreedte in de grafiek)

Global surface temperature increase since 1850–1900 (°C) as a function of cumulative CO₂ emissions (GtCO₂)



Bron: (IPCC, 2022).

De vijf gekleurde uiteinden op de onderste balkjes zijn de koolstofbudgetten volgens verschillende scenario's met in de grafiek de corresponderende verdere temperatuurstijging. Het kleinste (lichtblauwe) balkje geeft het scenario met 1,5 graad opwarming weer.

De aanduidingen van de scenario's refereren aan 'shared socio-economic pathways' met bepaalde waarden voor stralingsforcering (dus niet temperatuurstijging) .

Het concept van een koolstofbudget is relatief nieuw en werd voor het eerst gelanceerd in het vijfde IPCC-rapport (IPCC, 2013). In dat rapport werd ingegaan op de cumulatieve hoeveelheid CO₂-uitstoot als gevolg van menselijke activiteit. In voorgaande IPCC-rapporten werd het klimaatprobleem nog uitsluitend geschetst aan de hand van atmosferische broeikasgasconcentraties en de noodzaak tot stabilisatie daarvan op langere termijn (Lahn, 2020).

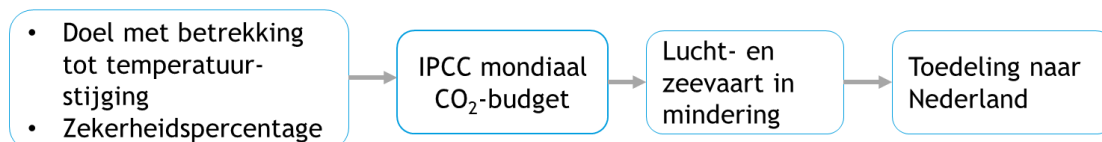
De kern van de IPCC-rapportages blijft het stabiliseren van de mondiale temperatuur op een bepaald niveau. Het koolstofbudget is een manier om dat te vertalen naar handelingsperspectief.

Het Akkoord van Parijs (2015) bepaalt dat het beperken van klimaatverandering dient te geschieden door middel van sterke emissiereductie teneinde in de tweede helft van deze eeuw een evenwicht te bereiken tussen uitstoot en opname van broeikasgassen (UN, 2015). Het Akkoord van Parijs bevat dus zelf geen afspraken over een koolstofbudget, maar tegelijkertijd zijn de opgetelde nationale bijdragen van de uitwerking van het akkoord onvoldoende om binnen de twee graden te blijven (UNEP, 2022).

5.3 Aanpak

Een koolstofbudget is de hoeveelheid toebedeelde CO₂ die de wereld maximaal nog mag uitstoten, uitgaande van bepaalde aannames. Er bestaat geen eenduidig mondiaal budget en ook voor de toedeling naar landen zijn verschillende mogelijkheden die allemaal voor- en nadelen hebben. Zo is in het WRR-rapport over verdelende rechtvaardigheid in het klimaatbeleid beschreven hoe keuzes met betrekking tot toedeling van een klimaatbudget samenhangen met politiek-ethische opvattingen (WRR, 2021). Aangezien de toerekening naar Nederland politieke keuzes vergt, is er voor gekozen om verschillende toedelingsopties uit te werken. In Figuur 12 is weergegeven hoe de werkwijze eruit ziet om te komen tot een Nederlands koolstofbudget: er wordt een onder- en bovengrens genomen voor het mondiaal koolstofbudget, samenhangend met een zekerheidspercentage voor het realiseren van de maximaal 1,5 °C mondiale opwarming. Daarop wordt een aandeel voor de internationale lucht- en zeevaart in mindering gebracht. Op het resterende mondiale budget worden verschillende methodes toegepast voor toedeling naar Nederland.

Figuur 12 - werkwijze om tot een koolstofbudget voor Nederland te komen



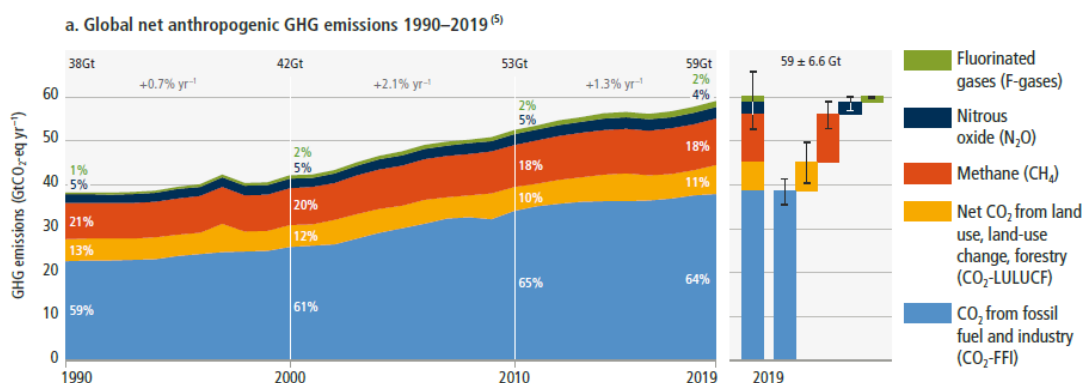
5.3.1 CO₂ en andere broeikasgassen

Een koolstofbudget heeft alleen betrekking op CO₂ en niet op andere broeikasgassen zoals methaan (CH₄), lachgas (N₂O) of F-gassen. De reden hiervoor is ten eerste dat CO₂ niet wordt afgebroken in de atmosfeer en duizenden jaren in de atmosfeer blijft. Ook als de mensheid volledig zou stoppen met CO₂-uitstoot, zou het opwarmingseffect dat uitgaat van de CO₂-concentratie in de atmosfeer op hetzelfde niveau doorzetten.

Andere broeikasgassen worden eerder afgebroken waardoor er moeilijk een cumulatieve boekhouding kan worden bijgehouden. Bovendien hangen lachgas en methaan ook samen met landbouw en natuur, en de emissies daarvan kunnen niet naar nul zoals met fossiele CO₂ wel het geval is. Bij het opstellen van de budgetten is door het IPCC wel de aanname gemaakt dat andere broeikasgasemissies ook sterk worden gereduceerd. Tevens is de lineaire relatie tussen cumulatieve CO₂-emissies en opwarming van de aarde duidelijk aan te wijzen (zie Figuur 11), maar is dit voor andere broeikasgassen - die soms een sterker broeikaseffect geven maar korter leven - ingewikkelder. Bij dat lineaire verband houden twee niet verwante processen elkaar in evenwicht: bij toenemende concentratie van CO₂ in de atmosfeer neemt het opwarmingseffect per extra ton CO₂ iets af. Maar dit effect wordt weer opgeheven door de afnemende capaciteit van de oceanen en de biosfeer om CO₂ op te nemen (Lahn, 2020).

CO₂ is met een aandeel van 75% in het totaal aan CO₂-equivalenten ook het belangrijkste broeikasgas: in 2019 was 64% van alle broeikasgassen CO₂ uit fossiele bronnen, 11% was CO₂ uit verandering in landgebruik en 25% bestond uit andere broeikasgassen. Overigens is de uitstoot van andere broeikasgassen deels gerelateerd aan de CO₂-uitstoot, dus heeft CO₂-reductie ook een effect op emissie van andere broeikasgassen (belangrijke uitzonderingen zijn landbouw en afvalverwerking).

Figuur 13 - Verhouding tussen wereldwijd uitgestoten broeikasgassen sinds 1990 (IPCC, 2022). De verticale as is uitgedrukt in CO₂-equivalent



Aanvankelijk werd het koolstofbudget expliciet in verband gebracht met de CO₂-inhoud van de fossiele bronnen die nog in de aarde zitten (zoals steenkool en bruinkool, aardolie en aardgas) (Lahn, 2020). In de jaren '90, toen de bewustwording over klimaatverandering toenam, gingen wetenschappers vergelijkingen maken tussen koolstof in bewezen reserves, de resulterende atmosferische concentraties in geval van winning en verbranding daarvan, en de daaruit resulterende mondiale opwarming. Hieruit bleek dat de bewezen reserves de vanuit de klimatriscico's verantwoorde hoeveelheid vele malen overstegen.

Het eerste IPCC-koolstofbudget (gebaseerd op jaar 2011) toonde aan dat eigenlijk maar een klein deel (5 tot 11%) van de bewezen reserves uit de grond gehaald kon worden om met 66% kans onder de 1,5 °C te blijven, en 14-27% om onder de 2 °C te blijven (IPCC, 2014b). De vermelding van CO₂-inhoud van fossiele reserves is in de laatste editie van het IPCC-rapport verdwenen. De relatie tussen de maximale opwarmingsdoelstelling van 1,5 °C en de mondiale winning van fossiele brandstoffen wordt wel in recente analyses van IEA en UNEP beschreven (SEI, 2021, IEA, 2021). Die rapporten laten een soortgelijk beeld zien. IEA meldt dat 1,5 °C maximale opwarming betekent dat er geen nieuwe investeringen meer nodig zijn in nieuwe productie van fossiele energiebronnen.

5.3.2 Internationale lucht- en zeevaart

In 2020 was ongeveer 4% van de wereldwijde CO₂-uitstoot toe te schrijven aan de internationale lucht- en zeevaart. Deze emissies vallen, net als emissies van energie, mobiliteit, landbouw, etc., onder het Akkoord van Parijs en zullen ook naar netto-nul moeten om de temperatuurstijging te beperken. De uitstoot van internationale lucht- en zeevaart valt vanwege het mondiale karakter echter buiten de nationale rapportage aan het UNFCCC, maar het beleid voor deze sectoren wordt primair bepaald binnen de VN-organisaties ICAO en IMO. Derhalve zijn die twee sectoren ook niet opgenomen in de emissiereductieplannen die landen hebben opgesteld naar aanleiding van het Akkoord van Parijs.

In dit rapport wordt de internationale lucht- en zeevaart eveneens opgevat als wereldwijd opererend en wordt het koolstofbudget voor de sector in mindering gebracht bij het mondiale budget dat over landen wordt verdeeld. In lijn met het koolstofbudget wordt verondersteld dat lucht- en zeevaart zich ontwikkelen overeenkomstig de 1,5 °C-doelstelling (Maersk McKinney Møller Center for Zero Carbon Shipping, 2021). De aanname is echter dat dit onafhankelijk van individuele staten geschiedt en het budget dat er voor nodig is wordt niet verder verdeeld over staten.

5.3.3 CCS en negatieve emissies

Antropogene netto negatieve emissies nadat het punt van netto nulemissie is bereikt zijn in elk mondiaal 1,5 °C-scenario vereist. In de periode tot 2100 moet er wereldwijd, afhankelijk van het gevolgde opwarmingsscenario, tussen de 60 en 360 Gt CO₂ permanent uit de atmosfeer worden verwijderd (IPCC, 2022). Dit kan onder andere gebeuren door grootschalige herbebossing, gebruik van biomassa in combinatie met afvang en vastlegging of opslag van CO₂ (BECCS), of directe afvang uit de lucht (Direct Air Capture of DAC) in combinatie met vastlegging of opslag (DACCS). Ook de emissiereductiepaden die de EU en Nederland hanteren (-55% in 2030 ten opzichte van 1990, -70% in 2035, -80% in 2040 en netto nul in 2050) impliceren negatieve emissies in de tweede helft van de 21^e eeuw, om de mondiale temperatuurstijging op maximaal 1,5 °C uit te laten komen⁷. Momenteel wordt echter geen van deze technieken op grote schaal toegepast en DAC moet technologisch nog grotendeels ontwikkeld worden. Ook voor BECCS bestaan er obstakels bij grootschalige toepassing: onder andere beperkte ruimte en opslagcapaciteit en risico's voor biodiversiteit.

Er is in overleg met de opdrachtgevers voor gekozen om in de berekeningen niet alvast een grote hoeveelheid CCS en negatieve emissies op te nemen, maar alleen uit te gaan van wat met de huidige stand van zaken zo goed als zeker is. Dit komt neer op 220 Mton cumulatief in 2050 volgens de omvang van CCS in de KEV 2022 t/m 2040 en vervolgens een extrapolatie naar 2050 op hetzelfde niveau (8,8 Mton/jaar). De KEV gaat voor CCS daarbij uit van reeds vastgesteld beleid (Klimaatakkoord). Die emissiereducties hebben we voor Nederland bij het budget opgeteld, om reden dat we de invulling van het budget hebben uitgesplitst per soort bron/brandstof, en de toedeling van de genoemde omvang aan CCS naar soort bron/brandstof niet bepaald is. Om toch beide in dezelfde figuur te kunnen weergeven hebben we voor deze weergave gekozen.

De potentiëlen van CCS en negatieve emissies zijn groter dan wat in de berekeningen is aangenomen. Toepassing daarvan vergt politieke keuzes. Het potentieel voor CO₂-opslag onder het Nederlands deel van de Noordzee ten behoeve van CCS is door TNO bepaald op 1.700 Mton (EBN & Gasunie, 2018). Dat is veel, maar laat ook zien dat het potentieel eindig is.

Ter vergelijking: de huidige CO₂-emissie van Nederland is circa 140 Mton per jaar. PBL heeft een uitgebreide verkenning uitgevoerd wat het potentieel in Nederland is voor negatieve CO₂-emissies (Strengers et al., 2018). Het technisch potentieel is door PBL bepaald op 150 Mton CO₂ per jaar, het door PBL ingeschat realistisch potentieel voor negatieve emissies in Nederland is echter een stuk kleiner: 13 Mton in 2030 en 34 Mton in 2050⁸. Het gaat daarbij om binnenlands potentieel, niet om een internationaal systeem waarbij CO₂ in andere landen uit de atmosfeer wordt verwijderd en onder het Nederlands deel van de Noordzee wordt opgeslagen.

NCI betoogt dat Nederland een emissiereductiepad nastreeft dat niet zonder negatieve emissies kan om binnen de 1,5 °C mondiale opwarming te blijven, terwijl het realistisch Nederlands potentieel van negatieve emissies gering is, waardoor Nederland eigenlijk een emissiereductiepad zou moeten volgen dat sneller naar nul gaat (Fekete et al., 2022).

⁷ De formele doelen van EU en Nederland zijn zelfs om voor de totale broeikasgasemissie op netto nul uit te komen in 2050. Omdat lachgas en methaan vrijkomen uit landbouw en natuur kunnen die niet naar nul, zodat deze doelstelling al negatieve CO₂-emissies impliceert eerder dan 2050, en een netto nul CO₂ rond circa 2040.

⁸ Met een kanttekening dat PBL het realistisch potentieel van biomassacentrales met post-combustion CO₂-afvang (BECCS) op nul heeft gezet, maar dat er op dit moment wel marktpartijen zijn die dat als reële mogelijkheid zien.



