



Backcasting Den Haag



Committed to the Environment

Backcasting Den Haag

Dit rapport is geschreven door:

Jasper Schilling

Ellen Schep

Eline Burger

Michiel van Boekhorst

Delft, CE Delft, 30 januari 2018

Publicatienummer: 17.5N10.187

Klimaat / Gemeenten / Beleid / Emissies / Reductie / Beleidsmaatregelen / Effecten / Meten / Meetmethoden

Opdrachtgever: Gemeente Den Haag

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

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider [Jasper Schilling](#) (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 ruim 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

	Samenvatting	3
1	Inleiding	5
	1.1 Aanleiding	5
	1.2 Onderzoek in twee fasen	5
	1.3 Een onderzoek van CE Delft en ECN	5
	1.4 Leeswijzer	6
2	Methodiek	7
	2.1 De methodiek Backcasting	7
	2.2 Invullen van het eindbeeld	7
	2.3 Bepalen maatregelpakketten	9
	2.4 Analyse benodigd tempo	10
3	Huidig beleid en CO ₂ -budget	12
	3.1 Effecten landelijk beleid op Den Haag	12
	3.2 Aanvullende effecten Haags beleid	13
	3.3 Gevolgen huidig beleid voor het CO ₂ -budget	14
	3.4 Groei duurzame elektriciteit bij huidig landelijk beleid	14
4	Eindbeeld	16
	4.1 Wonen	16
	4.2 Werken	18
	4.3 Mobiliteit	18
	4.4 Duurzame elektriciteit	19
5	Maatregelpakketten	20
	5.1 Wonen en Werken	20
	5.2 Mobiliteit	22
	5.3 Duurzame elektriciteit	23
6	Effect van de maatregelen op de CO ₂ -uitstoot	24
	6.1 Wonen en Werken	24
	6.2 Mobiliteit	26
	6.3 Duurzame elektriciteit en andere energie-import	28
7	Gevolgen CO ₂ -budget	30
	7.1 2030	30
	7.2 2040	33
8	Conclusies en discussie	37
	8.1 Conclusie	37
	8.2 Discussie	38
9	Bibliografie	40
A	Bijlage maatregelpakketten	42
	A.1 Wonen en werken	42
	A.2 Mobiliteit	50
	A.3 Duurzame elektriciteit	53

Samenvatting

De gemeente Den Haag heeft CE Delft en ECN gevraagd om een update uit te voeren van de Backcastingsstudie Den Haag, waarbij rekening wordt gehouden met het nieuw vastgelegde CO₂-budget, en de nieuwe klimaatdoelstelling uit het klimaatpact dat de partijen uit de Haagse gemeenteraad met elkaar hebben gesloten.

Het onderzoek is in twee fasen uitgevoerd. Deze rapportage bevat de resultaten van de tweede fase van dit onderzoek. Een rapportage over de eerste fase is eerder toegezonden aan de gemeente Den Haag (CE Delft, 2017a). In de rapportage die u nu in handen heeft is in beeld gebracht welke maatregelen nodig zijn in welk tempo om binnen de klimaatdoelstellingen van de gemeente Den Haag te blijven. Hierbij is er gekeken naar een viertal scenario's van doelstellingen. Deze komen voort uit de verschillende CO₂-budgetten die Den Haag heeft opgesteld uit de klimaatdoelen van het Parijsakkoord (het beperken van de globale temperatuurstijging tot 1,5°C en maximaal tot 2°C), en de Haagse klimaatambities (klimaatneutraal in 2030 en 2040).

In deze studie is gebruik gemaakt van de backcastingsmethodiek. Kijkend vanuit het doeljaar wordt teruggekeken welke maatregelen benodigd zijn om dit doel te behalen. Deze techniek dwingt ertoe dat op zoek gegaan wordt naar wegen om het eindbeeld te kunnen realiseren, en dat 'kan niet' geen optie is, tenzij een bepaald onderdeel echt fysiek onmogelijk te realiseren is.

Om te onderzoeken wat de CO₂-uitstoot is wanneer het huidig beleid wordt doorgezet, en welke gevolgen dit heeft voor het CO₂-budget in Den Haag, is er in Fase 1 van de studie een referentiescenario van de te verwachten CO₂-uitstoot van Den Haag opgesteld. Dit scenario gaat uit van de ontwikkelingen zoals geschetst in de Nationale Energieverkenning (NEV). In dit referentiescenario is het CO₂-budget van Den Haag in de loop van 2022 (voor 1,5°C) respectievelijk 2031 (voor 2°C), uitgeput. In 2030 resteert er in dit scenario nog een uitstoot van 1.261 kton CO₂ die zal moeten worden gereduceerd om klimaatneutraal te zijn. In 2040 resteert er een reductieopgave van 1.040 kton CO₂.

In deze studie worden maatregelpakketten gedefinieerd voor de sectoren wonen, werken en mobiliteit. De sector Industrie is in deze studie niet meegenomen. Om de hoeveelheid duurzame energie te maximaliseren is er ook een maatregelpakket opgesteld voor het plaatsen van zonnepanelen. Aangenomen is dat al deze maatregelpakketten in 2018 starten, en in het doeljaar volledig zijn geïmplementeerd.

De studie concludeert dat onafhankelijk van het jaartal van de doelstelling en het gekozen CO₂-budget er een grote opgave ligt voor Den Haag. Alle woningen dienen van het aardgas te worden afgesloten en voorzien te worden van een alternatieve warmtevoorziening. Ook dienen alle voertuigen te worden vervangen door emissievrije varianten. De enige beleidsmaatregel die deze vervanging van voertuigen op tijd kan bewerkstelligen is voor zover wij zien het invoeren van een zero-emissie milieuzone in de stad.

Zelfs wanneer alle maatregelpakketten zijn uitgevoerd is het voor Den Haag niet in alle scenario's mogelijk om volledig CO₂-neutraal te worden of binnen de haar gestelde CO₂-budgetten te blijven. De gemeente Den Haag haalt haar elektriciteit namelijk uit het landelijke elektriciteitsnet, en daar blijven tot aan het doeljaar CO₂-emissies aan verbonden. Wel kan Den Haag alles doen wat binnen haar invloedssfeer ligt om CO₂-neutraal te worden. Het reduceren van het laatste deel van de uitstoot is dan de verantwoordelijkheid van andere partijen.

Wanneer de emissies van elektriciteit buiten beschouwing worden gelaten is het technisch mogelijk om binnen het door Den Haag gestelde CO₂-budget te blijven. In Tabel 1 is een overzicht opgenomen van het benodigde tempo om binnen deze budgetten te blijven bij een klimaatneutraal Den Haag in 2030 of 2040. Voor mobiliteit lijkt het zeer ambitieus om in 2030 reeds een emissievrije mobiliteit te hebben. Wanneer er wordt gerekend met een zero-emissie milieuzone voor Den Haag lijkt dit in 2040 technisch wel haalbaar.

Tabel 1 - Overzicht van de doelstellingen, het jaartal dat de maatregelpakketten moeten zijn doorgevoerd, en het benodigde tempo dat nodig is om deze doelstelling te behalen, wanneer geen rekening wordt gehouden met CO₂-emissies van elektriciteitsopwekking.

Doeljaar	2030		2040	
	1.5 °C	2 °C	1.5 °C	2 °C
Budget				
Maatregelen uitgevoerd in het jaar	2030	2030	2033	2040
Wonen: Aantal woningen/jr. van het aardgas af	16.300 + 1.950 vanaf 2021	16.300 + 1.950 vanaf 2021	14.500 + 1.500 vanaf 2021	8.900 + 930 vanaf 2021
Werken: Aantal woningequivalenten/jr. van het aardgas af	3.200 + 170 vanaf 2021	3.200 + 170 vanaf 2021	2.500 + 130 vanaf 2021	1.700 + 80 vanaf 2021
Duurzame elektriciteit: Aantal zonnepanelen/jr.	435.000	435.000	347.000	237.000

Deze studie concludeert dat het op korte termijn behalen van het in Tabel 1 aangegeven tempo zeer ambitieus is. Zware stimulering of dwingende maatregelen zijn nodig om het benodigde tempo reeds op korte termijn te behalen. Gemeenten beschikken niet over de middelen om deze maatregelen af te dwingen. Met het doel van de huidige regering, om alle voertuigen die in 2030 worden verkocht CO₂-vrij te laten zijn, lijkt een klimaatneutrale mobiliteit op termijn mogelijk. Zonder dwingende maatregelen als een milieuzone om de gehele stad, gebeurt dit echter niet op tijd om binnen het CO₂ budget van Den Haag te blijven.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Acht partijen uit de Haagse gemeenteraad hebben in juni 2017 een Haags klimaatpact gesloten. De partijen willen in de coalitieperiode 2018-2022 een stevige bijdrage leveren om de 1,5°C-gradendoelstelling uit het klimaatakkoord van Parijs te behalen. Onderdeel van de afspraken in het klimaatpact is het verhogen van het ambitieniveau voor het klimaatbeleid in Den Haag van klimaatneutraal in 2040 naar klimaatneutraal in 2030.

Om de opgave voor het behalen van de afspraken uit het Parijs klimaatakkoord en het Haags klimaatpact in beeld te brengen zijn CE Delft en ECN gevraagd om een update uit te voeren van de Backcastingsstudie Den Haag (CE Delft, 2013), waarbij rekening wordt gehouden met de nieuwe doelstellingen.

1.2 Onderzoek in twee fasen

Op verzoek van de gemeente Den Haag is het onderzoek in twee fasen verdeeld. Elke fase heeft geleid tot een eigen rapportage.

Fase 1: Bepaling eindbeeld en opgave voor Den Haag

Om te weten wat de CO₂-uitstoot zal zijn zonder nieuw beleid van de gemeente Den Haag is in beeld gebracht hoe de CO₂-uitstoot van Den Haag zich zal ontwikkelen als het landelijk vastgesteld en voorgenomen beleid wordt uitgevoerd conform het referentiescenario uit de Nationale Energieverkenning (NEV). Tevens wordt bekeken wat de aanvullende effecten zijn van het huidige lokaal gevoerde beleid van Den Haag. In Fase 1 is duidelijk geworden wat de verwachte trends zijn voor de CO₂-emissie van Den Haag, welke reductiesnelheid behaald moet worden om de doelen te bereiken, en welke aanvullende CO₂-reductie Den Haag moet bereiken om haar doelstelling te behalen. De rapportage over deze fase is eerder toegezonden aan de gemeenteraad van Den Haag (CE Delft, 2017a).

Fase 2: Invulling maatregelen en bepalen kritieke paden

In Fase 2 is de opgave voor Den Haag nader ingevuld met maatregelpakketten die Den Haag zou moeten nemen om in het eindjaar klimaatneutraal te zijn. Bepaald is hoe snel deze pakketten uitgevoerd moeten worden wil Den Haag binnen haar CO₂-budget blijven. De rapportage van deze fase ligt nu voor u.

1.3 Een onderzoek van CE Delft en ECN

Dit onderzoek is een samenwerking tussen CE Delft en ECN. CE Delft voert dit onderzoek uit. Het onderzoeksinstituut ECN is bij dit project betrokken als externe reviewer. ECN heeft gedurende het onderzoek de juistheid van de aannames, methodiek en conclusies van dit onderzoek gecontroleerd.

1.4 Leeswijzer

Om de lezer goed door de rapportage te leiden wordt in Hoofdstuk 2 gestart met het beschrijven van de gevolgde methodiek in deze studie. In Hoofdstuk 3 volgt een korte samenvatting van de rapportage van Fase 1. Lezers die de rapportage over Fase 1 reeds kennen kunnen dit hoofdstuk overslaan.

Hoofdstuk 4 tot en met 6 staan in het teken van de maatregelpakketten. In Hoofdstuk 4 wordt het eindbeeld van een klimaatneutraal Den Haag geschetst. Welke technieken worden toegepast in de stad? In Hoofdstuk 5 worden de maatregelpakketten nader omschreven. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de technieken die moeten worden ingezet, de werkzaamheden die hiervoor verricht moeten worden en de aannames die gehanteerd zijn bij het doorrekenen van deze pakketten. In Hoofdstuk 6 wordt vervolgens het effect van de maatregelpakketten op de CO₂-uitstoot van Den Haag weergegeven. Ook wordt ingegaan op de gevolgen die deze maatregelpakketten hebben op de import van energie in Den Haag.

Vervolgens wordt in Hoofdstuk 7 ingegaan op de gevolgen van de maatregelpakketten voor de CO₂-uitstoot van Den Haag. Blijft de CO₂-uitstoot met uitvoering van deze maatregelpakketten binnen het CO₂-budget, of dienen maatregelen eerder in de tijd te worden gerealiseerd, en welk tempo vraagt dit? De rapportage eindigt met de algemene conclusie en een aantal aanbevelingen.