5.3.4 Uitgangspunt temperatuurstijging en onzekerheid

Bij het vaststellen van een mondiaal koolstofbudget moeten er aannames gedaan worden over de maximale temperatuurstijging en over de mate van zekerheid dat die stijging niet overschreden wordt bij het vastgestelde budget. In Figuur 14 zijn de verschillende mondiale koolstofbudgetten zoals vastgesteld door het IPCC weergegeven. Er komt uit naar voren dat de cumulatieve CO₂-uitstoot tot en met 2019 neerkwam op bijna 2.400 Gt. Om de temperatuurstijging te beperken tot 1,5 °C loopt het resterend budget volgens verschillende niveaus van zekerheid uiteen van 300 tot 900 Gt (dus bovenop de reeds uitgestoten 2.400 Gt).

Figuur 14 - Koolstofbudgetten voor verschillende zekerheden en temperatuurstijgingen van 1,5 tot 2 graden.⁹ 50% zekerheid wil zeggen dat er een kans is van 50% om met dat budget op de aangegeven temperatuurstijging uit te komen, en 50% om eronder uit te komen

Table SPM.2 | Estimates of historical carbon dioxide (CO₂) emissions and remaining carbon budgets. Estimated remaining carbon budgets are calculated from the beginning of 2020 and extend until global net zero CO₂ emissions are reached. They refer to CO₂ emissions, while accounting for the global warming effect of non-CO₂ emissions. Global warming in this table refers to human-induced global surface temperature increase, which excludes the impact of natural variability on global temperatures in individual years.
[Table 3.1, 5.5.1, 5.5.2, Box 5.2, Table 5.1, Table 5.7, Table 5.8, Table TS.3]

Global Warming Between 1850–1900 and 2010–2019 (°C)		Historical Cumulative CO ₂ Emissions from 1850 to 2019 (GtCO ₂)					Variations in reductions in non-CO ₂ emissions ^c
1.07 (0.8–1.3; likely range)		2390 (± 240; likely range)					
Approximate global warming relative to 1850–1900 until temperature limit (°C) ^a	Additional global warming relative to 2010–2019 until temperature limit (°C)	Estimated remaining carbon budgets from the beginning of 2020 (GtCO ₂)					
				Likelihood of limiting global warming to temperature limit ^b			
		17%	33%	50%	67%	83%	
1.5	0.43	900	650	500	400	300	Higher or lower reductions in accompanying non-CO ₂ emissions can increase or decrease the values on the left by 220 GtCO ₂ or more
1.7	0.63	1450	1050	850	700	550	
2.0	0.93	2300	1700	1350	1150	900	

^a Values at each 0.1°C increment of warming are available in Tables TS.3 and 5.8.

^b This likelihood is based on the uncertainty in transient climate response to cumulative CO₂ emissions (TCRE) and additional Earth system feedbacks and provides the probability that global warming will not exceed the temperature levels provided in the two left columns. Uncertainties related to historical warming (±550 GtCO₂) and non-CO₂ forcing and response (±220 GtCO₂) are partially addressed by the assessed uncertainty in TCRE, but uncertainties in recent emissions since 2015 (±20 GtCO₂) and the climate response after net zero CO₂ emissions are reached (±420 GtCO₂) are separate.

^c Remaining carbon budget estimates consider the warming from non-CO₂ drivers as implied by the scenarios assessed in SR1.5. The Working Group III Contribution to AR6 will assess mitigation of non-CO₂ emissions.

Bron: (IPCC, 2022).

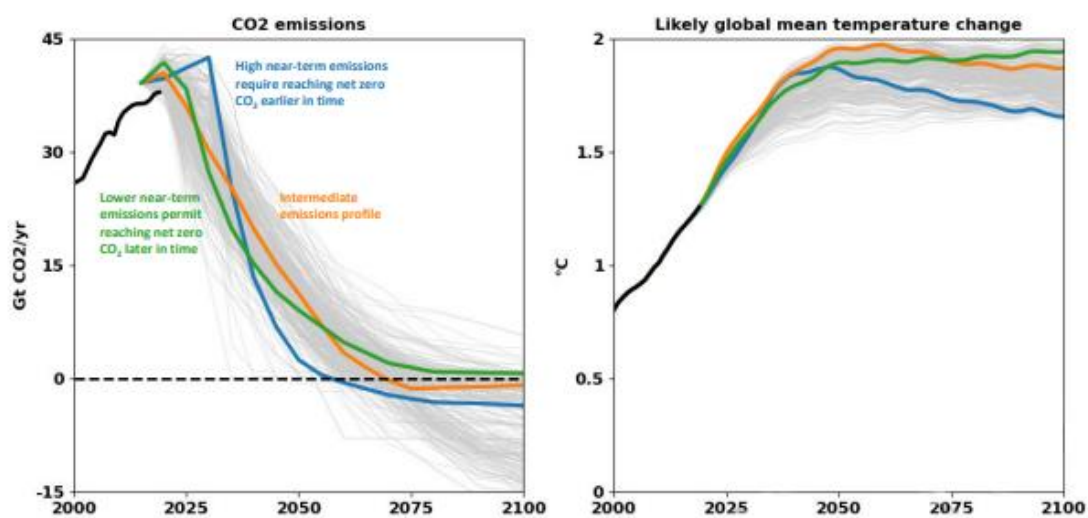
In het Akkoord van Parijs is het doel gesteld op een stijging van ruim onder de 2 °C en te streven naar een beperking tot maximaal 1,5 °C, in het NZA is er sprake van scenario's voor 100% onder de 2 °C en 80% onder de 1,5 °C. De IPCC-koolstofbudgetten bieden geen 100% zekerheid. Wetenschappelijk gezien is 100% zekerheid vrijwel onmogelijk, zeker wanneer er sprake is van een dermate complex systeem zoals het klimaat en de al bijna net zo complexe klimaatmodellen.

⁹ In de bijschriften van deze IPCC-tabel en in de tabel zelf staat beschreven dat de CO₂-budgetten in de tabel zijn berekend onder scenario-aannames over de emissiereducties van de andere broeikasgassen. Hogere of lagere reducties in de emissies van die andere broeikasgassen geven andere CO₂-emissiebudgetten.



Door de jarenlange uitstoot van broeikasgassen is de huidige concentratie CO₂ in de atmosfeer al zo hoog, dat het aanleiding geeft om de kans op 1,5 °C opwarming enige tijd geleden al op 33% in te schatten (Carbon Brief, 2017). Zelfs bij direct en radicaal ingrijpen zal de temperatuurstijging nog enige tijd doorzetten. In Figuur 15 is weergegeven welk wereldwijd emissiereductiepad er gevolgd moet worden om de temperatuurstijging onder de twee graden te houden: de jaarlijkse mondiale uitstoot van ongeveer 40 Gt (die nog steeds stijgt) moet met een buitengewoon steile lijn richting nul-emissie (of zelfs naar negatief). Om binnen de 1,5 °C te blijven is dus nog radicalere reductie/negatieve emissie noodzakelijk.

Figuur 15 - Drie scenario's voor wereldwijde emissiereductie (links) en de corresponderende temperatuurstijging (rechts)



Bron: (IPCC, 2021).

De opdracht is om voor dit onderzoek gebruik te maken van een koolstofbudget dat hoort bij een maximale temperatuurstijging van 1,5 °C. Dit is in lijn met het klimaatdoel zoals omschreven in het Coalitieakkoord en in lijn met de groeiende internationale inzichten om klimaatverandering te beperken tot 1,5 °C (VVD et al., 2021, UNEP, 2022).

Rekening houdend met de onzekerheid die gepaard gaat met een koolstofbudget wordt voor dit onderzoek uitgegaan van een onzekerheidsmarge van 50 tot 83%. De onzekerheidsmarge bepaalt hoe zeker het is dat een bepaalde temperatuurstijging met een bepaald budget wordt gehaald. Bij 50% zekerheid worden de middelste gekleurde lijnen uit Figuur 11 gevolgd. Er is dan dus 50% kans om onder en 50% kans om boven de temperatuurstijging uit te komen.

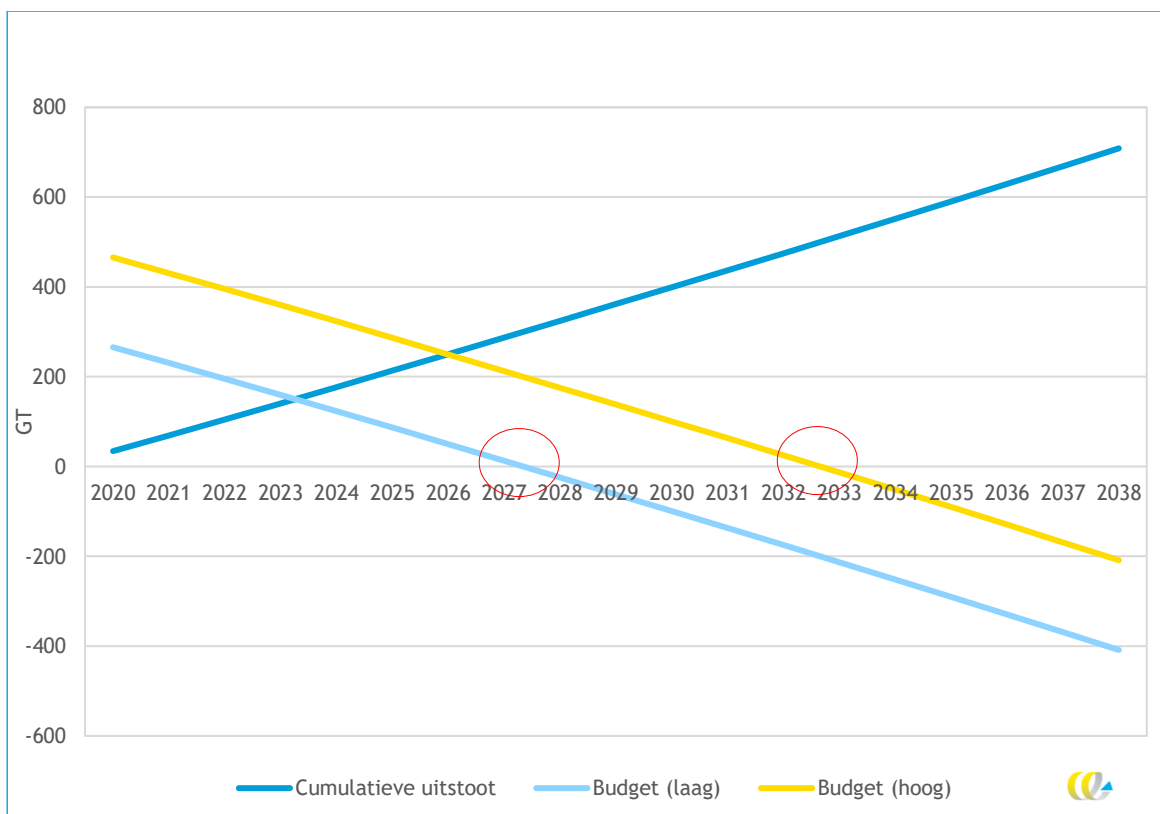
Met aftrek van lucht- en zeevaart leidt een onzekerheid van 50 tot 83% tot een mondiaal te verdelen resterend budget van 278 tot 478 Gt CO₂, respectievelijk. In de rest van het rapport wordt de aanduiding 300, 400 en 500 gebruikt voor respectievelijk de lage, midden en hoge budgetvariant in de recente IPCC-rapporten.

Tabel 2 - Mondiaal resterend koolstofbudget, behorend bij maximale mondiale opwarming van 1,5 °C

	Lage variant	Midden variant	Hoge variant
Mondiaal koolstofbudget (Gton)	300	400	500
Zekerheid (%)	83%	67%	50%
Zee- en luchtvaart (Gton cumulatief, tot nul-emissie in 2050)			22
Koolstofbudget (Gton), te verdelen over de landen	278	378	478

Het mondiale resterende budget dat verbonden is met de hierboven benoemde aannames is zeer scherp wanneer wordt uitgegaan van de huidige mondiale uitstoot en de prognose over hoe dit zich gaat ontwikkelen richting 2050 op grond van de huidige invulling van de Parijs-afspraken. Ondanks het Akkoord van Parijs en de door de VN en het IPCC benadrukte noodzaak om de broeikasgasuitstoot snel te verlagen, is momenteel de verwachting dat de mondiale uitstoot nog geleidelijk door zal stijgen (UNEP, 2022, EIA, 2022). Indien deze prognose wordt gevolgd, zal de lage variant van het mondiaal koolstofbudget in 2027 en de hoge variant in 2033 uitgeput zijn, zie Figuur 16.

Figuur 16 - De wereldwijde cumulatieve CO₂-uitstoot vanaf 2020 en het verloop van het resterend budget. De negatieve waarden voor de lichtblauwe en gele lijn geven geen negatieve emissies aan, maar wel de behoefte aan negatieve emissies. (EIA, 2022). De rode cirkels geven het moment aan waarop het mondiaal budget is opgesoupeerd.



De EU27, VK, VS, Canada en Australië zijn momenteel verantwoordelijk voor ongeveer een kwart van de wereldwijde, jaarlijkse CO₂-uitstoot. Indien deze landen in 2020 al de situatie van netto nulmissie hadden bereikt, en dus niet meer zouden bijdragen aan het opsouperen van het budget, dan zou het lage en hoge mondiale koolstofbudget ten laatste in respectievelijk 2030 en 2036 uitgeput zijn. Dit zou dus slechts een verschuiving van drie jaar opleveren.

De eisen die een koolstofbudget stelt nopen derhalve tot scherpe emissiereducties in zowel ontwikkelde als ontwikkelende landen. Uitgaande van een budget voor 1,5 °C is er dus ook voor ontwikkelende landen nauwelijks ruimte voor het op- of uitbouwen van een op fossiele brandstoffen gebaseerde economie.

5.3.5 Kans op maximaal 1,5 °C opwarming in IPCC en in NZA

Het IPCC geeft mondiale koolstofbudgetten met verschillende waarschijnlijkheden dat de opwarming daadwerkelijk beperkt blijft tot een bepaalde maximale temperatuurstijging. Bij maximaal 1,5 °C mondiale opwarming loopt de door het IPCC gegeven bandbreedte van 900 Gton bij 17% waarschijnlijkheid tot 300 Gton bij 83% waarschijnlijkheid. Hoe groter de waarschijnlijkheid, hoe kleiner het CO₂-budget. In het regime tussen 50 en 83% waarschijnlijkheid is het verband tussen kans en CO₂-budget lineair. Een percentage van 50% op maximaal 1,5 °C opwarming betekent 50% kans dat de opwarming minder is dan 1,5 °C, en 50% kans dat de opwarming meer is. Bij een kans van 83% is er 83% kans dat de opwarming minder is, en 17% kans op meer.

Het IPCC doet geen uitspraak over welk waarschijnlijkheidspercentage het 'juiste' is. Het vergt een politieke keuze hoeveel risico men wil lopen dat de mondiale temperatuur uiteindelijk hoger wordt dan een afgesproken niveau. De IPCC-tabel geeft de volledige bandbreedte, maar in de IPCC-grafieken voor beleidsmakers worden alleen scenario's weergegeven die horen bij de 50 en 67% kansen. De reden is dat die waardes als het meest beleidsrelevant worden beschouwd oftewel het meest in de belangstelling staan bij beleidsmakers.

In het NZA staat: 'Het wereldwijd beschikbare koolstofbudget dat beschikbaar is om met grote zekerheid aan de Parijsdoelstellingen te voldoen'. In het NZA is dat gekwantificeerd door uit te gaan van mondiale koolstofbudgetten waarbij er 80% zekerheid is dat de 1,5 graden gehaald zal worden en 100% zeker is dat de opwarming binnen de 2 graden blijft. In de opdracht voor dit onderzoek is die 2 graden verlaten en wordt alleen gekeken naar maximaal 1,5 graden mondiale opwarming.

Het mondiale koolstofbudget dat hoort bij de NZA-afspraken van 80% kans op maximaal 1,5 graden mondiale opwarming is door lineaire interpolatie af te leiden uit de waardes in de IPCC-tabel in Figuur 14, en komt uit op **319 Gton**.

De opdracht voor deze studie is om de vraagstelling te beantwoorden en daarbij uit te gaan van de laatste rapporten van het IPCC. We hebben daartoe in de grafieken en tabellen de bandbreedte getoond die hoort bij de mondiale koolstofbudgetten die overeenkomen met de kansen van 50, 67 en 83% zoals getoond in de IPCC-publicaties, en de 80% kans op maximaal 1,5 °C zoals afgesproken in het NZA als dikke getrokken lijn of kolom getoond.

5.4 Toedeling koolstofbudget naar landen

Een mondiaal koolstofbudget refereert aan een collectieve verantwoordelijkheid van de wereldgemeenschap. De werkelijke verantwoordelijkheid echter van historische, huidige en toekomstige emissies gaat schuil achter een pad-afhankelijke economische structuur waarin bepaalde individuen, bedrijven of landen in staat waren - of nog steeds zijn - om grote hoeveelheden fossiele brandstoffen te consumeren. De vooruitgang die fossiele economieën hebben opgeleverd voor de hele wereld (mobiliteit, communicatie, gezondheidszorg, etc.) wordt doorgaans niet betrokken bij het koolstofbudget.

Vanwege het wereld- en generatie-omspannende karakter is de toedeling van een mondiaal koolstofbudget naar landen eigenlijk alleen bruikbaar bij wereldwijde overeenstemming over de daarvoor te volgen methodiek. Dit is in de huidige (geo)politieke omstandigheden onwaarschijnlijk daar elke methode van toedeling naar landen, bedrijven of individuen gepaard gaat met ethische vraagstukken. Een complicerende factor hierbij is dat de uitstootongelijkheid (het verschil tussen individuen die verantwoordelijk zijn voor veel en weinig uitstoot) in meerderheid voortkomt uit ongelijkheid binnen landen en niet zozeer tussen landen (Carbon Brief, 2022).

Opvattingen over eerlijkheid hangen samen met verschillende mogelijke ethische keuzen. Dientengevolge is er geen eenduidige wetenschappelijke manier om het mondiaal budget eerlijk te verdelen over landen. In Paragraaf 5.6 gaan we in op jurisprudentie daarover.

In de bijdrage van de EU (waaronder Nederland) aan het UNFCCC is geen sprake van een budget, maar de EU beschouwt het bereiken van klimaatneutraliteit in 2050 als een 'eerlijke bijdrage' aan de doelen van Parijs (UNFCCC, 2020). In het Coalitieakkoord wordt dit doel ingebed in een lineair reductiepad vanaf 2030 (VVD et al., 2021).

5.4.1 Grondslag vanuit de ethiek

In de WRR-working paper 'Verdelende rechtvaardigheid in het klimaatbeleid' wordt door Davidson ingegaan op de ethische hoofdstromen met betrekking tot de verdeling van klimaatverplichtingen, waaronder het koolstofbudget (WRR, 2021). In het rapport is beschreven hoe de kijk op het verdelingsvraagstuk samenhangt met politiek-filosofische opvattingen die gebaseerd zijn op die ethische hoofdstromen. In de paper worden er vier besproken: rechts-libertarisme, links-libertarisme, liberaal-egalitairisme en utilitarisme.

De toedeling naar aandeel in de huidige mondiale uitstoot wordt in verband gebracht met rechts-libertarisme, terwijl de verdeling per capita aansluit bij de school van het links-libertarisme. Davidson stelt dat de rechts-libertaire opvatting uitgaat van het principe 'wie het eerst komt, het eerst maalt,' wat in essentie ook het fundament is van het internationaal recht waar het gaat om bezit. Het past bijvoorbeeld bij een verdeling van klimaatbudget op basis van huidige emissies, ook wel 'grandfathering' genoemd. Het links-libertarisme daarentegen beschouwt natuurlijke hulpbronnen (waaronder het koolstofbudget) als gemeenschappelijk goed waar niemand meer aanspraak op kan maken dan anderen, resulterend in een verdeling per capita.

De liberaal-egalitaire stroming ziet een noodzaak, en een rol voor de overheid, voor het corrigeren van onrechtvaardigheid die buiten de eigen verantwoordelijkheid ligt. De stroming biedt een minder eenduidige kijk op het verdelingsvraagstuk, maar zou wel een tegemoetkoming moeten bevatten voor de minst bevoordeelden. Ook het utilitarisme ziet de plicht voor meer vermogenden om schade elders zoveel mogelijk te voorkomen of op te heffen; de stroming stelt als doel het totale geluk, nut en welzijn (dus niet: *welvaart*) van alle betrokkenen te maximaliseren.

In studies zoals bijvoorbeeld van (Rajamani et al., 2021) wordt ook bij het verdelen van de klimaatopgave rekening gehouden met historische emissies. Een land dat in het verleden meer heeft uitgestoten, moet in de toekomst een hogere bijdrage leveren. In het rechts-libertarisme leiden de huidige emissies tot huidige rechten terwijl in het links-libertarisme de historische emissies de huidige rechten juist verminderen. Met het oog op een historisch rechtvaardigheidsgevoel valt er wat te zeggen voor de links-libertaire benadering, immers: dat er nog slechts een beperkt koolstofbudget over is om te verdelen, is het resultaat van eerdere emissies. Dit roept echter ook veel ethische vragen op, zoals intergenerationele aansprakelijkheid (WRR, 2021).

Davidson legt in zijn paper een op ethiek gebaseerd fundament voor de verschillende manieren om tegen het verdelen van een mondiaal klimaatbudget naar landen aan te kijken. Die verschillende manieren spannen een bandbreedte op, en we gebruiken dit denkraam in dit rapport. Welke verdelingsmethodiek uiteindelijk gevolgd wordt is een politieke keuze.

Davidson ziet het verdelingsvraagstuk hoofdzakelijk als een verdeling van emissierechten. Met die aanname zouden landen vervolgens via economische optimalisatie rechten kunnen kopen en verkopen. In dat geval zou er zowel voor landen met een tekort aan rechten als voor landen met een teveel aan rechten (ten opzichte van het hun internationaal toebedeelde budget) een prikkel ontstaan om zo weinig mogelijk emissies te hebben.

5.4.2 Common but differentiated responsibilities

Het tweede lid van Artikel 2 van het Akkoord van Parijs schrijft voor dat het implementeren van het Akkoord in overeenstemming moet zijn met het principe van billijkheid en met het principe van gemeenschappelijke doch gedifferentieerde verantwoordelijkheid en respectievelijke capaciteiten, in het licht van de nationale omstandigheden (UN, 2015). Dit is een iets afgezwakte versie van het bekende VN principe van *'Common but differentiated responsibilities (CBDR),'* dat in 1992 geformuleerd werd met betrekking tot klimaatverandering. Het principe stelt dat alle landen verantwoordelijk zijn voor het bestrijden van milieuproblematiek, maar niet in gelijke mate. Het geeft zo invulling aan het feit dat klimaatverandering tot nu toe voor een groot deel veroorzaakt is door de ontwikkelde landen. De toevoeging 'respectievelijke capaciteiten, in het licht van nationale omstandigheden' geeft aan dat landen verschillende capaciteiten hebben om iets tegen klimaatverandering te doen.

Nochtans is de enige praktische specificering die in de internationale politieke praktijk tot nu toe aan het principe wordt gegeven dat ontwikkelde landen de leiding moeten nemen in het bestrijden van klimaatverandering en de effecten daarvan. Het biedt dus maar beperkt houvast voor een methode van toedeling van een wereldwijd budget naar individuele landen (UNFCCC, 1992).

In het zogenoemde Paris Rulebook - dat voor het grootste gedeelte is vastgesteld tijdens COP24 in Katowice (2018) - staan richtlijnen over de implementatie van het Akkoord van Parijs. Het bevat echter geen verdere uitwerking van het CBDR principe in relatie tot de reductiedoelstelling. Er is slechts vastgelegd dat elke vijfjaarlijkse NDC (nationaal vastgesteld bijdrage) een hogere ambitie dient te hebben dan de voorgaande en uit dient te gaan van het CBDR-RC principe (UNFCCC, 2018).

Ook Davidson gaat in zijn paper in op hoe vanuit de verschillende ethische denkrichtingen tegen dat principe wordt aangekeken (WRR, 2021).



5.4.3 Overzicht andere studies

In deze paragraaf worden enkele andere visies op het budget besproken.

‘Fair share’-benadering

Van de cumulatieve CO₂-uitstoot tussen 1850 en 2019 vond 58% plaats vóór 1989 en 42% erna. Het historisch verloop van de wereldwijde uitstoot maakt duidelijk dat er vooral sinds 1950 een sterke toename van CO₂-uitstoot heeft plaatsgevonden, zie Figuur 17.

Nochtans bestaat er geen consensus dat historische emissies van een land vanuit het oogpunt van internationaal recht als een onrechtmatige daad kunnen worden gezien (Rajamani et al., 2021), in ieder geval tot aan het punt dat broeikasgasemissies internationaal formeel werden erkend als schadelijk. Aansprakelijkheid voor historische uitstoot kan dus als dubieus worden bestempeld.

Rajamani et al. (2021) hebben een lijst samengesteld van factoren die landen hebben aangevoerd ter onderbouwing van hun nationale bijdragen (NDCs) aan het Akkoord van Parijs. Het artikel bevat een update van de assessmentmethode die is toegepast in het IPCC-2014 rapport (IPCC, 2014a). In het artikel worden die factoren getoetst aan de beginselen van het internationaal milieurecht. Het gaat hierbij om historische emissies, het BBP, de duurzame ontwikkelingsdoelen en broeikasgas ontwikkelingsrechten, enz. Een belangrijke aanname hierbij is dat ontwikkelingslanden de ruimte moeten krijgen om een fossiele economie op te bouwen (wat gecompenseerd wordt door negatieve emissies van ontwikkelde landen). Als al deze factoren worden aangewend ontstaat er een reikwijdte van reductiedoelstellingen voor elk land. Hoewel de precieze methode niet is gepubliceerd, wijzen de resultaten op een zwaartepunt bij historische emissies, gecombineerd met (op fossiele energie gebaseerde) ontplooiingsmogelijkheden voor ontwikkelingslanden (Rajamani et al., 2021, Fekete et al., 2022). Rajamani betoogt dat toedeling op basis van ‘least cost’ en op basis van ‘grandfathering’ niet ondersteund worden door beginselen van billijkheid in het internationaal milieurecht.

Rajamani et al. (2021) betogen dat in het geval landen hun ‘eerlijk’ aandeel in broeikasgasvermindering op de voor hen meest voordelige wijze kiezen, de wereldwijde uitstoot in 2030 op 63 Gt CO₂-eq. zou uitkomen (dit zou echter hoger zijn dan de IPCC-projectie op basis van huidig beleid). Om de collectieve bijdrage toch in lijn met Parijs te brengen, wordt in het artikel het doel voor elk land met een gelijk percentage verlaagd, maar het punt is dat het kiezen van een methodiek voor ‘fair share’ niet aan elk land individueel kan worden overgelaten, maar dat er een mondiaal mechanisme moet zijn om te borgen dat de individuele keuzes gezamenlijk leiden tot de benodigde mondiale emissiereducties.

Sturend op 1,5 graad leidt deze methode voor Nederland tot een uitstootdoelstelling in 2030 van -27,13 Mton CO₂-eq. Dit cijfer is ook als basis gebruikt voor het ‘full fair share’ doel in de publicatie van New Climate Institute (Fekete et al., 2022).

Er bestaan belangrijke verschillen tussen de aanpak van Rajamani et al. en de methode in het voorliggende onderzoek. Rajamani gaat niet uit van een te verdelen koolstofbudget, maar van een mondiale broeikasgasreductiedoelstelling in 2030, met als basisjaar 2010. Rajamani hanteert als methodiek ook niet één todelingsmethodiek, maar maakt in feite gebruik van allemaal tegelijk met een assessment waar dat mondiaal toe zou leiden.



NCI-rapport

Het New Climate Institute (NCI) heeft in 2022 een rapport gepubliceerd met verschillende emissiebudgetten voor Nederland (Fekete et al., 2022). Voor de berekeningsmethode van de Nederlandse budgetten maakt het NCI gebruik van benaderingen per capita en op basis van het huidige aandeel in de wereldwijde uitstoot. Het derde resultaat (door NCI 'full fair share' genoemd) is gebaseerd op Rajamani et al. (zie hierboven).

Het verschil tussen de resultaten van het NCI-rapport en het voorliggende onderzoek is te verklaren door een aantal factoren. Het NCI maakt gebruik van mondiale budgetten van 400 en 500 Gt CO₂ en uitstootcijfers refereren meestal naar CO₂-eq. (dus inclusief overige broeikasgassen). Daarnaast wordt het resterende Nederlandse budget dat vanaf 2022 zou gelden, afgeleid van het mondiale 2020 budget met de mondiale uitstoot van 2021 in mindering. In het ter tafel liggende onderzoek is eerst het budget per 2020 verdeeld, waarna de Nederlandse uitstoot van 2021 in mindering is gebracht. Bovendien heeft het NCI geen aftrek van het mondiaal budget toegepast voor de internationale lucht- en zeevaart.

Het Fins koolstofbudget

Het Fins Panel voor Klimaatverandering (FPK) dat onafhankelijk en wetenschappelijk advies uitbrengt heeft in 2018-2019 een aantal methoden voor een eerlijke bijdrage van Finland aan de 1,5 °C doelstelling berekend, waaronder een op basis van het aandeel in het mondiale koolstofbudget (Finnish Climate Change Panel, 2019).

Globaal vertoont de methode veel overeenkomsten met dit onderzoek: eerst wordt een mondiaal budget vastgesteld, waarna er een zo eerlijk mogelijke toedeling plaatsvindt naar Finland. Het Panel onderkent dat dit een uitdagende taak is zonder eenduidige richtlijn.

Het FPK neemt ook 1,5 °C als streven, maar met een zekerheid van 66% (het IPCC-rapport waar het FPK zich op baseerde bevatte geen hogere zekerheden). Destijds (2018) was het mondiale budget 420 Gt, maar het FPK brengt vervolgens de mondiale uitstoot van 2019 (geschat op 42 Gt) in mindering waardoor ze uitkomen op een mondiaal budget van 378 Gt. Impliciet wordt zo verantwoordelijkheid voor het gebrek aan CO₂-reductie elders ter wereld voor een deel toegeschreven aan Finland. Voor een gevoeligheidsanalyse wordt het budget dat bij 2 graden hoort gebruikt. De internationale lucht- en zeevaart wordt niet benoemd.

Hoewel het FPK toegeeft dat het koolstofbudget eigenlijk alleen over CO₂ gaat, heeft hun aanpak ook betrekking op andere broeikasgassen. Dit wordt dan weer (verondersteld) in evenwicht gebracht door het inbrengen van negatieve emissies door land (LULUCF), waar Finland een netto CO₂-opnamegebied voor is. Het FPK erkent dat deze werkwijze niet geheel correct is, maar rechtvaardigt dit door te wijzen op de inherente onzekerheid van koolstofbudgetten en het belang ervan voor beleid en niet voor de chemische werkelijkheid.

Het FPK past drie methodes van toerekening toe: per capita, gecorrigeerd naar BBP en een methode die bovenop de per capita-aanpak de historische emissies sinds 1990 meeneemt. Een belangrijk verschil is dat het Panel aanneemt dat overschrijding van het budget gecompenseerd kan worden met negatieve emissies in de toekomst. Negatieve emissies blijken voor Finland bij elke methode en ondanks de forse koolstofopnamecapaciteit van het land een cruciaal aspect voor het halen van de klimaatdoelstellingen gebaseerd op een koolstofbudget.



Production Gap Report

Het Production Gap Report kwantificeert de afwijking die bestaat tussen de wereldwijde exploratieplannen voor fossiele brandstoffen en de doelstellingen van het Akkoord van Parijs (SEI, 2021). De klimaatdoelen hebben betrekking op uitstoot (dus gebruik) van fossiele brandstoffen, maar dit is vanzelfsprekend gekoppeld aan productie. Productie is weer in belangrijke mate gekoppeld aan de verspreiding van de fossiele voorkomens over de wereld. In het rapport is beschreven dat de plannen voor ontginning in 2030 twee keer zo groot zijn als de 1,5 graaddoelstelling toelaat, en 45% hoger dan de twee graden doelstelling. Met het oog op 1,5 graad zijn de plannen voor de winning in 2030 van kolen 240%, voor olie 57% en voor aardgas 71% te hoog. Het rapport gaat niet specifiek in op het koolstofbudget.

Ook Welsby et al. hebben geschat dat om het mondiale 1,5 graden-scenario met 50% zekerheid te halen, het nodig is om 58% van de olie, 56% van het aardgas en 89% van de kolen (van de bewezen reserves in 2018) in de grond te laten (Welsby, 2021).

5.5 Toedeling mondiaal klimaatbudget naar Nederland

In navolging van de verschillende gezichtspunten vanuit de ethiek worden in dit onderzoek vier methoden toegepast om het aandeel van Nederland in het mondiaal koolstofbudget te bepalen. Per capita en per huidig aandeel in de mondiale CO₂-uitstoot liggen methodologisch het meest voor de hand en worden daarom vaak toegepast (WRR, 2021). Er is ook kritiek op deze twee methoden (dat het geen rekening houdt met BBP (i.e. 'capacity to pay') of met historische emissies). Dit is verwerkt in de derde en vierde benadering. Deze vier methoden geven 'de hoeken van het speelveld' weer:

- per capita;
- op basis van huidig aandeel CO₂-uitstoot;
- op basis van huidig aandeel CO₂-uitstoot met correctie voor BBP;
- rekening houdend met cumulatieve historische emissies (cumulatieve bijdrage).

Het ingangsjaar van het mondiaal budget zoals gegeven door het IPCC is 2020¹⁰. Er is in dit onderzoek aangenomen dat de wereldbevolking die leeft tussen 2020 en 2050 de omgang met het budget voor het grootste gedeelte bepaalt. Voor het bevolkingsaantal is daarom gekeken naar een gemiddelde van de periode 2020-2050. Voor Nederland valt dit negatief uit omdat het aandeel van Nederland in de wereldbevolking terugloopt van 0,23% in 2020 naar 0,20% in 2050.

5.5.1 Per capita

De 'per capita-benadering' gaat ervan uit dat elk mens op de wereld een gelijke verantwoordelijkheid draagt en gelijke rechten heeft. Iedereen krijgt dus een gelijk aandeel van het budget toebedeeld. Het vermijdt hierdoor de controversiële incorporatie van historische emissies, maar leidt wel tot de situatie waarin CO₂-reductie van landen met veel uitstoot per capita veel scherper moet zijn dan van ontwikkelingslanden die niet zoveel uitstoten per capita op jaarbasis (en dus minder snel door hun budget heen raken).

¹⁰ Het leggen van het nulpunt in de tijd van het beginnen te tellen van het invullen van een cumulatief koolstofbudget geeft verschillen tussen staten. Bijvoorbeeld in het geval van toedeling per capita hebben landen met hogere huidige emissies per capita dan mondiaal gemiddeld baat bij een later startpunt.



Tabel 3 - Koolstofbudget voor Nederland bij toedeling op basis van inwoners

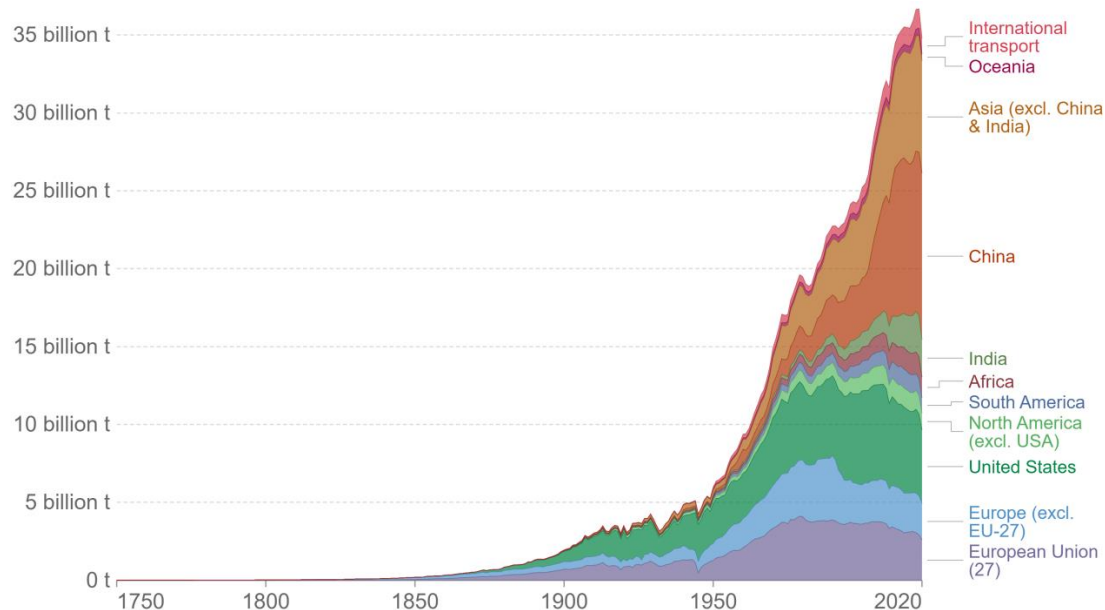
	IPCC-bandbreedte bij 1,5 °C (50% tot 83% zekerheid)			Interpolatie t.b.v. NZA-afspraken
	Bij 83% kans op 1,5 °C (300 Gt mondiaal)	Bij 67% kans op 1,5 °C (400 Gt mondiaal)	Bij 50% kans op 1,5 °C (500 Gt mondiaal)	Bij 80% kans op 1,5 °C (319 Gt mondiaal)
Budget per capita (ton CO ₂)	32	43	54	34
Aandeel Nederland wereldbevolking (2020-2050)	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
Koolstofbudget Nederland (Mton)	592	805	1018	633

Een mogelijk nadeel bij deze benadering is dat sommige ontwikkelingslanden een zeer hoge CO₂-intensiteit hebben door binnenlandse productie (en gebruik) van goedkoop beschikbare fossiele brandstoffen (bijv. Mongolië, Turkmenistan, Iran, Irak, Zuid-Afrika), terwijl sommige ontwikkelde landen juist een lage intensiteit hebben door veel kernenergie, biomassa of waterkracht (bijvoorbeeld Frankrijk, Zweden, Zwitserland) (The World Bank, 2022). Hierdoor zou de per capita-benadering relatief streng kunnen zijn voor ontwikkelingslanden met een hoge CO₂-intensiteit, maar relatief ruim voor ontwikkelde landen met een lage CO₂-uitstoot.

5.5.2 Op basis van aandeel in de huidige uitstoot

Toedeling op basis van het aandeel in de huidige uitstoot neemt de status-quo als uitgangspunt, waardoor het voor elk land het beste aansluit bij de startsituatie (deze methode wordt ook wel ‘*grandfathering*’ genoemd). Deze benadering accepteert het huidige uitstootniveau als gegeven, en biedt in principe een gelijk relatief reductiepad voor elk land. Uitgedrukt in absolute emissiereducties zullen ontwikkelde landen een scherper reductiepad moeten volgen. De economieën van ontwikkelde landen zijn immers veel afhankelijker van fossiele bronnen, met een hogere emissie-intensiteit per inwoner. Hier volgt ook uit dat emissiereductie vaak goedkoper gerealiseerd kan worden in ontwikkelingslanden. Hoewel de benadering geen rekening houdt met historische emissies speelt dit impliciet wel een rol omdat de hedendaagse uitstoot voortkomt uit een historische opbouw van de energiemix (en dus een hogere absolute emissiereductie-doelstelling geeft).

Figuur 17 - CO₂-uitstoot per jaar in historisch perspectief en opgedeeld naar land/werelddeel



Bron: (Our World in Data, 2022).

Voor de meeste ontwikkelde landen is het piekjaar voor CO₂-uitstoot reeds gepasseerd, voor ontwikkelende landen is dit vaak niet het geval. Hierdoor kan de toedeling per aandeel uitstoot als onrechtvaardig worden beschouwd. De aanpak wordt ook wel als onrechtvaardig omschreven omdat het uitgaat van het ‘wie het eerst komt, het eerst maalt’-principe. Aan de andere kant is dit principe, dat voortkomt uit het rechts-libertarisme, het fundament van internationaal recht en ligt het ook ten grondslag aan de beginfase van het EU ETS (WRR, 2021). Maar zelfs al zouden ontwikkelde landen vanaf 2020 nul uitstoot hebben gehad, dan zou het mondiale budget tussen 2030 en 2036 uitgeput zijn (zie Paragraaf 5.3.4).

Het aandeel van Nederland in de wereldwijde uitstoot is ongeveer twee keer zo groot als het aandeel van Nederland in de wereldbevolking. Voor Nederland zou de toedeling op grond van huidige CO₂-emissies dus neerkomen op een twee keer zo groot koolstofbudget als bij de per capita-toedeling.

Tabel 4 - Koolstofbudget Nederland op basis van toedeling volgens huidige emissies (‘grandfathering’)

	IPCC-bandbreedte bij 1,5 °C (50% tot 83% zekerheid)			Interpolatie t.b.v. NZA-afspraken
	Bij 83% kans op 1,5 °C (300 Gt mondiaal budget)	Bij 67% kans op 1,5 °C (400 Gt mondiaal)	Bij 50% kans op 1,5 °C (500 Gt mondiaal)	Bij 80% kans op 1,5 °C (319 Gt mondiaal)
Aandeel Nederland mondiale uitstoot (2020)	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%
Koolstofbudget Nederland (Mton)	1.276	1.735	2.194	1.363

5.5.3 Per aandeel in de huidige uitstoot gecorrigeerd voor BBP

Hoewel de voorgaande benadering aansluit op de huidige situatie wat betreft CO₂-emissies, houdt het geen rekening met de financiële positie van landen om de reductie te bekostigen. Het aandeel in de huidige uitstoot kan echter gecorrigeerd worden met behulp van het aandeel van het BBP in het wereldgemiddelde. Een hoger BBP biedt immers meer draagkracht om CO₂-reductie te realiseren. Daarnaast is het BBP in hoge mate een weerspiegeling van de historische ontwikkeling van een land (en is tot op zekere hoogte ook wel een graadmeter voor historische emissies). Op deze wijze zullen rijke landen gekort worden op hun budget terwijl arme landen meer budget krijgen toebedeeld.

Bij deze berekening wordt het budget als aandeel van de mondiale uitstoot gecorrigeerd met het aandeel van het Nederlands BBP in het gemiddelde BBP van de wereld (op basis van koopkracht). Het correctiegetal is de verhouding tussen het gemiddeld BBP per capita wereldwijd en het gemiddeld BBP per capita in Nederland. Hoe verder boven of onder het wereldgemiddelde, hoe meer het koolstofbudget dus wordt ingeperkt respectievelijk opgehoogd.

Dit leidt tot een Nederlands budget van 380 tot 652 Mton.

Tabel 5 - Koolstofbudget Nederland op basis van toedeling volgens huidige emissies ('grandfathering'), gecorrigeerd voor BBP

	IPCC-bandbreedte bij 1,5 °C (50% tot 83% zekerheid)			Interpolatie t.b.v. NZA-afspraken
	Bij 83% kans op 1,5 °C (300 Gt mondiaal)	Bij 67% kans op 1,5 °C (400 Gt mondiaal)	Bij 50% kans op 1,5 °C (500 Gt mondiaal)	Bij 80% kans op 1,5 °C (319 Gt mondiaal)
Aandeel Nederland mondiale uitstoot (2020)	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%
Koolstofbudget NL (Mton) o.b.v. aandeel uitstoot	1.276	1.735	2.194	1.363
Gemiddeld BBP PPP per capita wereld (2020, x1.000)	17,6			
Gemiddeld BBP PPP per capita Nederland (2020, x1.000)	59,2			
Verhouding wereld-gemiddelde BBP tot NL BBP	0,297			
Koolstofbudget NL (Mton) o.b.v. aandeel uitstoot & BBP	379,5	516	652,3	405

Deze methodiek lijkt enigszins op de toegepaste methodiek in de 'Effort Sharing Regulation' (Commission, 2018) binnen de EU, en diens voorganger de Effort Sharing Decision. In de ESR, (2018) worden de emissiereducties van de non-ETS-sectoren (gebouwen, verkeer, landbouw) verdeeld over de EU-lidstaten naar rato van hun BBP per capita. Hoe hoger het BBP per capita, hoe groter het aandeel in het EU-reductiedoel. De doelen zijn geformuleerd als te behalen emissiereducties in 2030 ten opzichte van 2005. Het betreft bindende doelen voor iedere lidstaat, waarbij de toegestane emissie vanaf 2021 ieder jaar afneemt tot 2030.

5.5.4 Inachtneming historische cumulatieve uitstoot

De historische cumulatieve uitstoot van ontwikkelde landen is in belangrijke mate verantwoordelijk voor klimaatverandering. In discussies over het koolstofbudget wordt dit ook regelmatig genoemd als bepalende factor. Hoewel het toeschrijven van aansprakelijkheid voor historische emissies een ethisch vraagstuk oplevert, wordt in deze paragraaf berekend hoe inachtneming van cumulatieve historische emissies eruit kan zien bij het toedelen van een mondiaal budget.

Historische cumulatieve uitstoot sinds 1850

Het mondiaal budget horend bij 1,5 graad voor de periode 1850-2050 komt neer op 2.400+300/500 GT. Hiervan kan een aandeel toegewezen worden aan landen per gemiddeld bevolkingsaandeel. Nederland maakte over die gehele periode gemiddeld 0,31% van de wereldbevolking uit, leidend tot een budget van 8,2 tot 8,8 Gt. De cumulatieve uitstoot van Nederland tot 2020 bedroeg echter 11,4 Gt waardoor in 2020 Nederland een resterend budget zou hebben van -2,6 tot -3,6 Gt.

Deze (theoretische) berekening laat zien dat een volledige historische benadering resultaten oplevert die het budget in praktijk onwerkbaar maken.

Tabel 6 - Koolstofbudget Nederland op basis van cumulatieve CO₂-emissies in het verleden vanaf 1850

	Mondiaal budget 1.850-2.050 (Gt)	Gemiddeld aandeel wereldbevolking 1.850-2.050	NL budget 1.850-2.050(Gt)	NL cumulatieve uitstoot 1.850-2.020 (Gt)	Resterend budget NL in 2020 (Mton)
IPCC-bandbreedte bij 1,5 °C (50% tot 83% zekerheid)	2.400 + 300	0,31	8,18	11,4	-3.556
	2.400 + 400	0,31	8,5	11,4	-3.251
	2.400 + 400	0,31	8,5	11,4	-3.251
	2.400 + 500	0,31	8,8	11,4	-2.945
Interpolatie voor NZA	2.400 + 319	0,31	8,24	11,4	-3.498

Historische cumulatieve uitstoot sinds 1990

Algemene bewustwording van de relatie tussen broeikasgasuitstoot en klimaatverandering bestond nog niet in 1850. De menselijke rol bij klimaatverandering werd aan het eind van de vorige eeuw onomstotelijk vastgesteld. Hierom wordt ook wel 1990 aangehouden als jaar waarin verantwoordelijkheid voor broeikasgasuitstoot kan gaan gelden (Finnish Climate Change Panel, 2019). Sinds 1990 was de mondiale uitstoot ongeveer 1.000 Gt CO₂ (IPCC, 2022). Het nadeel van deze aanpak is dat landen die juist sinds 1990 veel hebben bijgedragen aan de uitstoot (bijvoorbeeld China en Brazilië), de rechtvaardigheid ervan betwisten.

De cumulatieve CO₂-uitstoot van Nederland in de periode 1990 tot 2020 was ongeveer 5,4 Gt (CBS, 2022). Per capita zou het koolstofbudget voor Nederland sinds 1990 neerkomen op 3 to 3,5 Gt, waardoor in 2020 Nederland 1,8 tot 2,3 Gt in de min zou staan.

Tabel 7 - Koolstofbudget Nederland op basis van cumulatieve CO₂-emissies in het verleden vanaf 1990

	Mondiaal budget 1990-2050 (Gt)	Gemiddeld aandeel wereldbevolking 1990-2050	NL budget 1990-2050 (Gt)	NL cumulatieve uitstoot 1990-2020 (Gt)	Resterend budget NL in 2020 (Mton)
IPCC-bandbreedte	1.000 + 300	0,23	3	5,4	-2.350
bij 1,5 °C (50% tot 83% zekerheid)	1.000 + 400	0,23	3,3	5,4	-2.117
	1.000 + 500	0,23	3,5	5,4	-1.884
Interpolatie t.b.v. NZA-afpraak (80% zekerheid, 1,5 °C)	1.000 + 319	0,23	3,1	5,4	-2.349

5.6 Toedelingsmethodieken en jurisprudentie

De ethiek leidt tot verschillende toedelingsmethodieken van het mondiale koolstofbudget, maar geeft geen voorkeur voor één van de hier uitgewerkte methodieken. Is dat in de rechtswetenschap wel het geval? Voor het antwoord op die vraag hebben we onder andere gekeken naar het arrest van de Hoge Raad uit 2019 in de Urgenda-zaak (Hoge Raad, 2019), naar het IPCC-WG3-rapport (hoofdstuk 6 over ‘effort sharing’) Clarke et al., (2014) en onderliggende artikelen zoals door IPCC gebruikt van onder andere Höhne en Rajamani. Verder hebben we ter zake kundige juristen gesproken over de betekenis daarvan in relatie tot de toedelingsmethodieken van een mondiaal koolstofbudget.

Op grond van die informatie constateren we dat de toedelingsmethode op grond van het huidig aandeel in de mondiale emissies, ook vaak ‘grandfathering’ genoemd, wordt gediskwalificeerd in de rechtswetenschap als zijnde strijdig met de algemene rechtsprincipes van ‘No Harm’ en ‘Common But Differentiated Responsibilities’. Het grandfathering-principe is wel gangbaar als het gaat om bezit, echter niet als het gaat om het toebrengen van schade. Sinds de Rio-conferentie in 1992, en in ieder geval na het Akkoord van Parijs van 2015, is duidelijk dat emissie van broeikasgassen schadelijk is. Bij het bepalen van de verdeling van de resterende emissieruimte over landen kan een land zich volgens deze rechtsprincipes niet beroepen op verdeling naar rato van het huidig niveau van het toebrengen van schade.

Hier hoort de kanttekening bij dat deze begrippen weliswaar worden gebruikt in rechtswetenschappelijke artikelen, en ook worden genoemd in internationale verdragen, maar daarin echter nog niet concreet genoeg zijn uitgewerkt. Er is nog geen formele internationale gerechtelijke jurisprudentie over, ook niet in de internationale ‘Statenpraktijk’. Er is daarmee een verschil tussen hoe het in de rechtswetenschap wordt beschreven, en wat concreet is vastgelegd in formele internationale verdragen.

De methodiek van ‘grandfathering’ wordt gebruikt in de literatuur, heeft een grondslag in de ethiek, en wordt ook genoemd door staten als onderdeel van hun argumentatie ter onderbouwing van hun Nationally Determined Contributions (NDC’s) zoals afgesproken in het Akkoord van Parijs. Om die reden gebruiken we het in de analyses in dit rapport.

5.7 Resultaat: methodiek koolstofbudget Nederland

In dit hoofdstuk is een aantal methodes gepresenteerd dat het mondiale koolstofbudget toerekent naar Nederland, de resultaten staan samengevat in Tabel 8, op volgorde van omvang.

Tabel 8 - Koolstofbudget voor Nederland (afgerond op gehele Mton CO₂), het budget is vanaf 2020

Toedelingsmethodiek mondiaal CO ₂ -budget naar Nederland	IPCC-bandbreedte bij 1,5 °C (50% tot 83% zekerheid)			Interpolatie t.b.v. NZA-afspraken
	Bij 83% kans op 1,5 °C (300 Gt mondiaal budget)	Bij 67% kans op 1,5 °C (400 Gt mondiaal)	Bij 50% kans op 1,5 °C (500 Gt mondiaal)	Bij 80% kans op 1,5 °C (319 Gt mondiaal)
O.b.v. van huidig aandeel in de wereldwijde uitstoot (‘grandfathering’)	1.276 Mton	1.735 Mton	2.194 Mton	1.363 Mton
Per capita	592 Mton	805 Mton	1.018 Mton	632 Mton
O.b.v. huidig aandeel uitstoot & BBP-correctie (hoe hoger het BBP, hoe kleiner het budget)	380 Mton	516 Mton	652 Mton	405 Mton
O.b.v. cumulatieve historische emissies sinds 1990	-2.350 Mton	-2.117 Mton	-1.884 Mton	-2.305 Mton
O.b.v. cumulatieve historische emissies sinds 1850	-3.556 Mton	-3.251 Mton	-2.945 Mton	-3.498 Mton

6 Koolstofbudget Nederland en relatie met gaswinning Noordzee

6.1 Introductie

In het vorige hoofdstuk zijn er koolstofbudgetten voor Nederland vastgesteld volgens verschillende methodes.

In dit hoofdstuk worden de verschillende budgetten vergeleken met de emissieprognoses van Nederland (met daarbinnen de emissies ten gevolge van aardgasgebruik) en met de gaswinning op de Noordzee. Hiervoor is het eerst noodzakelijk om de relatie tussen gaswinning en gasconsumptie te belichten. Vervolgens wordt uiteengezet hoe het scenario voor de CO₂-uitstoot van Nederland richting 2050 eruitziet. Dit scenario is in overeenstemming met de prognoses uit Hoofdstuk 2 en 3. Tenslotte wordt beschreven hoe de verschillende koolstofbudgetten zich verhouden tot het uitstootscenario.

6.2 Productie en consumptie

In Hoofdstuk 3 is getoond hoe de (plannen voor) winning zich verhouden tot het verbruik van aardgas in Nederland. Hieruit bleek dat volgens elke meegenomen projectie het verbruik onder de winning blijft, waardoor voldaan wordt aan de voorwaarde hieromtrent uit het NZA.

Hiernaast is in het NZA afgesproken dat:

“het aardgasgebruik en -winning zal te allen tijde in lijn moeten zijn met de doelen van het Akkoord van Parijs.”

Het verbruik van aardgas (opgeteld bij de consumptie van andere fossiele brandstoffen) kan vergeleken worden met het koolstofbudget. Bij winning binnen Nederland ligt dit echter niet direct voor de hand. Winning van aardgas zorgt immers op zichzelf (buiten het energieverbruik dat er voor nodig is) niet voor CO₂-uitstoot (methaanlekkages die gepaard gaan met winning worden voor een koolstofbudget niet meegeteld).

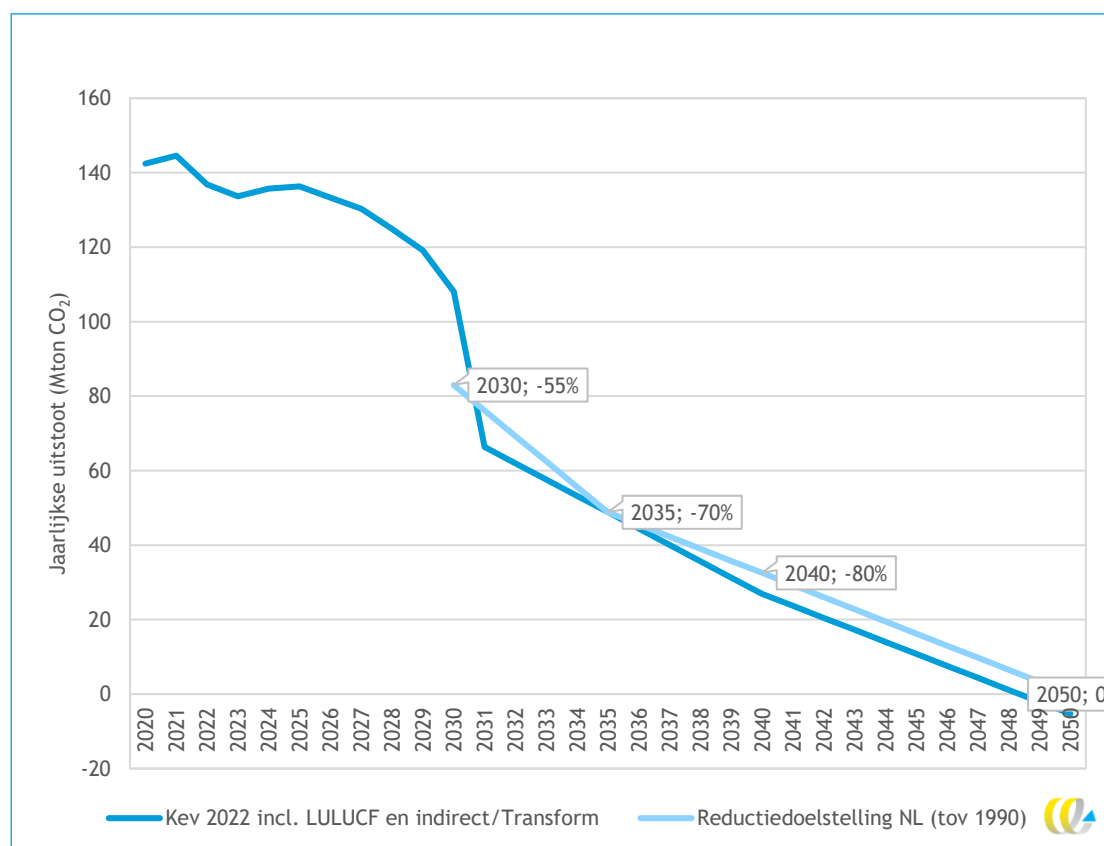
In dit hoofdstuk wordt daarom vooral gekeken naar aardgasverbruik. Gaswinning wordt in verband gebracht met het koolstofbudget door het in Nederland gewonnen aardgas als aandeel in het totale verbruik aan te geven. De aanname hierbij is dat de volledige hoeveelheid in Nederland gewonnen aardgas in Nederland wordt geconsumeerd. Met het oog op de afspraak in het NZA dat winning niet boven het binnenlands verbruik uitkomt en de scenario's voor gasverbruik zoals beschreven in Hoofdstuk 3 (Figuur 8), is dit (in ieder geval tot 2046) een realistische aanname.

6.3 Klimaatdoelstellingen Nederland

De huidige klimaatdoelstellingen van Nederland zijn gericht op minimaal 55% CO₂-reductie in 2030 ten opzichte van 1990 en klimaatneutraliteit in 2050 (Ministerie van EZK, 2022). Dit is ook het uitgangspunt voor het TRANSFORM-scenario van TNO. In dit hoofdstuk zijn de CO₂-uitstootscenario's tot en met 2030 gebaseerd op de KEV 2022 en daarna het

TRANSFORM-scenario (incl. CCS zoals gegeven in de KEV tot 2040, maar hier doorgetrokken naar 2050). In Figuur 18 is weergegeven hoe dit emissiescenario voor Nederland er dan richting 2050 uitziet.

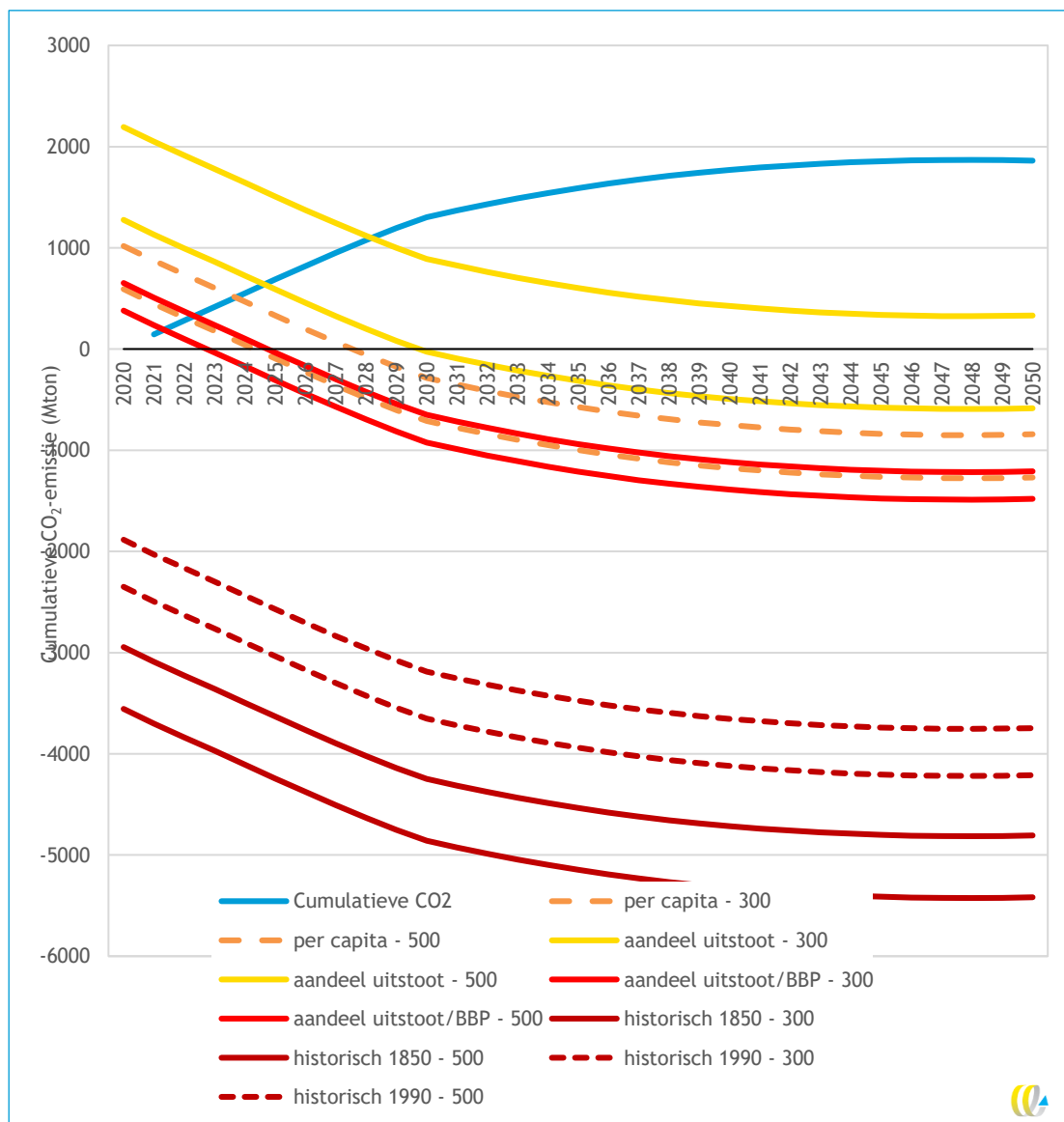
Figuur 18 - CO₂-uitstoot t/m 2030 volgens de KEV 2022 en daarna volgens TRANSFORM, en de reductiedoelstelling van Nederland



6.4 Invulling van klimaatbudget Nederland

De in het vorige hoofdstuk gedefinieerde budgetten kunnen worden vergeleken met de prognose voor de CO₂-uitstoot van Nederland. De prognose waar in dit onderzoek gebruik van wordt gemaakt is gebaseerd op de KEV 2022 (tot 2030) en TRANSFORM (2031-2050). Hieruit volgt dat de cumulatieve CO₂-uitstoot van Nederland vanaf 2020 richting 2050 (en dus de situatie van netto nul CO₂-uitstoot) oploopt naar bijna 2.000 Mton. Volgens het scenario is er na 2040 nauwelijks meer sprake van groei van de cumulatieve emissies.

Figuur 19 - Cumulatieve CO₂-uitstoot Nederland (gebaseerd op KEV 2022/TRANSFORM) en verloop verschillende koolstofbudgetten. Wanneer de lijnen van het resterende budget de horizontale as kruisen is het budget opgesoupeerd (en ontstaat de behoefte aan negatieve emissies). Omwille van de leesbaarheid zijn per benadering alleen de maximale (83% zekerheid) en minimale (50% zekerheid) budgetten getoond. Het budget voor het middelste scenario (67%) loopt precies tussen die lijnen in, en de lijn voor 80% zekerheid (uit de NZA-afspraken) ligt dichtbij de onderste lijn (de 83%-lijn) van elke serie

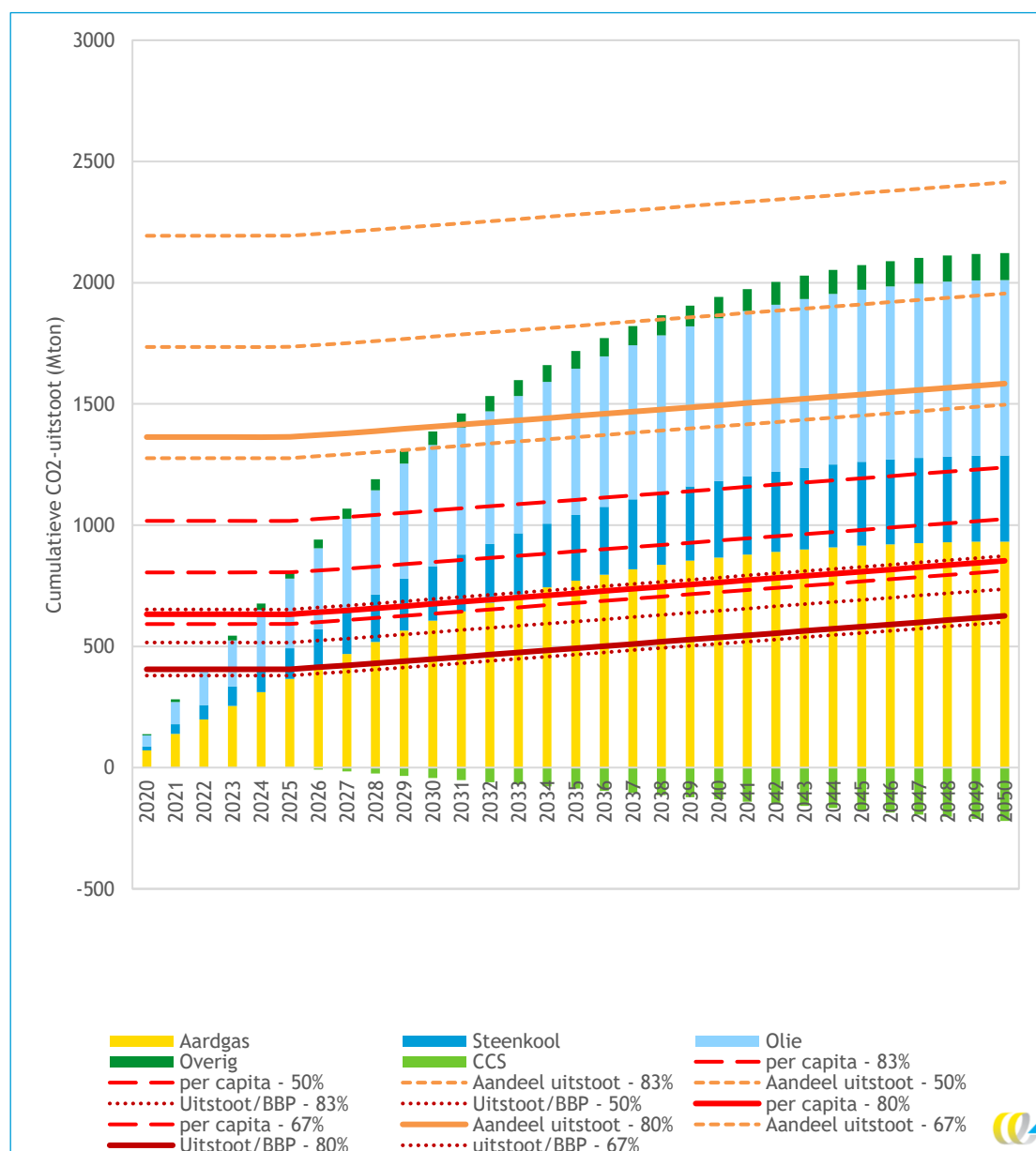


In Figuur 19 is weergegeven hoe het verloop van de verschillende budgetten eruit ziet bij deze cumulatieve uitstoot. De lijnen starten bij het budget zoals berekend in het vorig hoofdstuk en de cumulatieve uitstoot (blauwe lijn) wordt daar jaarlijks bij in mindering gebracht. De dalende lijnen geven het resterend budget weer en zijn dus uitgeput als de horizontale as wordt gesneden. De lijnen met cumulatieve historische emissies beginnen al onder de nullijn, bij die methodieken heeft Nederland het klimaatbudget reeds lang opgesoupeerd.

6.5 Invulling van klimaatbudget Nederland met uitsplitsing naar energiedragers

De totale CO₂-uitstoot van Nederland is opgebouwd uit de afzonderlijke emissies van alle fossiele brandstoffen. Dit onderzoek is vooral gericht op aardgas, maar het Nederlands koolstofbudget is niet uitsluitend beschikbaar voor aardgas. Het is dus relevant om inzichtelijk te maken wat de bijdrage is van de verschillende energiedrager aan de totale CO₂-uitstoot.

Figuur 20 - Cumulatieve CO₂-uitstoot per fossiele brandstof en grenzen van verschillende koolstofbudgetten. Vanwege de opsplitsing in de grafiek van de totale uitstoot naar energiedrager, is de hoeveelheid CCS opgeteld bij de budgetlijn (en stijgt dus). Waar de grenslijnen de uitstootbalkjes raakt, is het budget uitgeput. Omwille van de leesbaarheid zijn de historische benaderingen hier niet getoond. Deze lijnen zouden ver onder de horizontale as liggen. De dikke getrokken 'horizontale' lijnen tonen de 80% waarschijnlijk uit de NZA-afspraken.



In Figuur 20 is de bijdrage van afzonderlijke fossiele brandstoffen aan de cumulatieve CO₂-uitstoot in de staafgrafiek weergegeven. In de figuur zijn de koolstofbudgetten als horizontale grenzen ingetekend, licht oplopend aangezien CCS er jaarlijks bij wordt opgeteld. Dit is zo gedaan omdat CCS niet altijd is toe te delen aan een energiedrager. Uit de figuur komt naar voren dat aardgas tot 2050 de grootste bijdrage levert aan de cumulatieve CO₂-uitstoot.

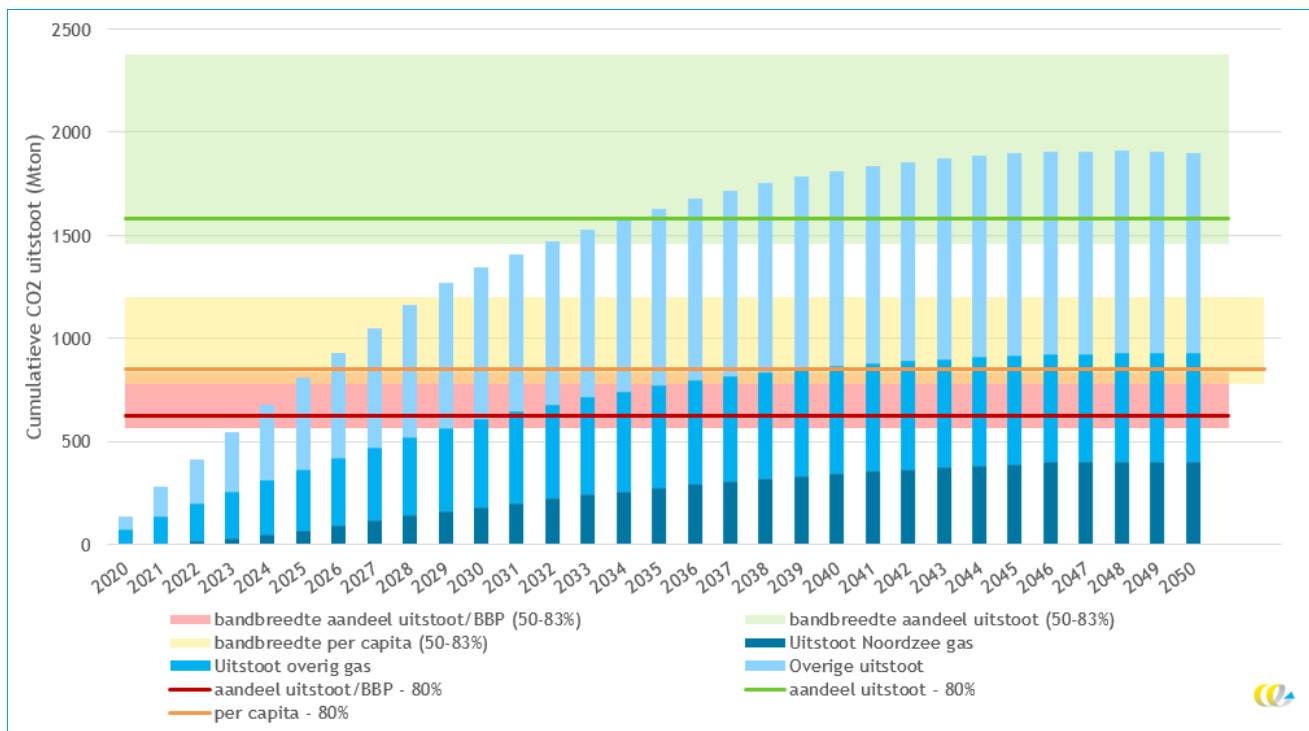
De figuur toont tevens de jaartallen wanneer de cumulatieve uitstoot door de grens van de verschillende budgetten reikt (deze punten komen overeen met waar de lijnen in Figuur 19 de horizontale as kruisen).

6.6 Invulling van klimaatbudget Nederland in relatie tot aardgaswinning Noordzee

Van de verwachte hoeveelheid gasconsumptie kan een deel ingevuld worden met in Nederland gewonnen aardgas, waaronder aardgas uit de Noordzee. Het restant wordt geïmporteerd. Indien er vanuit wordt gegaan dat de volledige hoeveelheid op de Noordzee gewonnen aardgas in Nederland wordt geconsumeerd, kan het dus weergegeven worden als aandeel in de Nederlandse gasconsumptie.

In Figuur 21 is weergegeven hoe de potentiële hoeveelheid in de Noordzee gewonnen gas (in lijn met scenario uit Hoofdstuk 3) zich verhoudt tot het totale Nederlandse gasverbruik en de totale Nederlandse uitstoot. In de figuur zijn ook de grenzen van het Nederlands koolstofbudget weergegeven (gecorrigeerd met de cumulatieve hoeveelheid negatieve emissies in 2046). Hoewel strikt genomen de uitstoot van op de Noordzee gewonnen aardgas binnen de budgetten blijft (behalve die waarbij historische emissies worden meegenomen), is dit geen zinvolle constatering aangezien er ook uitstoot is door andere fossiele brandstoffen en geïmporteerd aardgas.

Figuur 21 - Cumulatieve Nederlandse CO₂-emissies met daárbinnen de emissies van aardgasverbruik en dáárbinnen het aandeel van verbruik van op de Noordzee gewonnen aardgas (aangenomen dat het allemaal in Nederland geconsumeerd wordt). De grenzen van het koolstofbudget zijn als lijnen en bandbreedtes ingetekend; de getrokken horizontale lijnen geven de 80% waarschijnlijkheid weer overeenkomend met de NZA-afspraken.



De bandbreedtes geven de 50% tot 83% zekerheid van het IPCC voor 1,5 °C opwarming. De bandbreedtes per capita en per aandeel uitstoot/BBP overlappen en zijn daardoor iets naar rechts doorgetrokken om het verschil duidelijk te maken. De (beperkte) hoeveelheid CCS is in het koolstofbudget verrekend. Budgetten die horen bij de cumulatieve historische benadering beginnen bij circa -1.900 tot -3.500 Mton, en zijn omwille van de leesbaarheid niet getoond in de figuur.

6.7 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn verschillende koolstofbudgetten voor Nederland vergeleken met projecties richting 2050 over de CO₂-uitstoot, het aardgasverbruik en de winning van aardgas. De koolstofbudgetten zijn opgebouwd uit aannames die betrekking hebben op een mondiaal verdelingsvraagstuk (zie Hoofdstuk 5). Voor de uitstootscenario's is er gekeken naar de KEV tot en met 2030, en daarna naar het TNO-TRANSFORM-scenario dat eenzelfde emissiereductiepad volgt als de Nederlandse voornemens. Het grootste deel van de cumulatieve uitstoot na 2020 komt voort uit aardgasverbruik, gevolgd door aardolie(producten) en steenkool.

Figuur 21 toont dat de Nederlandse cumulatieve CO₂-emissies (waarbinnen die van aardgasverbruik) al per 2034 of eerder de verschillende varianten van het emissiebudget van Nederland overstijgen, uitgaand van de in het NZA afgesproken 80% waarschijnlijkheid op maximale opwarming van 1,5 °C.

7 Conclusies

Het onderzoek leidt tot de volgende antwoorden op de onderzoeksvragen.

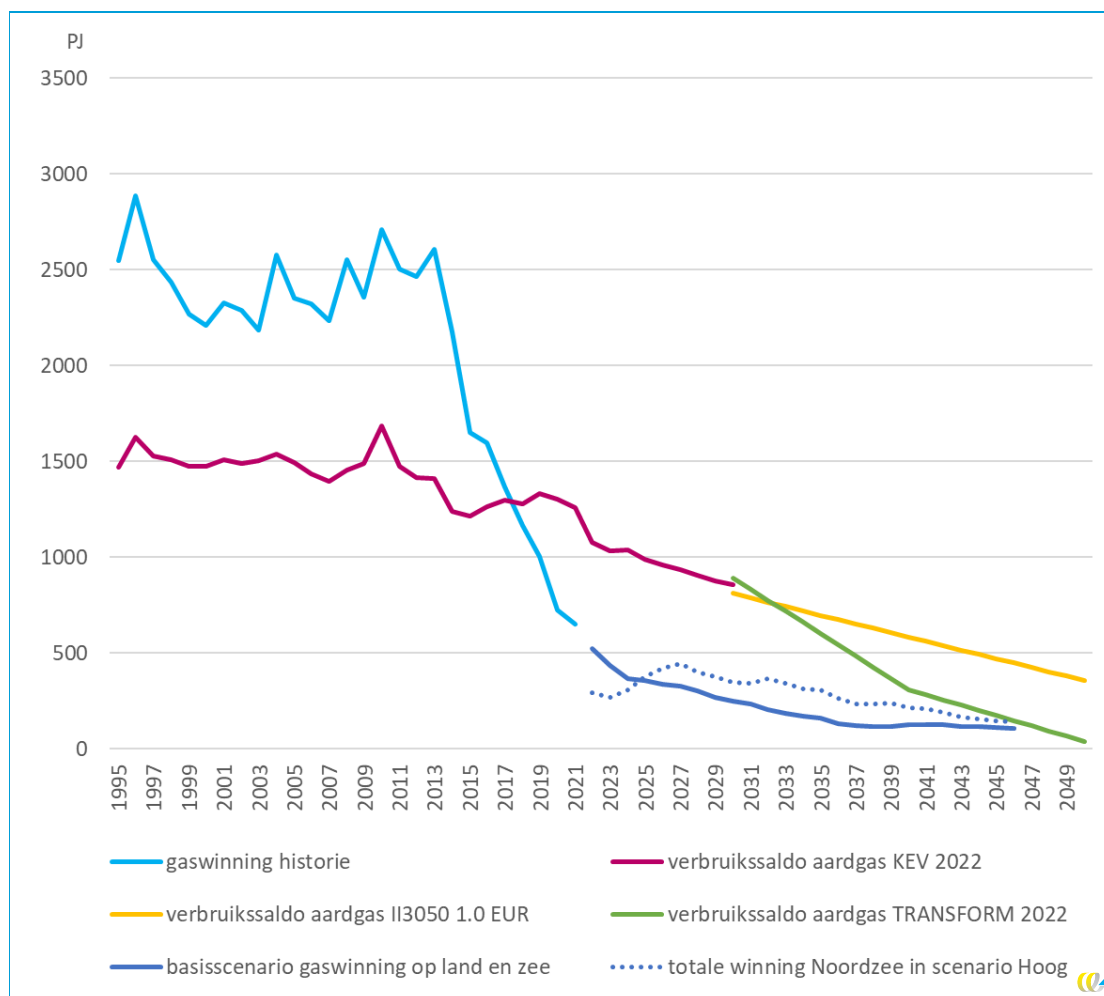
Wat is het verwachte aardgasverbruik in Nederland door de tijd heen (2030-2040-2050)?

Het aardgasverbruik in Nederland is aan het afnemen en neemt in de scenario's verder af in de tijd. Het afnamepad is verkend volgens twee scenario's (zie Figuur 4). Enerzijds het I13050-scenario 'Europese Sturing', waarin een situatie ontstaat die als enige van de vier I13050-scenario's in 2050 nog binnenlands aardgasverbruik kent. Het aardgas wordt in dat scenario geïmporteerd, met een totaal van 356 PJ in 2050. Het gaat in dat geval vrijwel geheel om aardgasinzet voor de productie van 'blauwe' waterstof dat wordt gebruikt als grondstof in de industrie, met een totaal van 351 PJ/jaar. In dit en in de andere drie I13050-scenario's wordt daarnaast ook groengas gebruikt. In het TNO-TRANSFORM-scenario daalt het aardgasgebruik tot nagenoeg nul in 2050, met een versneld afnamepad in de periode 2030-2040.

Hoe verhouden de scenario's voor aardgasproductie op de Noordzee zich tot het verwachte binnenlands aardgasverbruik?

Nederlands is sinds 2018 een netto importeur van aardgas. Het voornemen is dat de winning op land vanuit het Groningenveld in 2024 afneemt tot nul, vanuit andere (kleine) aardgasvelden op land is er daarna nog een verwachte aardgaswinning. In Figuur 5 is ook de verwachte aardgaswinning op de Noordzee opgenomen, uit bestaande ('verwacht aanbod uit reserves') en nog in gebruik te nemen productielocaties.

Figuur 22 - Het basisscenario voor de binnenlandse winning van aardgas en het scenario 'Hoog' vergeleken met het aardgasverbruik uit de KEV 2022, het TRANSFORM-scenario en het 'Europese sturing'-scenario uit I13050



De omvang van de aardgaswinning op het Nederlands deel van de Noordzee is tot 2047 minder dan het verbruikssaldo van aardgas in Nederland, uitgaande van de projecties uit het scenario 'Europese sturing' van I13050 en het scenario TRANSFORM van TNO. Als het gasverbruik door ambitieuzer energie- en klimaatbeleid sneller en/of verder afneemt dan in het TRANSFORM-scenario zal de winning het verbruik eerder kunnen overstijgen. Als er aardgas gebruikt blijft worden voor productie van 'blauwe' waterstof zoals in het I13050-scenario 'Europese sturing' dan blijft de binnenlandse aardgasproductie op de Noordzee onder het niveau van het binnenlands gebruik.

Het verschil tussen de binnenlandse productie en binnenlands gebruik wordt ingevuld met importen, via pijpleidingen en via LNG-terminals.

Welke uitstoot gaat gepaard met productie, transport en Nederlands gebruik van geïmporteerd aardgas en van Nederlands aardgas?

De meeste broeikasgasemissies ontstaan bij verbranding van het aardgas (dus in Nederland). De winning, gasbehandeling en transport van het aardgas ('upstream-emissie') heeft een relatief klein effect op de broeikasgasemissies in Nederland. Bij Nederlands gas vanaf de Noordzee zijn die upstream-emissies 7% van de totale ketenemissies.

De upstream-broeikasgasemissies liggen in dezelfde grootte-orde bij aardgas uit Nederland en uit Noorwegen. In geval van aardgas uit bijvoorbeeld Rusland via pijplijntransport naar Nederland, en uit de USA via transport in de vorm van LNG, liggen deze 'upstream'-emissies 5 maal (Rusland) tot 6 maal (USA) hoger dan die van aardgas uit Nederland of Noorwegen. Daardoor neemt bij die ketens ook het aandeel van de upstream-emissies in het ketentotaal toe tot 27 respectievelijk 32%.

Het netto-effect: gaan de emissies omhoog of omlaag ten aanzien van de omvang van de Nederlandse aardgasproductie?

Dat hangt van de aannames over de systeemgrens af. Indien in Nederland gewonnen aardgas wordt gebruikt in plaats van import-aardgas uit VS of Rusland, én dat import-aardgas wordt *niet* alsnog ergens anders gebruikt maar blijft in de ondergrond, dan leidt dat tot een daling van de mondiale emissies. Immers, de keten van in Nederland (of Noorwegen) geproduceerd aardgas heeft lagere broeikasgasemissies dan aardgas uit Rusland of de VS. De emissies in Nederland stijgen in dat geval wel iets, aangezien de 'upstream'-emissies meetellen in het land van winning.

De mondiale realiteit is naar onze verwachting echter dat dat vermeden import-aardgas *wel* ergens anders wordt gebruikt. In dat geval stijgen de mondiale emissies vanuit aardgas-ketens, omdat er in dat geval op mondiaal niveau in totaal meer aardgas wordt geproduceerd. Echter, indien dat aardgas de inzet van bijvoorbeeld steenkolen verdringt voor elektriciteitsproductie, én die steenkolen *niet* elders of later alsnog worden verbrandt, dan is het netto effect weer een verlaging van de mondiale broeikasgasemissies. Dit omdat verbranding van steenkolen voor energiedoeleinden tot een hogere broeikasgasemissie per eenheid leidt dan verbranding van aardgas. Het antwoord op deze vraag hangt dus af van de systeemgrens waarmee gerekend wordt, én van de aannames daarbij. In een wereld waarbij elke geproduceerde hoeveelheid fossiele brandstof uiteindelijk wordt verbrand, zonder CO₂-afvang, leidt extra productie uiteindelijk tot meer CO₂-emissies.

Hoe verhoudt zich het niveau van de emissies gerelateerd aan aardgasverbruik in die scenario's tot het Nederlandse emissiebudget dat afgeleid is van het Akkoord van Parijs?

In dit onderzoek zijn Nederlands emissiebudgetten bepaald volgens verschillende toedelingsmethoden van een mondiaal koolstofbudget. Het koolstofbudget zoals vastgesteld door het IPCC is uitsluitend gebaseerd op CO₂, omdat CO₂ duizenden jaren in de atmosfeer blijft en er een lineair verband bestaat tussen de cumulatieve hoeveelheid CO₂ en opwarming van de aarde. In de klimaatmodellen is daarbij wel de aanname dat ook andere broeikasgassen gereduceerd worden. Van het mondiaal koolstofbudget voor maximaal 1,5 graden opwarming zijn eerst de cumulatieve emissies van de internationale lucht- en zeevaart van afgetrokken (in lijn met nul-emissie voor die sectoren in 2050). Het restant is vervolgens via verschillende verdeelsleutels toegedeeld aan Nederland.

Voor het mondiaal emissiebudget hebben we het meest recente IPCC-rapport gevolgd, met waarschijnlijkheden van 50, 67 en 83%. Dat geeft een mondiaal CO₂-budget van respectievelijk 500, 400 en 300 Gton CO₂. De cumulatieve emissies van de mondiale lucht- en zeevaart hebben we bepaald op 22 Gton CO₂ (waarbij nul emissie in 2050 wordt bereikt).

Voor de toedeling van het mondiaal budget naar landen bestaat geen algemeen geaccepteerde of wetenschappelijke methode. Vanuit verschillende ethische grondslagen volgt een andere verdeelsleutel. De toedeling vergt daarmee een politieke keuze. In dit onderzoek zijn vier verdeelsleutels gehanteerd die invulling geven aan de verschillende ethische opvattingen met betrekking tot toedeling. Een opmerking daarbij is dat in de internationale rechtswetenschap de methodiek van toedeling op grond van huidig aandeel in de wereldwijde uitstoot wordt gediskwalificeerd, als zijnde strijdig met internationale rechtsprincipes indien het gaat om het toebrengen van schade aan anderen. Het CO₂-budget van Nederland vanaf 2020 is dan als volgt, gesorteerd van groot naar klein:

Tabel 9 - Koolstofbudget voor Nederland (afgerond op gehele Mton CO₂), gesorteerd naar grootte. Het budget is gerekend vanaf 2020

	IPCC-bandbreedte bij 1,5 °C (50% tot 83% zekerheid)			Interpolatie t.b.v. NZA- afpraak
	Bij 83% kans op 1,5 °C (300 Gt mondiaal budget)	Bij 67% kans op 1,5 °C (400 Gt mondiaal)	Bij 50% kans op 1,5 °C (500 Gt mondiaal)	
Toedelingsmethodiek mondiaal CO ₂ -budget naar Nederland				
O.b.v. van huidig aandeel in de wereldwijde uitstoot (‘grandfathering’)	1.276 Mton	1.735 Mton	2.194 Mton	1.363 Mton
Per capita	592 Mton	805 Mton	1.018 Mton	632 Mton
O.b.v. huidig aandeel uitstoot & BBP-correctie (hoe hoger het BBP, hoe kleiner het budget)	380 Mton	516 Mton	652 Mton	405 Mton
O.b.v. cumulatieve historische emissies sinds 1990	-2.350 Mton	-2.117 Mton	-1.884 Mton	-2.305 Mton
O.b.v. cumulatieve historische emissies sinds 1850	-3.556 Mton	-3.251 Mton	-2.945 Mton	-3.498 Mton

Passen de afspraken uit het NZA met betrekking tot de Nederlandse aardgasproductie binnen de doelen van het Akkoord van Parijs en de recentste Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) inzichten aangaande de nu noodzakelijk geachte CO₂-reductie om de doelen van het Akkoord van Parijs te halen (IPCC, 2018).

Het antwoord op deze vraag hangt af van de aannames voor het mondiale budget en de wijze van toedeling naar individuele landen. De methode voor toedeling hangt weer samen met ethische en daarmee politieke keuzes. Om daar ruimte aan te bieden hebben we het scenario voor cumulatieve emissies van Nederland vergeleken met de berekende Nederlandse koolstofbudgetten, vanuit zowel de bandbreedte die het IPCC hanteert in haar publicaties als vanuit de in het NZA gemaakte afspraak om uit te gaan van 80% waarschijnlijk op maximale mondiale temperatuurstijging van 1,5 °C. Het emissiescenario is gebaseerd

op de KEV- en TRANSFORM-scenario's, waarbij het TRANSFORM-scenario uitgaat van de huidige klimaatdoelstellingen (nulemissie in 2050).

De Nederlandse cumulatieve CO₂-emissies (waarbinnen die van aardgasverbruik) overstijgen al per 2034 of eerder de verschillende varianten van het emissiebudget van Nederland, uitgaand van de in het NZA afgesproken 80% waarschijnlijkheid op maximale opwarming van 1,5 °C.

Naast de benadering via een aan Nederland toe te delen emissiebudget (dat gerelateerd is aan gebruik van brandstoffen) is ook gekeken naar de mogelijkheid van een budget voor productie van fossiele brandstoffen, in het bijzonder van aardgas. De conclusie is enerzijds dat dat zich niet leent voor een budgettoedeling aan landen. Anderzijds is er wel op mondiaal niveau een verband tussen de winning van fossiele brandstoffen en de mondiale CO₂-emissies. Vanuit dat verband constateren IEA en UNEP dat, als de wereld daadwerkelijk streeft naar de afgesproken maximale 1,5 °C opwarming, dat er dan geen ruimte is voor nieuwe fossiele brandstofwinning naast de reeds bestaande productie.

Er zijn verschillende handelingsperspectieven mogelijk bij de toedelingsvarianten waarbij de cumulatieve emissies groter zijn dan de Nederlandse emissiebudgetten, die ook in combinatie kunnen worden ingezet.

1. Versneld naar netto nul emissies toewerken, sneller dan nu aangenomen.
2. Meer CCS inzetten¹¹. En dus minder netto emissies.
3. Inzetten op negatieve emissies. In alle IPCC-scenario's voor 1,5 graad zijn negatieve emissies op grote schaal noodzakelijk na het punt van 'netto nul-emissies', waardoor eerder geëmitteerde CO₂ weer uit de atmosfeer wordt verwijderd.
4. Rechten kopen van andere landen. Voor geïndustrialiseerde landen is het lastig om snel om te schakelen naar een economie met nul of zelfs negatieve emissies. Aan de andere kant is het voor ontwikkelende landen onwenselijk om eerst een op fossiele brandstoffen gebaseerde economie op te bouwen om die later weer af te bouwen. In theorie zou verkoop van emissiebudgetten hiervoor een oplossing kunnen bieden. Een mondiaal mechanisme hiervoor is er echter nog niet.

Nederland kan daarnaast andere landen helpen hun emissies terug te dringen c.q. een klimaatneutrale economie op te bouwen, teneinde op die manier een invulling te geven aan het mondiale karakter van het koolstofbudget en het CBDR-principe. Klimaatverandering is een mondiaal probleem en elke ton CO₂ is gelijk, ongeacht waar het wordt uitgestoten.

Het eerste punt leidt ook tot een versnelde uitfasering van aardgas uit de Nederlandse economie. Vanuit de afspraak in het Akkoord voor de Noordzee dat de binnenlandse aardgasproductie nooit het binnenlandse gebruik van aardgas overstijgt neemt daarmee in dat geval ook de ruimte voor aardgaswinning op de Noordzee af.

¹¹ Een mogelijkheid daarbij vormt een zogenaamde 'carbon takeback obligation (CTBO)'. Dat laatste is een plicht voor bedrijven die fossiele brandstoffen winnen om CO₂-emissies die worden veroorzaakt door de door hun gewonnen brandstoffen te compenseren, naar verwachting met CCS (De Gemeynt, 2021).

A Referenties

- Berenschot & Kalavasta, 2020. *Klimaatneutrale Energiescenario's 2050 : Scenariostudie ten behoeve van de integrale infrastructuurverkenning 2030-2050*, Utrecht: Berenschot
- Carbon Brief, 2017. *Guest post: Why the 1.5C warming limit is not yet a geophysical impossibility*:
- Carbon Brief, 2018. *Analysis: How much 'carbon budget' is left to limit global warming to 1.5C?:*
- Carbon Brief. 2022. *Top 1%' of emitters caused almost a quarter of growth in global emissions since 1990* [Online] <https://www.carbonbrief.org/top-1-of-emitters-caused-almost-a-quarter-of-global-emissions-since-1990/>.
- CBS, 2022. *Emissies van broeikasgassen berekend volgens IPCC-voorschriften*:
- Clarke, L., Jiang, K., Akimoto, K., Babiker, M., Blanford, G., Fisher-Vanden, K., Hourcade, J.-C., Krey, V., Kriegler, E., Löschel, A., et al. 2014. *Assessing Transformation Pathways*. Plaats: Cambridge University Press6.
- Commission, E., 2018. *Effort sharing regulation*:
- EBN & Gasunie, 2018. *Transport en opslag van CO₂ in Nederland : Verkennende studie*, Utrecht ; Groningen: EBN/Gasunie
- EC & USA. 2021. *Global Methane Pledge* [Online] <https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-pledge>.
- EIA, 2022. *Annual Energy Outlook 2022*, Washington DC: U.S. Energy Information Administration (EIA)
- ESR. 2018. *Regulation (EU) 2018/842 of the European Parliament and of the council of 30 May 2018* [Online] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.156.01.0026.01.ENG.
- Fekete, H., Höhne, N. & Smit, S., 2022. *What is a fair emissions budget for the Netherlands?*, Cologne ; Berlin: NewClimate - Institute for Climate Policy and Global Sustainability gGmbH
- Finnish Climate Change Panel, 2019. *An Approach to Nationally Determined Contributions consistent with the Paris Climate Agreement and Climate Science: Application to Finland and the EU*, Helsinki: Finnish Climate Change Panel
- Hoge Raad. 2019. <https://uitspraken.rechtspraak.nl/inziendocument?id=ECLI:NL:HR:2019:2006> [Online] <https://uitspraken.rechtspraak.nl/inziendocument?id=ECLI:NL:HR:2019:2006>.
- IEA, 2021. *World Energy Outlook 2021*, Paris, International Energy Agency (IEA) ; OECD.
- IPCC, 2013. *Fifth Assessment Report: Working Group 1*, Cambridge: The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
- IPCC, 2014a. *AR5: chapter 6, Assessing transformation pathways*:
- IPCC, 2014b. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report*:
- IPCC, 2018. *Global Warming of 1.5°C. : An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, Geneva: World Meteorological Organization
- IPCC, 2021. *Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report : Technical Summary*: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
- IPCC, 2022. *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change - Summary for Policymakers*: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)



- Lahn, B., 2020. Changing climate change: The carbon budget and the modifying-work of the IPCC.
- Maersk McKinney Møller Center for Zero Carbon Shipping, 2021. *Industry transition strategy*, Copenhagen: Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping
- Min. EZK, 2022. *160 Delfstoffen en aardwarmte in Nederland*, Den Haag: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
- Ministerie van EZK, 2022. *Klimaatnota 2022*:
- NAM. 2022 *Gas- en olie productiecijfers* [Online] https://www.nam.nl/gas-en-olie/gaswinning.html#iframe=L2VtYmVkL2NvbXBvbmVudC8_aWQ9Z2Fzd2lubmluZw.
- Netbeheer Nederland. 2021. *Het Energiesysteem van de Toekomst: Integrale Infrastructuurverkenning 2030 - 2050* [Online] https://www.netbeheernederland.nl/_upload/Files/Toekomstscenario's_64_9ab35a_c320.pdf.
- Our World in Data. 2022 *CO2 emissions* [Online] <https://ourworldindata.org/co2-emissions>
- Overlegorgaan Fysieke Leefomgeving, 2020. *Het akkoord voor de Noordzee*:
- PBL, 2021. *Klimaat- en energieverkenning (KEV) 2021*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)
- PBL, 2022. *Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2022*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)
- Rajamani, L., Jeffery, L., Höhne, N., Hans, F., Glass, A., Ganti, G. & Geiges, A., 2021. National 'fair shares' in reducing greenhouse gas emissions within the principled framework of international environmental law. *Climate Policy*, 21, 983-1004.
- RHDHV, 2022. *Broeikasgasemissies Aardgasketens*:
- SEI, I., ODI, E3G, and UNEP, 2021. *The Production gap report 2021*:
- Strengers, B., Eerens, H., Smeets, W., Born, G. J. & Ros, J., 2018. *Negatieve emissies - Technisch potentieel, realistisch potentieel en kosten voor Nederland*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)
- The World Bank. 2022 *CO2 emissions per capita* [Online] https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?most_recent_value_desc=true.
- TNO, 2022. *Towards a sustainable energy system for the Netherlands in 2050 - Scenario update and analysis of heat supply and chemical and fuel production from sustainable feedstocks*:
- Tweede Kamer der Staten-Generaal, 2022. *Motie van de leden Kröger en Thijssen over een wetenschappelijk onderbouwd afbouwpad voor fossiele winning, d.d. 6 juli 2022, kamerst. 33 529, nr. 1052*, Den Haag: Tweede Kamer der Staten-Generaal
- UN, 2015. *Paris Agreement*, Paris: United Nations (UN)
- UNEP, 2022. *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window – Climate crisis calls for rapid transformation of societies*, Nairobi: United Nations Environment Programme
- UNFCCC, 1992. *United Nations Framework Convention on Climate Change*:
- UNFCCC, 2018. *Paris Rulebook*:
- UNFCCC, 2020. *EU NDC submission*:
- VVD, D66, CDA & ChristenUnie, 2021. *Coalitieakkoord 'Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst'*, Den Haag: Rijksoverheid
- Welsby, D., Price, J., Pye, S. et al, 2021. Unextractable fossil fuels in a 1.5 °C world. *Nature*.
- WRR, 2021. *Verdelende rechtvaardigheid in het klimaatbeleid*:



B Leden begeleidingscommissie

Door NZO is een begeleidingscommissie ingesteld voor dit onderzoek die fungeerde als opdrachtgever, en die bestond uit de volgende personen:

- Luca van Duren (Deltares), onafhankelijk voorzitter
- Eef Silver (NZO), secretaris
- Andy Palmen (Greenpeace Nederland), NZO
- Arendo Schreurs (Element NL), NZO
- Michiel Hendrickx (Ministerie van EZK)
- Jack Middelburg (Universiteit Utrecht), onafhankelijk wetenschapper

C Lijst van gebruikte afkortingen

BBP	Bruto Binnenlands Product
bcm	billion cubic meters (aardgas)
BECCS	Bio-Energy combined with Carbon Capture and Storage
CBDR	Common but differentiated responsibilities
CCS	Carbon Capture and Storage
CC(U)S	Carbon Capture Utilisation or Storage
DAC	Direct Air Capture
DACCS	Direct Air Capture combined with Carbon Capture and Storage
ESR	Effort Sharing Regulation
EU	Europese Unie
EZK	(Ministerie van) Economische Zaken en Klimaat
Gt of Gton	Gigaton
IEA	International Energy Agency
I13050	Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KEV	Klimaat- en EnergieVerkenning
LNG	Liquefied Natural Gas
Mt of Mton	Megaton
NDC	Nationally Determined Contributions
NL	Nederland
NZA	Akkoord voor de Noordzee
NZO	Noordzee Overleg
PBL	Planbureau voor de Leefomgeving
PJ	PetaJoule
TDO	Transitie Diepe Ondergrond
UNEP	United Nations Environment Program
VS	Verenigde Staten (van Amerika; USA)
WRR	Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid