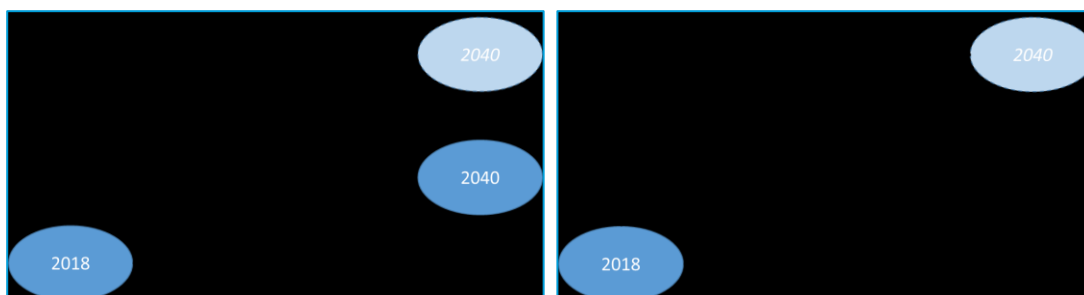
2 Methodiek

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de backcastingmethodiek werkt, en hoe deze is toegepast in de studie.

2.1 De methodiek Backcasting

Het bijzondere aan backcasting is dat de toekomst wordt verkend vanuit het *einddoel*. De backcastingmethodiek dwingt de onderzoeker om zich te verplaatsen in een toekomst waarin het gestelde doel reeds is gerealiseerd, en vervolgens vanuit dat punt in de tijd terug te redeneren welke stappen er nodig zijn om daar te komen. Er worden dus *niet* zoals bij 'forecasting' scenario's geëxtrapoleerd naar de toekomst vanuit de huidige situatie, maar er wordt vanuit het beoogde eindbeeld terug geredeneerd naar het heden. De backcastingtechniek betekent dat 'kan niet' geen optie is, tenzij een bepaald onderdeel echt fysiek onmogelijk te realiseren is. In alle andere gevallen dwingt het hanteren van de backcastingmethodiek af, dat op zoek gegaan wordt naar wegen om het eindbeeld te kunnen realiseren. Backcasting levert dan keuzemogelijkheden op in de vorm van 'als dit het gewenste eindbeeld is, dan zijn dat de mogelijke manieren om het te realiseren'. Terwijl bij 'forecasting' ook de vraag gebruikelijk is welke doelen er mogelijk zijn, is het halen van het gestelde doel bij backcasting dus een uitgangspunt.

Figuur 1 - Principe van klassieke forecasting (links) versus backcasting (rechts). Bij backcasting wordt terug geredeneerd vanaf het einddoel (1), en op basis daarvan gekeken naar de noodzakelijke maatregelen (2)



2.2 Invullen van het eindbeeld

Voor een scherpe uitkomst is het bij backcasting essentieel dat het einddoel concreet wordt ingevuld. In deze studie wordt uitgegaan van een viertal scenario's die voortkomen uit de ambities die Den Haag voor zichzelf heeft gesteld. Eerst worden deze ambities nader toegelicht, daarna wordt uitgewerkt welke scenario's worden gehanteerd en hoe het eindbeeld nader is ingevuld.

De ambities van Den Haag

In deze studie kijken wij naar verschillende klimaatdoelstellingen van de gemeente Den Haag. Gemeente Den Haag heeft als ambitie om in 2040 klimaatneutraal¹ te zijn. Acht partijen uit de Haagse gemeenteraad hebben in juni 2017 een Haags klimaatpact gesloten. Onderdeel van het klimaatpact is het verhogen van het ambitieniveau voor het klimaatbeleid in Den Haag van klimaatneutraal in 2040 naar klimaatneutraal in 2030. Deze studie kijkt naar beide ambities. In de rest van deze rapportage worden deze jaren 'doeljaren' genoemd.

De gemeente Den Haag heeft hiernaast een tweetal CO₂-budgetten benoemd welke meegenomen moeten worden in deze analyse (Den Haag, 2017b, zie Tabel 2). Deze CO₂-budgetten vertalen het wereldwijde CO₂-budget, voortkomend uit het klimaatakkoord van Parijs, naar Den Haag. Deze CO₂-budgetten zijn in deze studie overgenomen.

Tabel 2 - CO₂-budget zoals vastgesteld door de gemeente Den Haag voor het 1,5°C- en 2°C-scenario

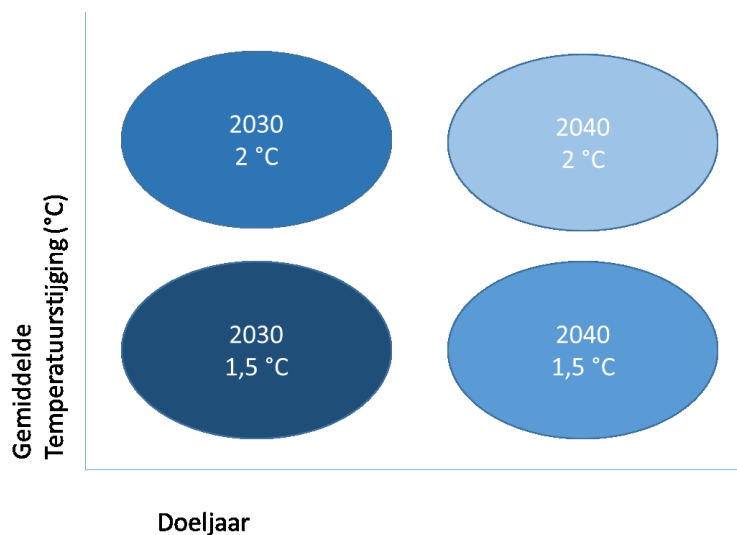
	1,5°C	2°C
CO ₂ -budget	13.720 kton CO ₂	25.725 kton CO ₂

Bron: (Den Haag, 2017b).

Vier scenario's

De twee doeljaren, en de twee budgetten voor CO₂ vertalen zich in een viertal scenario's (Figuur 2). Deze scenario's worden in de rest van de studie verder uitgewerkt.

Figuur 2 - De vier scenario's in deze studie



¹ Met klimaatneutraal wordt bedoeld dat het directe energiegebruik in de stad volledig door duurzame energiebronnen wordt geleverd (Gemeente Den Haag, 2011). Het gaat daarmee dus om het terugdringen van de broeikasgasemissies door het gebruik in de stad van elektriciteit, gas, warmte, koude en transportbrandstoffen.

Bepalen fysiek eindbeeld

Het eindbeeld van alle vier de scenario's is een klimaatneutraal Den Haag. In verschillende beleidsdocumenten van Den Haag staat reeds geschetst hoe dit eindbeeld eruit zal zien. In de Energievisie (Den Haag, 2010), en de voortgang Energievisie (Den Haag, 2014b) is duidelijk welke energiebronnen Den Haag op haar grondgebied verwacht. Uit de studie *Scenario's voor de warmtetransitie in Den Haag* (CE Delft, 2017a) zijn eindbeelden te halen voor wat betreft de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Voor mobiliteit is er geen klimaatneutraal eindbeeld opgesteld. Een klimaatneutrale mobiliteit betekent dat er geen fossiele brandstoffen meer worden gebruikt in het vervoer in Den Haag. Het gaat hierbij om auto's, vrachtauto's bussen en andere vormen van wegverkeer. De elektriciteit voor elektrische voertuigen (auto's, maar ook trams) wordt duurzaam opgewekt.

Rugwind

Hiernaast geeft het huidige beleid in Nederland een impuls aan de verduurzaming van Den Haag. Door landelijke maatregelen wordt het wagenpark steeds schoner, neemt het aandeel hernieuwbare energie toe, et cetera. Door middel van *forecasting* is gekeken welk effect de huidige ontwikkelingen hebben op het eindbeeld. Hierbij is uitgegaan van het scenario van de Nationale Energie Verkenning 2016 (ECN, PBL, CBS, RVO, 2016). Dit landelijke scenario is vertaald naar Den Haag. Middels dit scenario is inzichtelijk wat zonder aanvullend beleid de resterende opgave is die moet worden ingevuld door het beleid van de gemeente Den Haag.

2.3 Bepalen maatregelpakketten

Op basis van het eindbeeld heeft CE Delft maatregelpakketten geformuleerd. Deze maatregelpakketten bestaan uit een integraal pakket van maatregelen die voor een sector leiden tot het bereiken van het eindbeeld. Maatregelpakketten zijn opgesteld voor de sectoren wonen werken en mobiliteit. Voor de sector industrie zijn geen maatregelpakketten opgesteld. Deze sector is klein in Den Haag (3% van de CO₂-uitstoot), en de maatregelen die benodigd zijn te divers om in dit onderzoek mee te nemen. In deze analyse laten wij de CO₂-emissie van industrie lineair naar 0 toe lopen in het doeljaar zonder dat hier maatregelen aan gekoppeld worden.

In volgend kader is een voorbeeld gegeven van een maatregelpakket.

Pakket Geothermie

Het pakket geothermie bestaat uit het realiseren van tien tot vijftien geothermiebronnen en het aanleggen van infrastructuur om deze warmte naar woningen te leiden. De temperatuur van deze warmte is afhankelijk van de diepte en de compositie van de ondergrond. Uitgegaan is van een hoge temperatuur voor geothermie in Den Haag (> 70 °C). Er worden ca. 84.500 woningen voorzien van warmte uit geothermie. Tevens wordt er ca. 29.000 woningequivalenten (WEQ) aan utiliteitsbouw aangesloten op geothermie. Door de hoge temperatuurwarmte is een beperkte mate van isolatie in deze gebouwen benodigd. In de gebouwen wordt een afleverset voor de warmte geplaatst.

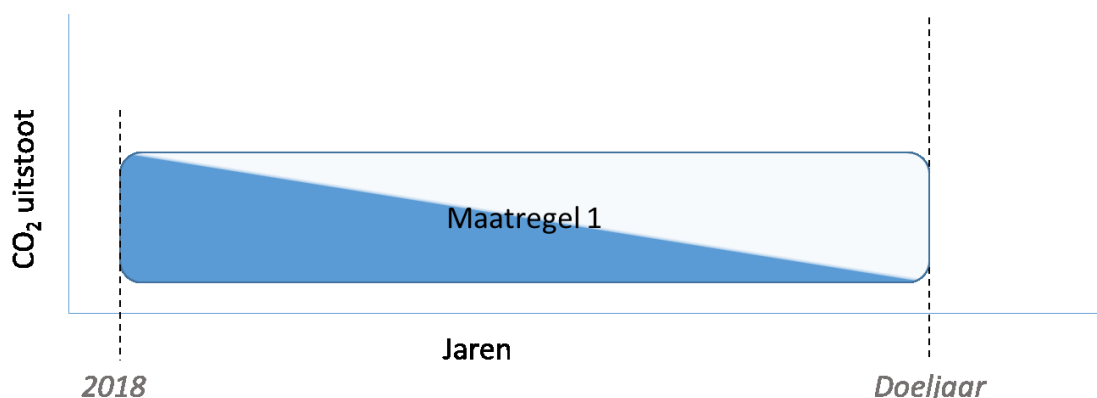
Met het vormgeven van maatregelpakketten is bekend hoeveel een maatregel bijdraagt aan de reductie van de CO₂-uitstoot, en wat er dient te gebeuren om deze maatregel in te voeren.

2.4 Analyse benodigd tempo

In de vorige backcastingsstudie is een realistisch maximaal tempo bepaald, waarna maatregelen op basis van dit tempo zijn ingezet. We hebben ervoor gekozen om in deze studie dit principe om te draaien. Hieronder wordt nader uitgewerkt hoe deze aanpak in zijn werk gaat.

Met de backcastingmethodiek dienen alle maatregelpakketten per definitie te zijn uitgevoerd in het doeljaar. Bij de start van het maatregelpakket is de CO₂-uitstoot maximaal, en aan het eind is deze geminimaliseerd. Voor elk van de maatregelen is daarmee een figuur op te stellen zoals weergegeven in Figuur 3. Bij de start van de maatregel is de CO₂-uitstoot het grootst, door het uitvoeren van de maatregel wordt de CO₂-uitstoot steeds lager.

Figuur 3 - Voorbeeld CO₂-reductie van een maatregelpakket, waarbij de maatregel in het doeljaar volledig is gerealiseerd



Voor de eerste analyse wordt de tijd tot aan het doeljaar volledig benut voor het doorvoeren van de maatregelen (langzaamst mogelijk tempo). Op basis van deze analyse kan het benodigde tempo worden bepaald. Op basis van het totaalpakket aan maatregelen wordt daarna bepaald of het CO₂-budget dat gemeente Den Haag voor het doeljaar heeft geformuleerd wordt behaald. Indien het budget wordt overschreden, is bekeken hoeveel sneller de maatregelen moeten worden uitgevoerd wil het CO₂-budget nog behaald worden (zie Figuur 4). Welke maatregelen versneld worden ingevoerd is grotendeels een politieke keuze. Om de analyse objectief te houden worden in deze studie de doorlooptijd van alle maatregelpakketten evenveel verkort.

Figuur 4 - Stap twee in de analyse van het benodigde tempo. De doorlooptijd van de maatregel wordt verkort



Aan het eind van de doorlooptijd van de maatregel zijn de directe CO₂-emissies van de woningen of voertuigen waar de maatregel zijn effect op heeft nul. Een uitzondering hierop zijn de emissies van elektriciteit. De mogelijkheden om eigen elektriciteit in Den Haag op te wekken zijn beperkt (Den Haag, 2014b). Den Haag is hierom afhankelijk van de daling van de landelijke CO₂-emissies om op eigen grondgebied volledig klimaatneutraal te zijn. In deze studie wordt elektriciteit daarom separaat meegenomen: eerst worden de directe CO₂-emissies uitgerekend, en de cumulatieve uitstoot berekend. Daarnaast wordt ook inzichtelijk gemaakt wat de cumulatieve CO₂-uitstoot is wanneer de resterende elektriciteitsvraag van Den Haag met de landelijke energiemix wordt ingevuld. Hierbij gaan wij uit van de CO₂-uitstoot zoals omschreven in het rapport van Fase 1 van deze studie, en weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 - Ontwikkeling emissiefactor elektriciteit

	2015	2016	2017	2018	2020	2023	2025	2030	2035	2040 ²
Emissiefactor (kg CO ₂ /kWh)	0.53	0.49	0.46	0.41	0.33	0.31	0.29	0.25	0.18	0.18

² Voor 2040 is het kental gelijk gehouden aan 2035.

3 Huidig beleid en CO₂-budget

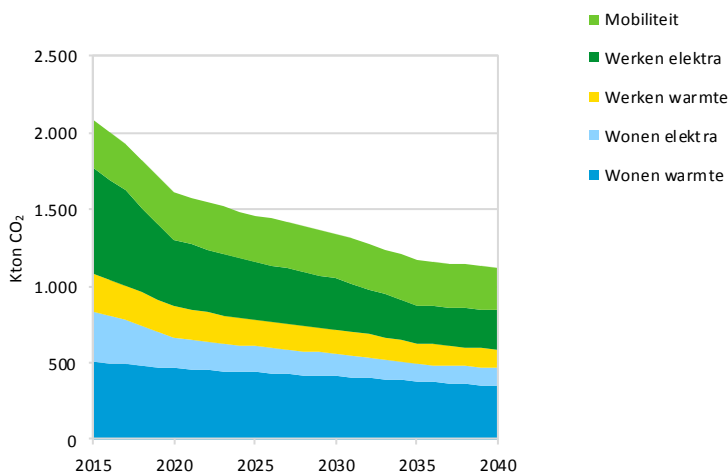
In het rapport Backcasting rapportage Fase 1-Nulmeting (CE Delft, 2017a) is bekeken wat de effecten van huidig vastgesteld en voorgenomen beleid zijn op de CO₂-uitstoot van Den Haag, en wat de gevolgen zijn voor het CO₂-budget. Hieronder volgt een korte weergave van de resultaten van Fase 1. Voor een uitgebreidere toelichting verwijzen wij graag naar het bovenstaande rapport.

3.1 Effecten landelijk beleid op Den Haag

Om de landelijke ontwikkelingen te bepalen worden de trends vanuit de Nationale Energieverkenning (NEV) 2016 (ECN, PBL, CBS, RVO, 2016) vertaald naar Den Haag. Bij deze vertaling is rekening gehouden met de Haagse cijfers voor bevolkingsgroei, en zijn de ontwikkelingen voor het wegverkeer uit het Haags verkeersmodel overgenomen. De NEV 2016 loopt tot en met 2035. Om een verwachting te kunnen geven voor het jaar 2040 is de trend van de NEV lineair doorgetrokken tot het jaar 2040.

Het landelijk voorgenomen beleid conform het referentiescenario uit de NEV zorgt voor een flinke daling in de CO₂-emissies van Den Haag (Figuur 5). In 2030 liggen de emissies 35% lager dan in 2015; in 2040 is dit 46% lager. De emissies voor elektra dalen het sterkst, dit komt met name omdat de gemiddelde CO₂-emissie voor elektriciteit daalt door de landelijke groei van het aandeel hernieuwbare energie. De emissies voor mobiliteit dalen het minst sterk.

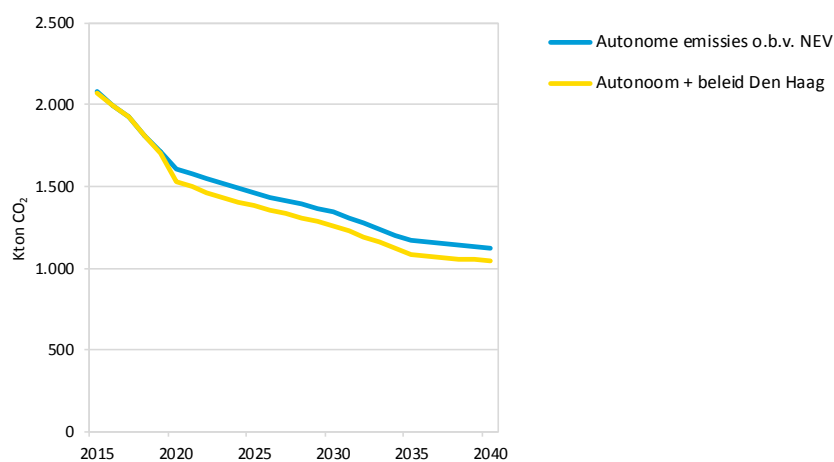
Figuur 5 - Prognose CO₂-emissies Den Haag bij landelijk voorgenomen beleid (NEV)



3.2 Aanvullende effecten Haags beleid

Naast landelijk beleid voert Den Haag ook zelf een klimaat- en energiebeleid wat nu al effect heeft op de te verwachten CO₂-emissies in de toekomst. Deels zit dit beleid al verwerkt in de NEV, maar voor een deel ook niet. Activiteiten op het gebied van mobiliteit en het verbeteren van woningen zijn bijvoorbeeld reeds meegenomen in de NEV. Voor Den Haag zijn in ieder geval het realiseren van lokale warmtebronnen, en de aanvullende maatregelen voor het stimuleren van energiebesparing bij bedrijven additioneel aan de berekeningen van de NEV. Deze extra maatregelen leiden tot een aanvullende reductie op het referentiescenario (Figuur 6).

Figuur 6 - Totale CO₂-emissies (kton) in Den Haag o.b.v. NEV met en zonder beleid van Den Haag



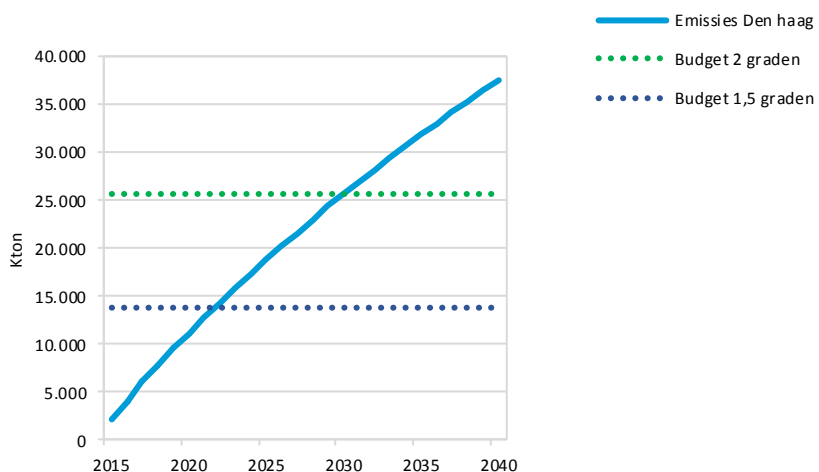
De maatregelen uit het huidige vastgestelde en voorgenomen beleid van de Rijksoverheid én de gemeente Den Haag zijn niet voldoende om in 2030 of 2040 klimaatneutraal te zijn. Om de klimaatambitie van Den Haag te behalen zal de CO₂-uitstoot in 2030 nog met 1.261 kton CO₂ moeten worden gereduceerd. Voor 2040 gaat het om een resterende reductieopgave van 1.040 kton CO₂.



3.3 Gevolgen huidig beleid voor het CO₂-budget

Met het huidige vastgestelde en voorgenomen beleid van de Rijksoverheid én de gemeente Den Haag samen is het CO₂-budget in 2022 (voor 1,5°C) respectievelijk 2031 (voor 2°C) uitgeput (Figuur 7).

Figuur 7 - Cumulatieve CO₂-uitstoot van Den Haag bij gemeentelijk en landelijk vastgesteld en voorgenomen beleid



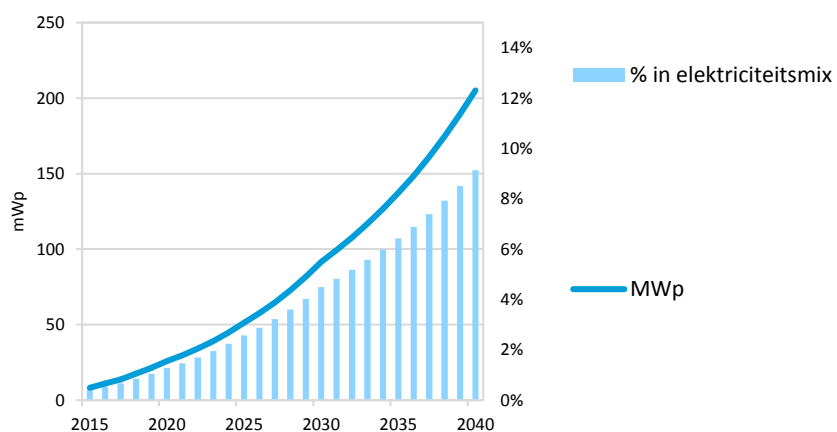
3.4 Groei duurzame elektriciteit bij huidig landelijk beleid

Naast het reduceren van de CO₂-reductie is de ontwikkeling van hernieuwbare energie belangrijk voor de klimaatneutraliteit van Den Haag. De opties voor de opwekking van hernieuwbare elektriciteit op het eigen grondgebied in Den Haag zijn echter beperkt. Momenteel is zonnestroom in Den Haag de snelst groeiende hernieuwbare energiebron. Bij landelijk vastgesteld en voorgenomen beleid zal het opgesteld vermogen van zonnepanelen in Den Haag groeien naar 205 MWp in 2040³. Het aandeel van zon in de finale elektriciteitsmix zal stijgen van minder dan 1 naar ruim 9%.

³ Aanname hierbij is dat de exponentiële groei onverminderd doorzet, en er dus geen vertraging in het groeipad ontstaat doordat de meest geschikte oppervlakten reeds voorzien zijn van zon-PV.



Figuur 8 - Ontwikkeling zonnestroom o.b.v. NEV, 2015-2040, MWp en % in elektriciteitsmix



4 Eindbeeld

Voor een duidelijke uitkomst is het bij backcasting essentieel dat het einddoel concreet wordt ingevuld. In deze studie wordt uitgegaan van de vier scenario's zoals beschreven in Paragraaf 2.2. In dit hoofdstuk wordt dit eindbeeld, met behulp van in Den Haag vastgestelde beleidsdocumenten, nader uitgewerkt voor de warmtevraag van de sectoren Wonen, Werken, Mobiliteit en voor de mogelijkheden voor duurzame elektriciteitsopwekking.

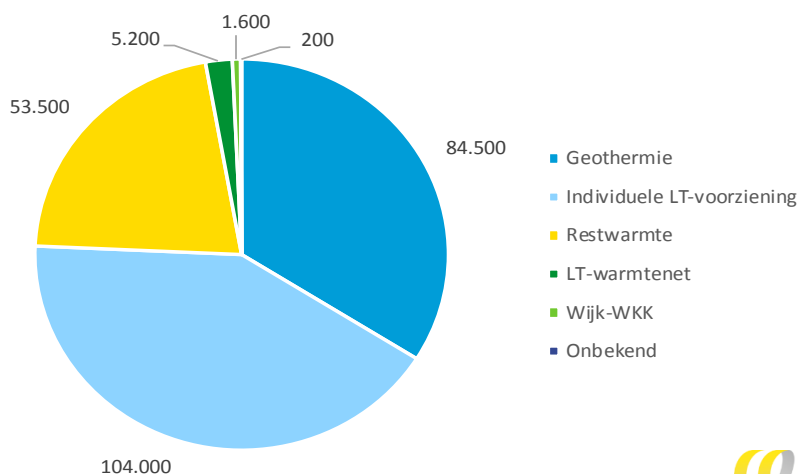
4.1 Wonen

Voor de gebouwde omgeving in Den Haag is met de studie 'Scenarioanalyse voor de warmtetransitie in Den Haag' (CE Delft, 2017a) met het CEGOIA-model voor verschillende scenario's inzichtelijk gemaakt wat in 2040 de warmtebron is met de laagste maatschappelijke kosten. De scenarioanalyse had een eindbeeld van 2040. Aangenomen is dat dit eindbeeld ook voor 2030 het gewenste toekomstbeeld geeft.

In de scenarioanalyse zijn verschillende scenario's uitgewerkt voor een klimaatneutrale gebouwde omgeving in Den Haag. In overleg met de gemeente Den Haag is gekozen om Scenario 2B in dit onderzoek te hanteren voor invulling van het eindbeeld. Dit scenario gaat uit van het maximaal benutten van de lokaal aanwezige warmteopties in Den Haag, aangevuld met regionale restwarmte uit de Leiding door het midden. Groen gas wordt in dit scenario niet gebruikt om woningen mee te verwarmen. In de scenarioanalyse wordt nieuwbouw niet meegenomen. Wanneer nieuwbouw-woningen nog worden aangesloten op een fossiele energiebron zou dit leiden tot een grotere opgave om klimaatneutraal te worden. In het eindbeeld zijn namelijk *alle* woningen klimaatneutraal, ook de woningen die momenteel nog niet gebouwd zijn.

In Figuur 9 is het eindbeeld van de bestaande woningen in Den Haag weergegeven. Er is een klein aandeel aan woningen die als onbekend in het scenario zitten. Dit betreft met name woningen op de Binckhorst, een buurt die momenteel volop in ontwikkeling is.

Figuur 9 - Eindbeeld invulling bestaande woningen (aantal woningen per techniek) in Den Haag volgens Scenario 2B van de studie scenarioanalyse voor de warmtetransitie in Den Haag'

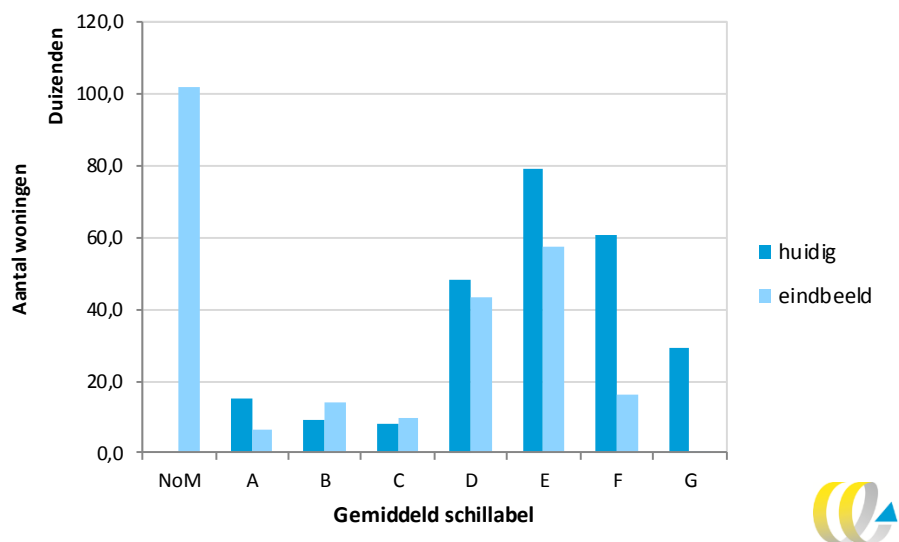


Bron: (CE Delft, 2017a).



In dit eindbeeld vindt er ook een isolatieslag plaats om woningen gereed te maken voor lage temperatuurverwarming en om energielasten te verlagen. In Figuur 10 is een overzicht opgenomen van de in Scenario 2b van de scenarioanalyse geschetste huidige en toekomstige verdeling van de isolatiegraad van de woningen in Den Haag in het eindbeeld.

Figuur 10 - Schillabels bestaande woningen in de oude situatie, en in de nieuwe situatie, na uitvoering van de maatregelen

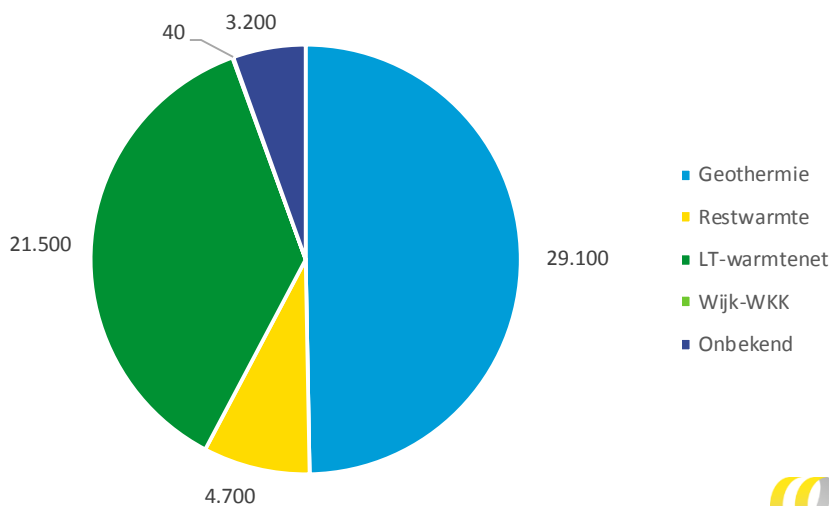


4.2 Werken

Ook voor de sector Werken kan gebruik worden gemaakt van de scenarioanalyse voor de warmtetransitie in Den Haag. Hier is voor de utiliteitsgebouwen in Den Haag uitgerekend op welke manier deze CO₂-neutraal kunnen worden verwarmd. Er kunnen wel nog CO₂-emissies zijn voor de elektriciteitsvraag.

Het eindbeeld van de utiliteit in Den Haag is weergegeven in Figuur 11. Voor de utiliteit wordt er in het eindbeeld met name gebruik gemaakt van collectieve warmteopties (geothermie, restwarmte en lage temperatuurwarmtenetten). Ook bij utiliteit is er een aandeel van de warmtevoorziening waar de invulling van de warmtevraag nog onbekend is. Het betreft hier utiliteitsgebouwen op de Binckhorst en het bedrijventerrein Kerketuinen en Zichtenburg. De post onbekend is niet verder ingevuld in deze studie.

Figuur 11 - Eindbeeld bestaande utiliteit (WEQ) in Den Haag volgens Scenario 2b van de studie 'scenarioanalyse voor de warmtetransitie in Den Haag'



Bron: (CE Delft, 2017a).

4.3 Mobiliteit

Voor mobiliteit zijn er geen studies voorhanden die een klimaatneutraal eindbeeld schetsen. Om deze reden heeft CE Delft zelf een eindbeeld vormgegeven.

Bij klimaatneutrale mobiliteit wordt ervan uitgegaan dat er geen fossiele brandstoffen meer worden gebruikt in het vervoer in Den Haag. Het gaat hierbij om auto's, vrachtauto's bussen en andere vormen van wegverkeer. Om klimaatneutraal te worden dient de elektriciteit voor elektrische voertuigen (auto's, maar ook trams) duurzaam te worden opgewekt. In het eindbeeld wordt ervan uitgegaan dat er een grote verschuiving in vervoersstromen van autoverkeer naar fiets en het OV wordt gemaakt.

4.4 Duurzame elektriciteit

Om klimaatneutraal te zijn dient naast de warmtevoorziening ook de elektriciteitsvoorziening van Den Haag te worden vergroend. De mogelijkheden om eigen elektriciteit in Den Haag op te wekken zijn echter beperkt. In het eindbeeld gaan wij uit van de mogelijkheden zoals geschetst in de Voortgangsnotitie energievisie Den Haag 2040 (Den Haag, 2014b). Hierin wordt enkel de potentie van één windturbine (reeds gerealiseerd) en zonnepanelen benoemd als mogelijke bronnen van hernieuwbare elektriciteit. Aangezien er geen verdere potentie wordt gezien voor andere vormen van duurzame elektriciteitsopwekking, is in deze studie dan ook enkel de potentie voor zonnepanelen met een maatregelpakket doorerekend.

In het eindbeeld gaan wij ervan uit dat 55% van het totale dakoppervlak in Den Haag wordt vol gelegd met zonnepanelen. In totaal zouden er in Den Haag dan 5,3 miljoen zonnepanelen kunnen worden geplaatst, met een totale opbrengst van ca. 4.400 TJ/jr.

5 Maatregelpakketten

Vanuit het eindbeeld zijn er door CE Delft maatregelpakketten opgesteld om dit eindbeeld te behalen. Deze maatregelpakketten zijn fors, want er moeten in korte tijd zeer veel aanpassingen worden gedaan aan de gebouwde omgeving en de mobiliteit in Den Haag. Zonder het uitvoeren van deze, of soortgelijke, maatregelpakketten behaalt Den Haag haar einddoel niet. In dit hoofdstuk volgt een korte omschrijving van de pakketten die CE Delft heeft opgesteld. Aangezien er een grote overlap zit in de maatregelen tussen de pakketten voor wonen en werken zijn deze sectoren in dit hoofdstuk samengenomen. Een uitgebreidere omschrijving van de uitgangspunten en aannames in al deze pakketten is te vinden in Bijlage A.

5.1 Wonen en Werken

Het Scenario 2b van de scenarioanalyse voor de warmtetransitie in Den Haag geeft het eindbeeld voor de warmtevoorziening van Den Haag voor utiliteit en woningen. Op basis hiervan zijn er maatregelenpakketten opgesteld. Deze pakketten zijn voor utiliteit en woningen ruwweg gelijk, en worden hieronder dan ook samengenomen.

Nieuwbouwwoningen energieneutraal

Om de opgave voor het verduurzamen van de woningen in Den Haag niet te laten toenemen is het nodig ook te kijken naar nieuwbouw. Het aantal huishoudens in Den Haag groeit volgens de PRIMOS-prognoses met 34.000 in 2030, en met ca. 50.000 in 2050. De woningen die gebouwd worden om deze bevolkingstoename te huisvesten (ca. 2.200-2.500 woningen/jr. (Den Haag, 2017d)) dienen energieneutraal te worden gerealiseerd, oftewel zo te worden ontwikkeld dat ze netto geen energievraag hebben voor de verwarming en warmtapwatervoorziening.

Pakket Geothermie

Het pakket geothermie bestaat uit het realiseren van tien tot vijftien geothermiebronnen en het aanleggen van infrastructuur om deze warmte naar woningen te leiden. De temperatuur van deze warmte is afhankelijk van de diepte en de compositie van de ondergrond. Uitgegaan is van een hoge temperatuur voor geothermie in Den Haag ($> 70^{\circ}\text{C}$). Er worden ca. 84.500 woningen voorzien van warmte uit geothermie. Tevens wordt er ca. 29.000 woningequivalenten (WEQ) aan utiliteitsbouw aangesloten op geothermie. Door de hoge temperatuurwarmte is een beperkte mate van isolatie in deze gebouwen benodigd. In de gebouwen wordt een afleverset voor de warmte geplaatst.

Pakket Elektrische warmtepomp

Het pakket elektrische warmtepomp omvat de implementatie van de benodigdheden om gebouwen individueel met lage temperatuur te verwarmen en te voorzien van warmtapwater. In dit pakket worden ca. 104.000 woningen geïsoleerd naar minimaal label B, en het liefst hoger (Label A tot en met een NoM-isolatieschil). In deze woningen worden voorzieningen aangebracht voor warmteafgifte op lage temperatuur (LT-radiatoren of wand/vloerverwarming). Hiernaast wordt de huidige ketel vervangen door een warmtepomp. Deze warmtepomp kan gebruik maken van de temperatuur van de buitenlucht of van de bodem. Voor individuele voorzieningen is logischerwijs geen nieuwe collectieve infrastructuur nodig. Voor de toepassing van een bodemwarmtepomp moet wel een grondboring worden gedaan. Er gaat geen utiliteitsbouw over naar een elektrische warmtepomp.

Pakket regionale restwarmte

Om de restwarmte en geothermie uit Den Haag zelf aan te vullen en zo een groter deel van Den Haag op warmte aan te sluiten, kan gebruik worden gemaakt van restwarmte uit Rotterdam. Deze kan worden ontsloten met behulp van de warmterotonde, via de Leiding door het Midden. In dit pakket moet de Leiding door het Midden (ca. 20 km lang) worden aangelegd. In het pakket is ervan uitgegaan dat de warmte onder andere het bestaande warmtenet van Den Haag, en de

woningen die daarop zijn aangesloten, zal gaan voeden. Daarnaast zal dit warmtenet worden uitgebreid in Den Haag, zodat uiteindelijk ca. 53.500 woningen van deze warmte gebruikmaken.

Op dit moment is het nog niet geheel duidelijk welke bronnen de Leiding door het midden zullen gaan voeden. In dit pakket is uitgegaan van twee fasen:

- Fase 1: mix fossiele restwarmte en hernieuwbaar: De restwarmte betreft de restwarmte vanuit het havengebied van Rotterdam. Restwarmte van kolencentrales is hierbij op voorhand uitgesloten.
- Fase 2: volledig hernieuwbaar: Uitgegaan wordt dat na 2030 de fossiele restwarmte van het Rotterdamse havengebied vervangen wordt door een combinatie van hernieuwbare warmtebronnen aangevuld met warmtebuffers.

Door de hoge temperatuurwarmte (ca. 90-100°C) is een beperkte mate van isolatie in deze woningen benodigd. Wel zal in de gebouwen een afleverset voor de warmte moeten worden geplaatst. Tevens worden er ca. 5.000 woningequivalenten (WEQ) aan utiliteitsbouw aangesloten op dit warmtenet

Pakket lage temperatuurwarmtenet

Dit pakket omvat de implementatie van de benodigdheden om gebouwen collectief met lage temperatuur te verwarmen en te voorzien van warmtapwater. Dit soort warmtenetten zijn zeer kleinschalig. In de opzet van het pakket is hierbij uitgegaan van verwarming middels een collectief warmtekoudeopslagsysteem. Mogelijk kan er in de toekomst ook gebruik worden gemaakt van lage temperatuurrestwarmtebronnen zoals datacenters, ijsbanen, RWZI's, de glastuinbouw en koel-, vries- en slachthuizen.

In dit pakket gaan 5.200 woningen worden geïsoleerd naar minimaal label B, en het liefst hoger (Label A tot en met een NoM-isolatieschil). In deze woningen worden voorzieningen aangebracht voor warmteafgifte op lage temperatuur (lage temperatuurradiatoren of wand/vloerverwarming). Hiernaast moet het WKO-systeem worden aangelegd en het warmtenet naar de gebouwen. In de woningen wordt een afleverset voor de warmte geplaatst.

Hiernaast zitten er 21.500 woningequivalenten (WEQ) aan utiliteitsbouw in dit pakket. Voor de utiliteit in dit pakket kan het ook betekenen dat deze gebouwen een individuele open WKO-installatie installeren. Mogelijkerwijs kunnen ook nabijgelegen woningen op deze bron worden aangesloten. De utiliteitsbouw dient tevens dermate goed geïsoleerd te worden dat deze met lage temperatuur kan worden verwarmd, en het warmteafgiftesysteem dient te worden aangepast aan lage temperatuurwarmte.

Pakket Wijk-WKK

Een klein deel van de woningen zal in dit scenario overgaan op een Wijk-WKK. Dit bestaat uit een WKK-installatie die uit hernieuwbaar gas zowel elektriciteit als hoge temperatuurwarmte produceert. In dit pakket worden 1.600 woningen aangesloten op Wijk-WKK. Deze woningen worden verbonden met een klein warmtenet.

Door de hoge temperatuurwarmte is een beperkte mate van isolatie in deze woningen benodigd. Wel zal in de gebouwen een afleverset voor de warmte moeten worden geplaatst. Tevens wordt er 40 woningequivalenten (WEQ) aan utiliteitsbouw aangesloten op dit warmtenet.

5.2 Mobiliteit

Voor een klimaatneutrale mobiliteit zijn een vijftal maatregelenpakketten vormgegeven. Hiernaast is als laatste pakket een pakket voor een emissieloze milieuzone voor de gehele stad doorgerekend. Aangezien deze maatregel zwaar overlapt met de andere maatregelen, zal in de analyse eerst in beeld worden gebracht wat het totaal van de andere pakketten oplevert, alvorens dit pakket wordt ingezet.

Maatregelenpakket groen aanbesteden

Met dit maatregelenpakket worden de verschillende concessies en het eigen wagenpark 100% CO₂-neutraal gemaakt. Het betreft:

- alle OV-bussen volledig elektrisch;
- alle contractvervoer (WMO, leerlingen, Regiotaxi) volledig elektrisch;
- gehele gemeentelijk wagenpark volledig elektrisch.

Maatregelenpakket Stimuleren schoner vervoer particulieren en bedrijven

Dit pakket bevat een collectie van maatregelen om elektrisch personenvervoer verder te stimuleren.

- versneld plaatsen van extra snellaad- en oplaadpalen, bovenop het huidige tempo;
- voortzetten van de huidige aankoopsubsidies voor personenauto's;
- alleen elektrische taxi's toestaan in de taxiverordening;
- financieel voordeel parkeren en parkeervergunning elektrische personenauto's;
- werkgeversafspraken over duurzame mobiliteit van werknemers.

Maatregelenpakket Ruimtelijk beleid, parkeernormen en parkeertarieven

Dit pakket bevat het aanpassen van parkeernormen bij het bouwen rond OV-knooppunten (stations Den Haag Centraal, Den Haag HS, Den Haag Laan van NOI, OV-knooppunt Leyenburg) en HOV-lijnen (tramlijnen). De parkeernorm bij deze ontwikkelingen wordt flink verlaagd en gaat gelden als een maximum.

Hiernaast wordt er in dit pakket rekening gehouden met het verhogen van de bezoekersparkeertarieven met 50% om autobedrijf minder aantrekkelijk te maken. Daarmee komen de bezoekersparkeertarieven meer overeen met die van andere grote steden.

Maatregelenpakket Modal shift

In dit pakket worden maatregelen doorgerekend die leiden tot verschuiving van het autovervoer naar fiets en OV.

Voor het bevorderen van fietsen wordt gedacht aan maatregelen als:

- aanleg nieuwe fietspaden;
- fietssnelwegen tussen steden;
- meer stallingscapaciteit stations en OV-haltes;
- fiets vaker voorrang bij kruispunten en kortere wachttijden verkeerslichten;
- meer aandacht voor fiets in ketenverplaatsingen;
- fietsroutes naar OV-haltes/stations verbeteren.

Hiernaast wordt de frequentie en de infrastructuur voor het OV verbeterd. Hierbij wordt gedacht aan maatregelen als:

- hoogfrequent vervoer Randstadrail- en tramlijnen;
- uitbreiding Randstadrail met nieuwe lijnen (conform discussienotitie Haagse Mobiliteitsagenda);
- ketenoplossingen (last mile specifieke doelgroepen), incl. deelfietsen;
- slimme bus/taxiregeling (vraagafhankelijk);
- slimme OV-concessies (denken in bereikbaarheid i.p.v. buslijnen);
- Car2go aan OV gekoppeld op geselecteerde knooppunten;
- looproutes naar OV-haltes en stations verbeteren.

Bij dwingend beleid is er meer mogelijk. Hierbij wordt gedacht aan stringent parkeerbeleid, tolheffing, dwingende afspraak werkgevers, evenementenverkeer en publiekslocaties, waardoor meer verplaatsingen per fiets en OV worden gedaan in plaats van met de auto.

Maatregelpakket stadslogistiek

In dit pakket worden maatregelen opgenomen voor stadslogistiek in het centrum. Stadslogistiek is breder dan vrachtvervoer tussen de rand van de stad en binnenstad. Het gaat om de logistiek tussen distributiecentrum en bestemming in de stad en vice versa. Het gaat om zowel bestelauto's als vrachtauto's. Het bevat post en pakketjes, vers-logistiek, winkelbevoorrading, afvallogistiek, facilitaire logistiek en bouwlogistiek.

Deze maatregelen worden in combinatie uitgevoerd met een aankoopsubsidie voor elektrische bestelauto's en het efficiënter vervoeren van goederen: vollere bestel- en vrachtauto's, bundeling van leveringen via hubs, meer retourlading etc. door o.a. inzet van ICT ('Smart Logistics').

Maatregelpakket emissieloze milieuzone heel Den Haag

In het regeerakkoord (Rijksoverheid, 2017) is aangegeven dat de overheid wil kijken naar het mogelijk maken van emissieloze milieuzones voor binnensteden. In dit laatste maatregelpakket gaan we nog een stap verder, en wordt gekeken naar het instellen van een zero-emissie milieuzone in heel Den Haag voor alle motorvoertuigen. Alleen emissievrije personen-, bestel- en vrachtauto's zijn dan nog toegestaan in de gehele stad.

Met het invoeren van dit pakket wordt een klimaatneutrale mobiliteit in Den Haag standaard gerealiseerd, mits elektriciteit CO₂-neutraal wordt opgewekt. Deze optie overlapt dan ook met alle andere opties, en wordt daarom als los pakket weergegeven.

5.3 Duurzame elektriciteit

Voor het verduurzamen van de elektriciteitsvraag van Den Haag is een maatregelpakket zonnepanelen meegerekend.

Maatregelpakket zonnepanelen

In het eindbeeld gaan wij er hier vanuit dat 55% van het totale dakoppervlak in Den Haag wordt vol gelegd met zonnepanelen. Het dakoppervlak is door middel van een GIS-analyse bepaald uit de BAG. In totaal is het totale dakoppervlak 15.737.000 m². In totaal zouden er op 55% van dit oppervlak 5,3 miljoen zonnepanelen kunnen worden geplaatst, met een totale opbrengst van ca. 4.400 TJ/jr.

De mogelijkheden voor zonnepanelen op nieuwbouwwoningen zijn niet meegenomen in dit pakket aangezien aangenomen is dat dit dakoppervlak reeds wordt ingezet om de nieuwbouw energieneutraal te ontwikkelen.

Dit pakket geeft een ruwe inschatting van het maximaal realiseerbaar potentieel aan zonne-energie op de bestaande bouw, en komt daarmee op fors hogere getallen dan eerder in de Energievisie Den Haag zijn berekend (Den Haag, 2010). Nader onderzoek zou nodig zijn om een meer reële inschatting te doen van het maximaal te realiseren potentieel.

Dit pakket levert, wanneer volledig gerealiseerd in 2030, 4.400 TJ aan hernieuwbare elektriciteit op. In het referentiescenario wordt ook al meer zon-pv gerealiseerd. In 2030 wordt er met dit scenario nog 4.000 TJ bovenop het referentiescenario opgewekt. In 2040 is dit 3.700 TJ extra.

6 Effect van de maatregelen op de CO₂-uitstoot

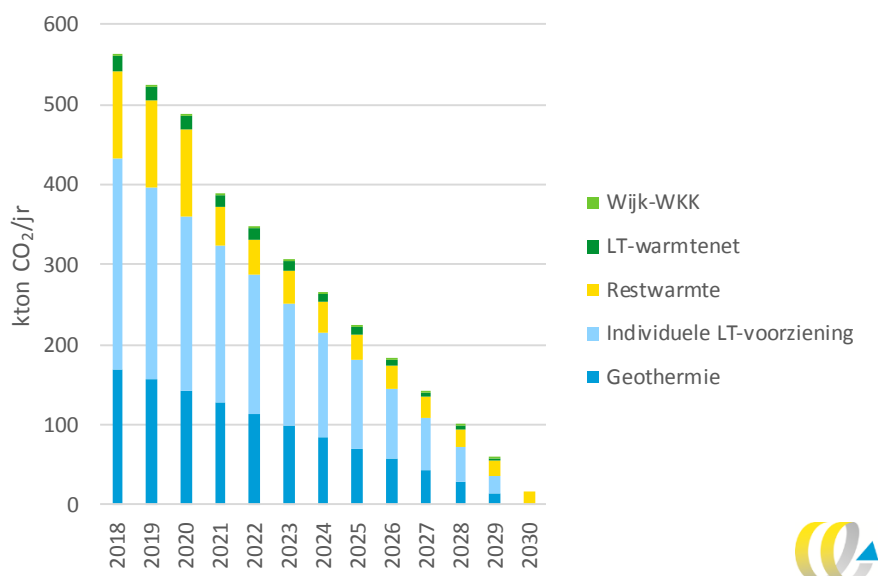
De maatregelpakketten zorgen voor CO₂-reductie en een ander gebruik van energiebronnen in Den Haag. In plaats van aardgas wordt er gebruik gemaakt van elektriciteit, warmte en hernieuwbaar gas om Den Haag van energie te voorzien. In dit hoofdstuk wordt het effect van de maatregelen op de CO₂-emissie in Den Haag weergegeven, en wordt er stilgestaan bij de overlap tussen verschillende maatregelen en de resterende import van energie naar Den Haag. Het eindbeeld van de maatregelpakketten is voor 2030 en 2040 grotendeels gelijk. In dit hoofdstuk is ter illustratie enkel het effect bij realisatie in het eindjaar 2030 weergegeven.

6.1 Wonen en Werken

Voor de gebouwde omgeving is het effect van de maatregelen per pakket doorgerekend voor zowel utiliteit als woningen.

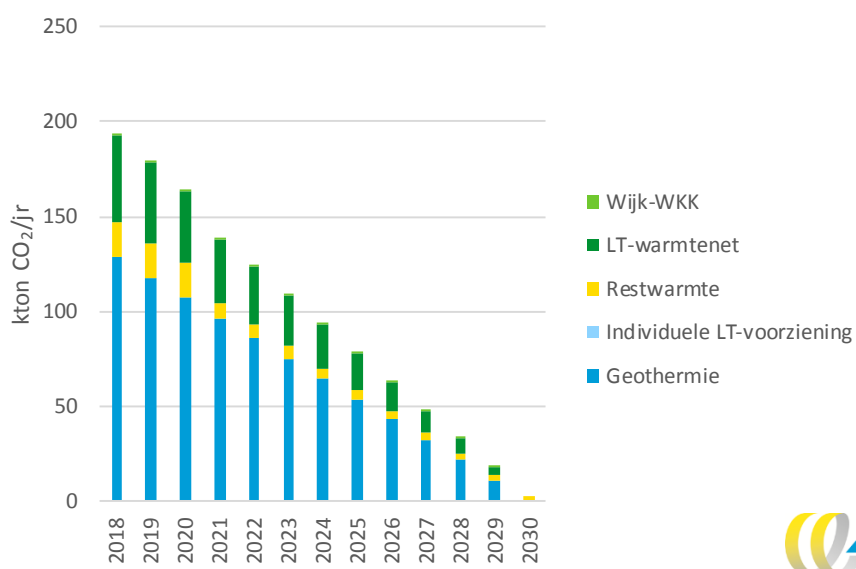
In Figuur 12 is de CO₂-uitstoot van de warmte en warmtapwatervraag van woningen tot aan 2030 bij het toepassen van de maatregelpakketten weergegeven. Het meetpunt hierbij is 1 januari van elk jaar. Doordat woningen worden voorzien van een nieuwe warmtevoorziening daalt de CO₂-emissie van de oude warmtevraag naar bijna nul, wel is er een toename van de elektriciteitsvraag. Een uitzondering op de afname van de oude warmtevraag is de CO₂-emissie van restwarmte. De Leiding door het midden maakt gebruik van restwarmte uit een AVI. De emissies die vanuit deze bron aan restwarmte worden toegerekend, leiden tot een resterende CO₂-uitstoot van in totaal 18 kton CO₂/jr. op 1 januari 2030. Het is op dit moment niet bekend wanneer deze warmtebronnen vervangen worden door een hernieuwbare bron. We gaan er in de berekeningen van uit dat in de loop van 2030 het fossiele aandeel restwarmte wordt vervangen door hernieuwbare warmte uit geothermie. Wanneer dit lukt is in begin 2031 ook deze resterende emissie tot nul gereduceerd.

Figuur 12 - CO₂-emissies van de warmtevraag woningen voor de verschillende maatregelpakketten, uitgaande van een klimaatneutraal Den Haag in 2030. In dit figuur zijn eventuele emissies van de elektriciteitsvraag niet opgenomen



In Figuur 13 is de CO₂-uitstoot van de warmte en warmtapwatervraag van utiliteit tot aan 2030 bij het toepassen van de maatregelpakketten weergegeven. Door het voorzien van woningen van een nieuwe warmtevoorziening daalt de CO₂-emissie van de warmtevraag naar bijna nul. Ook hier is de uitzondering daarop de CO₂-emissie van restwarmte.

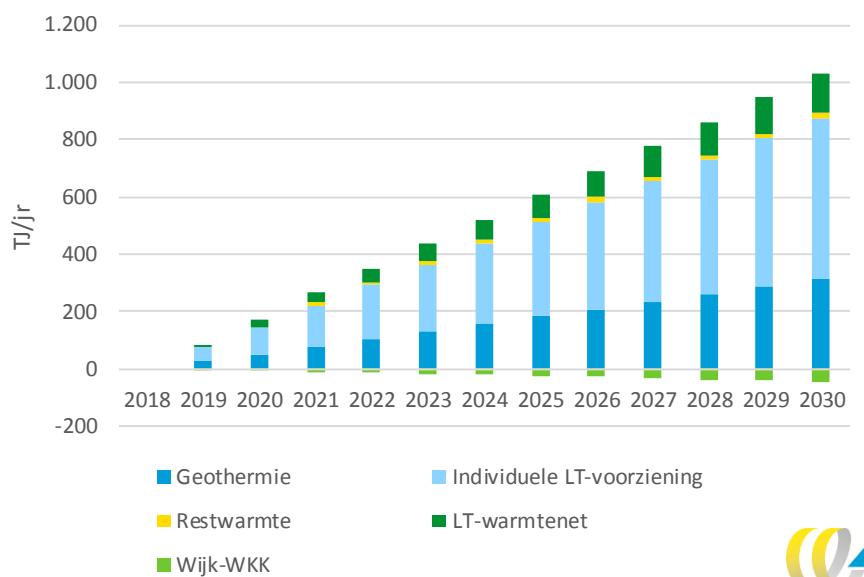
Figuur 13 - CO₂-emissies van de warmtevraag utiliteit voor de verschillende maatregelpakketten, uitgaande van een klimaatneutraal Den Haag in 2030. In dit figuur zijn eventuele emissies van de elektriciteitsvraag niet opgenomen



Groeiend elektriciteitsverbruik

De maatregelpakketten leiden tot een toenemende elektriciteitsvraag. Elektriciteit wordt gebruikt voor de warmtepompen in de individuele LT-voorzieningen, maar ook het rondpompen van warm water in warmtenetten en het oppompen van water voor WKO en geothermie vraagt elektriciteit. Deze vraag komt bovenop de huidige elektriciteitsvraag (in 2016 was dit ca. 7.000 TJ voor heel Den Haag). In Figuur 14 is de aanvullende elektriciteitsvraag van de maatregelpakketten voor de sectoren wonen en werken weergegeven. De Wijk-WKK produceert naast warmte ook hernieuwbare elektriciteit. Om deze reden is er een negatief elektriciteitsverbruik zien in Figuur 14.

Figuur 14 - Aanvullende elektriciteitsvraag (TJ/jr.) bij het uitrollen van de verschillende maatregelpakketten, uitgaande van een klimaatneutraal Den Haag in 2030. Utiliteit en woningen zijn hier bij elkaar opgeteld



6.2 Mobiliteit

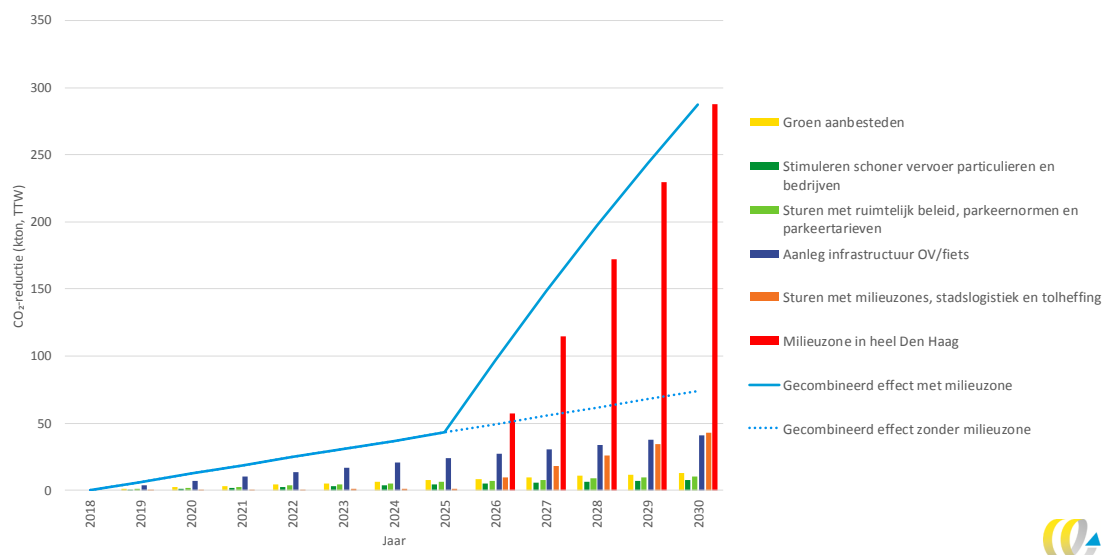
Ook voor mobiliteit is per maatregel het effect doorgerekend. Er zit echter veel overlap in de maatregelen: wanneer bijvoorbeeld alle taxi's overstappen op elektrisch rijden, dan betekent dat een milieuzone voor enkel elektrische auto's weer wat minder effect heeft omdat er minder auto's via deze maatregel overstappen op elektrisch vervoer. Ook een verandering in de modal split, wanneer automobilisten overstappen naar fiets en OV, betekent minder effect voor de maatregelen die elektrisch autorijden stimuleren. In Bijlage A.1 is een tabel opgenomen (Tabel 11), met daarin een overzicht van de berekende effecten van de losse maatregelen.

Wanneer alle maatregelpakketten voor mobiliteit worden ingezet, met uitzondering van de milieuzone voor de gehele stad, blijft de gecombineerde reductie van de CO₂-uitstoot beperkt tot 74 kton, circa 26% ten opzichte van het referentiep pad (Figuur 15).

Voor het bereiken van het einddoel is het dus nodig om ook het pakket milieuzone voor de hele stad in te zetten. In Figuur 15 is als voorbeeld het gezamenlijke resultaat per jaar weergegeven met doeljaar 2030. Alle maatregelen, behalve de maatregel *milieuzone voor de hele stad*, worden ingezet tot het jaar 2025. Aangenomen wordt dat er vijf jaar voor het instellen van de milieuzone wordt gestart met het afkondigen van deze milieuzone. Hierdoor begint het pakket *Milieuzone voor de hele*

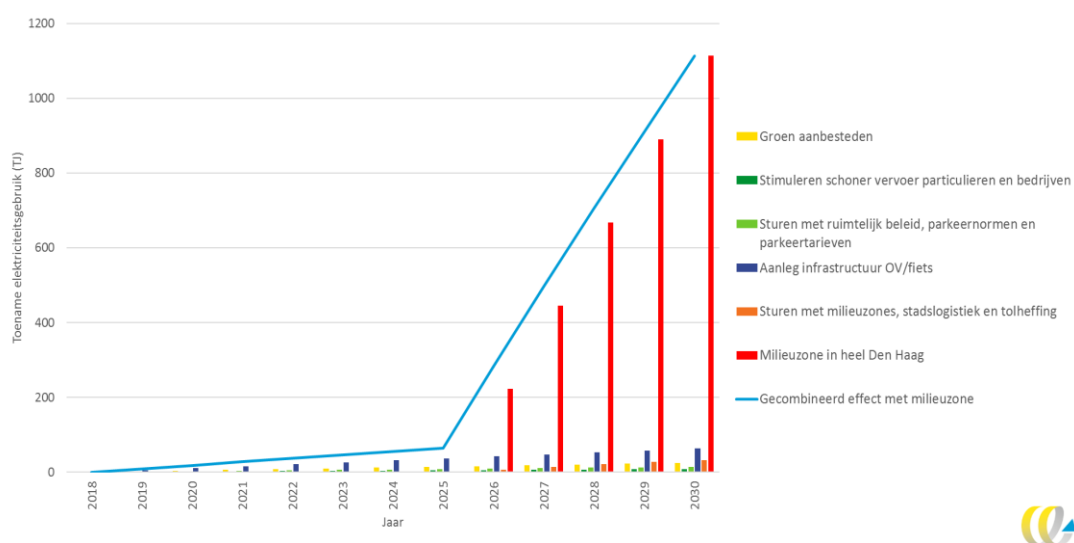
stad in belang toe te nemen vanaf dit jaar. Het effect van dit pakket neemt lineair toe vanaf 2025 tot 2030. Vanaf 2025 neemt het belang van de overige maatregelen lineair af tussen 2025 en 2030. Dit leidt in 2030 tot volledige emissievrije mobiliteit.

Figuur 15 - Voorbeeld van de gecombineerde CO₂-reductie-effecten van de maatregelpakketten mobiliteit met doeljaar 2030



Door het inzetten van de maatregelpakketten neemt de groei van elektrisch vervoer toe, en daarmee ook de elektriciteitsvraag voor de stad, met ca. 1.080 TJ. In Figuur 16 is zichtbaar dat elektrisch vervoer, mede door het effect van de ZE-milieuzone voor heel Den Haag, relatief veel elektriciteit nodig heeft ten opzichte van de maatregelenpakketten *Sturen met ruimtelijk beleid, parkeernormen en parkeertarieven* en *Aanleg infrastructuur OV/fiets*, die effecten hebben op de modal split.

Figuur 16 - Voorbeeld van de gecombineerde toename van elektriciteitsgebruik van de maatregelpakketten mobiliteit met doeljaar 2030



6.3 Duurzame elektriciteit en andere energie-import

Duurzame elektriciteit

De maatregelpakketten zorgen voor CO₂-reductie en een ander gebruik van energiebronnen in Den Haag. Veel warmtevraag van de gebouwde omgeving en de energievraag voor mobiliteit zullen elektrisch worden ingevuld. Om deze reden neemt de elektriciteitsvraag van de stad Den Haag toe.

Gevolgen voor 2030

Wanneer alle maatregelpakketten zijn gerealiseerd in 2030 leidt dit tot een aanvullende elektriciteitsvraag voor Den Haag van 2.105 TJ, en daarmee een totale elektriciteitsvraag van 8.750 TJ (zie Tabel 4).

Tabel 4 - Elektriciteitsvraag in Den Haag bij het uitvoeren van de maatregelpakketten in 2030

	Wonen	Werken	Mobiliteit	Totaal
	TJ	TJ	TJ	TJ
Basis	2.130	4.425	90	6.645
Aanvullend	765	225	1.115	2.105
Totaal	2.895	4.655	1.200	8.750

In Den Haag kan, uitgaande van het maatregelpakket zonnepanelen, nog 4.400 TJ aan duurzame elektriciteit worden opgewerkt. Uitgaande dat deze elektriciteit volledig in Den Haag zal worden benut, resteert er een elektriciteitsvraag van 4.360 TJ⁴.

De resterende elektriciteitsvraag is nog niet volledig CO₂-neutraal. Volgens het referentiescenario heeft in 2030 de gemiddelde elektriciteitsmix een emissie van 0,25 kg CO₂/kWh. De totale elektriciteitsvraag van Den Haag is dan nog goed voor een CO₂-uitstoot van 330 kton CO₂. Om volledig CO₂-neutraal te zijn is nodig dat alle elektriciteit die Den Haag importeert van CO₂-neutrale bronnen afkomstig is.

Gevolgen voor 2040

Wanneer alle maatregelpakketten zijn gerealiseerd in 2040 leidt dit tot een aanvullende elektriciteitsvraag voor Den Haag van 2.005 TJ. De aanvullende elektriciteitsvraag voor mobiliteit in 2040 is lager dan in 2030 omdat ook het aantal elektrische voertuigen reeds in het referentiescenario toeneemt waardoor het aanvullend effect van de maatregelen lager uitvalt. De totale elektriciteitsvraag in 2040 is 9.375 TJ.

Tabel 5 - Elektriciteitsvraag in Den Haag bij het uitvoeren van de maatregelpakketten in 2040

	Wonen	Werken	Mobiliteit	Totaal
	TJ	TJ	TJ	TJ
Basis	2.390	4.850	130	7.370
Aanvullend	765	225	1.015	2.005
Totaal	3.155	5.080	1.140	9.375

⁴ Discrepancie in de berekeningen wordt veroorzaakt door afrondingen in deze rapportage.

In Den Haag kan, uitgaande van het maatregelpakket zonnepanelen, nog 4.400 TJ aan duurzame elektriciteit worden opgewerkt. Ervan uitgaande dat deze elektriciteit in Den Haag volledig zal worden benut, resteert er een elektriciteitsvraag van ca. 5.000 TJ. Deze elektriciteitsvraag is nog niet volledig CO₂-neutraal. Volgens het referentiescenario heeft in 2040 de gemiddelde elektriciteitsmix een emissie van 0,18 kg CO₂/kWh. De elektriciteitsvraag van Den Haag is dan nog goed voor een CO₂-uitstoot van ca. 260 kton CO₂. Om volledig CO₂-neutraal te zijn is het nodig dat alle elektriciteit die Den Haag importeert van hernieuwbare bronnen afkomstig is.

Hernieuwbaar gas

Naast elektriciteit is Den Haag in het eindbeeld ook netto-importeur van hernieuwbaar gas. Een belangrijke randvoorwaarde voor het CO₂-neutraal opereren van de Wijk-WKK is dat er voldoende hernieuwbaar gas aanwezig is. We gaan er in onze analyses vanuit dat er in 2050 maximaal 5 miljard m³ hernieuwbaar gas beschikbaar is in Nederland, en daarmee voldoende hernieuwbaar gas voor Den Haag (CE Delft, 2016a).

In het eindbeeld importeert Den Haag voldoende hernieuwbaar gas om 2.150 TJ aan energie op te wekken. Wanneer het hernieuwbaar gas niet beschikbaar zou komen is het meest logisch dat voor deze functionaliteiten aardgas wordt ingezet. In het eindjaar, wanneer alle maatregelen volledig zijn gerealiseerd zou dit leiden tot een aanvullende CO₂-uitstoot van 120 kton CO₂ per jaar.

7 Gevolgen CO₂-budget

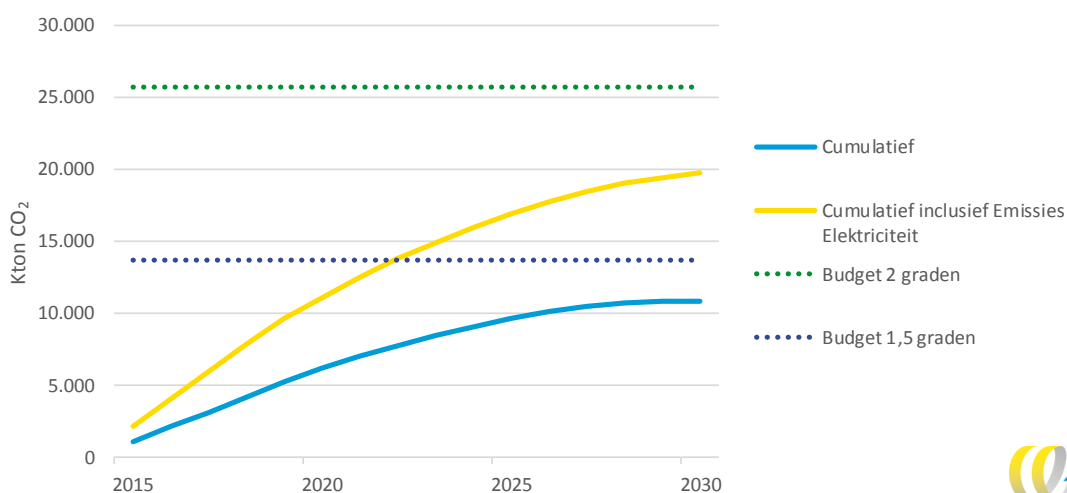
In Hoofdstuk 6 is omschreven wat de effecten zijn van de losse maatregelpakketten. In dit hoofdstuk kijken we naar het totale effect van de pakketten, en hoe het effect van deze pakketten zich verhoudt tot de CO₂-budgetten die Den Haag zich heeft gesteld. Dit wordt voor beide doeljaren gedaan. Voor beide doeljaren wordt eerst in beeld gebracht hoe het cumulatieve CO₂-budget zich ontwikkelt wanneer alle maatregelen in het doeljaar gerealiseerd zijn en of het tempo dat hieruit voortkomt als realistisch wordt ingeschat. Hierna wordt gekeken in welk jaar de pakketten moeten zijn gerealiseerd wil Den Haag wel aan de CO₂-budgetten voldoen.

7.1 2030

Wanneer de in Hoofdstuk 4 en 5 omschreven maatregelpakketten volledig zijn ingevoerd in 2030 verandert de cumulatieve CO₂-uitstoot van Den Haag. In Figuur 17 zijn de cumulatieve CO₂-emissies weergegeven. Te zien is dat de cumulatieve CO₂-uitstoot onder de budgetten behorende bij 1,5 en 2°C blijft wanneer het mogelijk zou zijn om enkel CO₂-vrije elektriciteit te importeren. Wanneer dit niet lukt wordt het budget voor 1,5°C in 2022 overschreden. De emissies blijven nog wel binnen het 2°C-budget.

Het is zeer te betwijfelen of het de gemeente Den Haag gaat lukken om te zorgen dat de gehele stad in 2030 enkel hernieuwbare energie gebruikt. Er is niet voldoende hernieuwbare energie opwekkings-potentieel geïdentificeerd om zelf in de behoefte aan elektriciteit te voorzien. Den Haag blijft dan afhankelijk van externe ontwikkelingen om deze emissies te reduceren. Het is dan ook realistischer om te kijken naar de cumulatieve CO₂-emissie inclusief de emissies van de import van elektriciteit (Figuur 17).

Figuur 17 - Cumulatieve CO₂-emissies bij het in 2030 hebben doorgevoerd van de maatregelpakketten



Benodigd tempo

Gebouwde omgeving

Voor het uitvoeren van de maatregelpakketten in 2030 wordt er per jaar ca. 16.300 woningen en 3.200 woningequivalenten (WEQ) utiliteit van het gas afgehaald en aangesloten op duurzame warmteopties (zie Tabel 6 voor een verdeling van de woningen en WEQ per pakket).

Er is er is een gelijk tempo verondersteld voor de hele periode, welke dus reeds in 2018 wordt behaald. Aanvullend worden ook de werkzaamheden gestart voor het pakket restwarmte.

Er is van uitgegaan dat tot 2021 alle werkzaamheden (aanleggen infrastructuur, plaatsten warmte-afgiftestations) worden uitgevoerd om in 2021 in één klap ca. 36.000 woningen te voorzien van restwarmte via de Leiding door het midden. Hierna worden er nog ieder jaar ca. 1.950 woningen en 170 WEQ aangesloten op deze warmtebron.

Tabel 6 - Benodigd tempo om het maatregelpakket in 2030 te hebben gerealiseerd

Maatregelpakket	Aantal	Woningen/utiliteit
Geothermie	7.040	Woningen/jaar
	2.400	WEQ/jaar
Individuele LT-voorziening	8.700	Woningen/jaar
	0	WEQ/jaar
Restwarmte ⁵	1.950	Woningen/jaar
	170	WEQ/jaar
LT-warmtenet	440	Woningen/jaar
	750	WEQ/jaar
Wijk-WKK	130	Woningen/jaar
	5	WEQ/jaar

Mobiliteit

Voor de maatregelen voor mobiliteit is vooral de benodigde hoeveelheid elektrische wegvoertuigen bij de maatregel ZE-milieuzone in de hele stad in de periode 2025 tot 2030 een grote opgave.

Momenteel zijn er in Den Haag ca. 190.500 personenauto's en 18.800 bedrijfsmotorvoertuigen (ca. 90% bestelvoertuigen, en verder vrachtauto's trekkers, bussen en overige voertuigen).

Om het benodigde tempo te halen gaat het dan om het vervangen van ca. 42.000 voertuigen per jaar.

De gemiddelde levensduur van personenauto's in Nederland was in 2016 10,2 jaar (CBS, 2017), dus 5 jaar is een erg korte termijn om alle auto's met een verbrandingsmotor te vervangen. In 2016 groeide het aantal volledig elektrische auto's in Den Haag van 188 naar 361 (Klimaatmonitor, 2017), wat een factor 200 lager is dan het benodigde tempo. De tijdige vervanging van alle conventionele wegvoertuigen in 2030 is dan ook erg ambitieus.

Elektriciteit

Bij het uitvoeren van het maatregelpakket zonnepanelen worden er jaarlijks 361 TJ aan zonnepanelen neergelegd. Het gaat hier om ca. 435.000 panelen per jaar.

⁵ Dit tempo voor restwarmte dient vanaf 2021 te worden behaald.

Realisme van het tempo

Het benodigde tempo van 16.300 woningen per jaar, ofwel ca. 60 woningen per werkdag⁶ is ambitieus. De ambitie voor heel Nederland tot aan 2020 is door de Rijksoverheid gesteld op 30.000-50.000 bestaande woningen per jaar (Rijksoverheid, 2017). Hiervan zou dan een helft tot een derde in Den Haag moeten plaatsvinden. Vanaf 2021 wordt dit tempo opgehoogd naar ca. 18.250 per jaar, ca. 70 per dag.

Voor mobiliteit wordt het tempo ook als zeer ambitieus gezien. Belangrijkste technische knelpunt in de uitvoering van de maatregelpakketten is de snelle groei van elektrisch verkeer. Echter, de technologische ontwikkelingen gaan hard. Elektrische personenauto's zijn op dit moment vaak al financieel aantrekkelijk, vooral voor bedrijven en leaserijders door belastingtechnische voordelen. De totale kosten van aanschaf en bezit (Total Cost of Ownership, TCO) van elektrische auto's zal ergens na 2020 lager worden dan die van conventionele auto's (Ecofys, 2016), (FET, 2016) en (PBL, 2016b). Het is dan ook goed mogelijk om te veronderstellen dat vanaf 2025 auto's met verbrandingsmotoren vervangen worden door elektrische personenauto's. Het is echter zeer de vraag of mensen hun oude conventionele auto tweemaal sneller van de hand zullen doen dan op dit moment het geval is.

Voor bestelauto's lopen de ontwikkelingen wat achter bij personenauto's. Er zijn al elektrische bestelbussen met een reële actieradius van 150 km of meer. De TCO van elektrische bestelauto's wordt naar verwachting gunstig ten opzichte van een conventionele bestelauto tussen 2020 en 2030. Hoe kleiner de bestelauto en hoe meer kilometers deze rijdt, hoe sneller de TCO positief wordt (CE Delft, 2017c).

Het is met name de tijdige elektrificering van vrachtwagens dat een grote uitdaging zal worden. De E-truck komt naar verwachting op tussen 2025 en 2030 is momenteel de verwachting, maar zal nog langere tijd duurder zijn (McKinsey, 2017). Andere technieken als waterstof en biobrandstoffen zijn nog geen alternatief voor elektrische aandrijving. De ontwikkelingen op het gebied van waterstof zijn veel minder ver en er zitten nadelen aan als lage energiedichtheid, explosiegevaar en lager rendement. Biobrandstoffen zijn maar beperkt voorradig en kunnen voedselproductie verdringen.

Geconcludeerd kan worden dat de technologie voor elektrisch vervoer zich snel ontwikkelt. Of het gaat lukken om in 5 jaar het grootste deel van het wagenpark te vervangen is een belangrijk risico. Een optie is om een langere implementatieperiode aan te houden, bijvoorbeeld 10 jaar. In dit geval gaat het om het aankondigen van de milieuzone in 2020. Het is echter sterk de vraag of men al in 2020 gaat beginnen met het vervangen van conventionele auto's voor een maatregel die pas 10 jaar later in gaat.

Ook het tempo om zonnepanelen te plaatsen is zeer ambitieus. In 2016 is het aantal zonnepanelen in Den Haag met 1,6 MWp toegenomen, dat komt overeen met een elektriciteitsproductie van ca. 5,5 TJ (Den Haag, 2017e), een tempo ca. 65x zo laag. Hiernaast zal het zeker in de laatste jaren lastig worden om ook de laatste geschikte locaties te voorzien van zonnepanelen.

⁶ In 2017 telde het jaar 260 werkdagen.

Behalen CO₂-budgetten

Wanneer de emissies van elektriciteit niet worden meegerekend, blijft Den Haag met dit pakket aan maatregelen binnen haar CO₂-budget. Het is in deze analyse niet mogelijk gebleken om door maatregelen sneller uit te voeren, te compenseren voor deze externe CO₂-uitstoot en daarmee alsnog binnen het budget te blijven. Den Haag heeft dan ook rugwind nodig vanuit landelijke en Europese partijen om in dit scenario alsnog binnen het CO₂-budget te blijven. Wanneer we de invloed van de CO₂-emissie van elektriciteit buiten beschouwing laten, blijft de cumulatieve CO₂-emissie van Den Haag binnen het budget voor zowel 1,5 als 2°C.

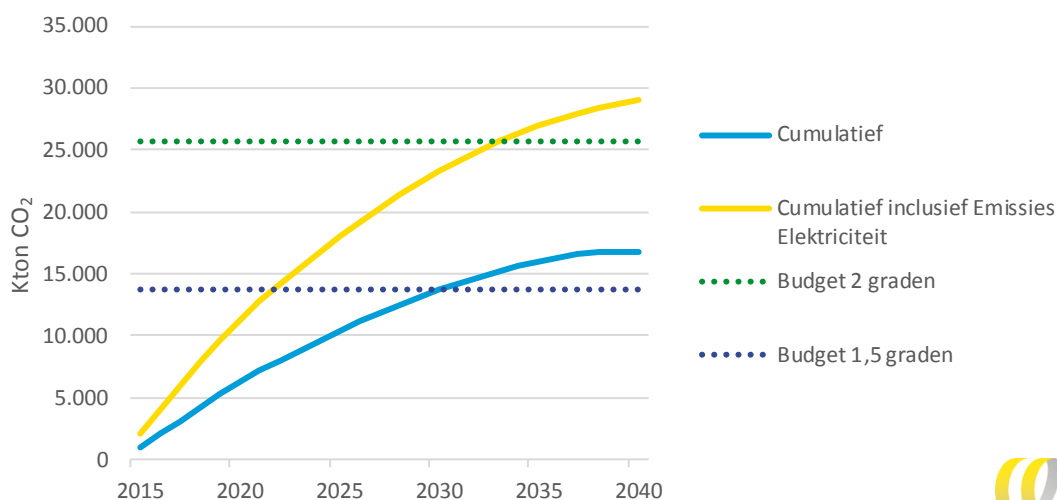
7.2 2040

Maatregelen gerealiseerd in doeljaar

In Figuur 17 zijn de cumulatieve CO₂-emissies weergegeven bij het volledig uitvoeren van de maatregelpakketten in 2040. Te zien is dat de cumulatieve CO₂-emissies het 1,5°C-budget in 2029 overschrijdt. Wanneer het Den Haag niet lukt om enkel hernieuwbare elektriciteit te importeren wordt in 2033 ook het budget voor 2°C overschreden.

Het is zeer te betwijfelen of het de gemeente Den Haag gaat lukken om te zorgen dat de gehele stad in 2040 enkel CO₂-vrije energie gebruikt. Er is niet voldoende hernieuwbare energie opwekkingspotentieel geïdentificeerd om zelf in de behoefte aan elektriciteit te voorzien. Den Haag blijft dan afhankelijk van externe ontwikkelingen om deze emissies te reduceren. Het is daarmee realistischer om te kijken naar de cumulatieve CO₂-emissie inclusief de emissies van de import van elektriciteit.

Figuur 18 - Cumulatieve CO₂-emissies bij het in 2040 hebben doorgevoerd van de maatregelpakketten



Benodigd tempo

Gebouwde omgeving

Voor het uitvoeren van de maatregelpakketten in 2040 wordt er per jaar ca. 8.900 woningen en 1.700 woningequivalenten (WEQ) utiliteit van het gas afgehaald en aangesloten op duurzame warmteopties (zie Tabel 7 voor een verdeling van de woningen en WEQ per pakket).

Er is er is een gelijk tempo verondersteld voor de hele periode, welke dus reeds in 2018 wordt behaald. Aanvullend worden ook de werkzaamheden gestart voor het pakket restwarmte. Uitgegaan is dat tot 2021 alle werkzaamheden (aanleggen infrastructuur, plaatsten warmteafgiftestations) worden uitgevoerd om in 2021 in een klap ca. 36.000 woningen te voorzien van restwarmte via Leiding door het midden. Hierna wordt er nog ieder jaar tot aan 2040 ca. 930 woningen en 80 WEQ aangesloten op deze warmtebron.

Tabel 7 - Benodigd tempo om het maatregelpakket in 2040 te hebben gerealiseerd.

Maatregelpakket	Aantal	Woningen/utiliteit
Geothermie	3.840	Woningen/jaar
	1.320	WEQ/jaar
Individuele LT-voorziening	4.730	Woningen/jaar
	0	WEQ/jaar
Restwarmte ⁷	930	Woningen/jaar
	80	WEQ/jaar
LT-warmtenet	240	Woningen/jaar
	410	WEQ/jaar
Wijk-WKK	70	Woningen/jaar
	0	WEQ/jaar

Mobiliteit

Ook in dit tijdspad moeten alle voertuigen vervangen worden door een klimaatneutrale variant.

De tijd waarin dit kan gebeuren is echter veel langer. In het Regeerakkoord staat dat het streven is dat uiterlijk in 2030 alle nieuwe auto's emissieloos zijn (Rijksoverheid, 2017), waardoor er feitelijk nog 10 jaar resteert voordat de milieuzone wordt ingevoerd. In deze tien jaar worden alle conventionele voertuigen vervangen door emissieloze voertuigen. Dit is in lijn met de gemiddelde levensduur van een personenauto (CBS, 2017).

Elektriciteit

Bij het uitvoeren van het maatregelpakket zonnepanelen worden er jaarlijks 197 TJ aan zonnepanelen neergelegd. Het gaat hier om ca. 237.000 panelen per jaar.

Realisme van het tempo

Het benodigde tempo van ca. 8.900 woningen per jaar, ofwel 34 woningen per werkdag blijft zeer ambitieus. Vanaf 2021 wordt dit tempo opgehoogd naar ca. 9.800 per jaar, ca. 38 woningen per dag.

De overwegingen wat betreft de ZE-milieuzone en de tijdige beschikbaarheid van voldoende betaalbare elektrische voertuigen spelen in 2040 vele malen minder. In het Regeerakkoord staat dat het streven is dat uiterlijk in 2030 alle nieuwe auto's emissieloos zijn (Rijksoverheid, 2017), waardoor er feitelijk nog 10 jaar is om alle conventionele voertuigen te vervangen. Autonoom zullen er dan al

⁷ Dit tempo voor restwarmte dient vanaf 2021 te worden behaald.

meer elektrische auto's op de weg zijn. Daarnaast zullen de kosten van de elektrische voertuigen verder gedaald zijn, waardoor de betaalbaarheid verbeterd. De verwachting is dat het eindjaar 2040 technisch zeker haalbaar is voor het maatregelenpakket voor mobiliteit.

Het tempo om zonnepanelen te plaatsen blijft zeer ambitieus. Het huidige tempo wordt in dit scenario met een factor 36 verhoogd om tijdig voldoende zonnepanelen te hebben liggen. Het zal zeker in de laatste jaren lastig worden om ook de laatste geschikte locaties te voorzien van zonnepanelen.

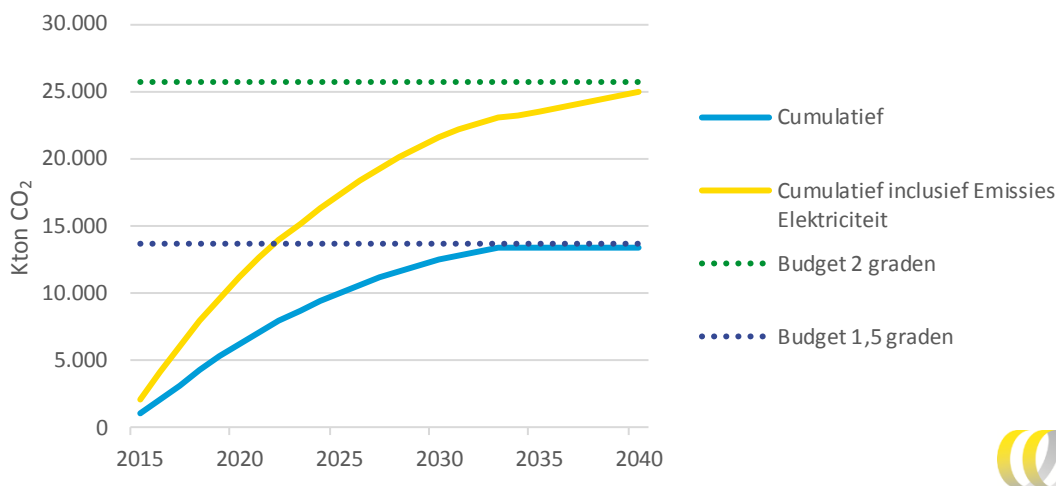
Behalen CO₂-budgetten

Het is bij het doeljaar 2040 niet mogelijk om klimaatneutraal te worden wanneer de emissies van elektriciteit worden meegerekend. Wanneer we de invloed van de CO₂-emissie van elektriciteit buiten beschouwing laten, blijft met dit pakket aan maatregelen de gemeente Den Haag binnen haar 2°C-budget. Wel overschrijdt zij haar 1,5°C-budget. Hieronder wordt uitgewerkt welke maatregelen Den Haag zou nemen wil zij in 2040 binnen dit budget blijven.

1,5 graden

Om binnen het 1,5°C-budget te blijven bij het einddoel CO₂-neutraal in 2040 is het nodig dat de maatregelenpakketten eerder in de tijd zijn doorgevoerd. Enkel wanneer de maatregelenpakketten reeds in 2033 zijn voltooid, is het mogelijk om binnen het 1,5°C-budget te blijven (Figuur 19). De cumulatieve emissies inclusief de emissies van elektriciteit (gele lijn) blijven na 2030 stijgen door de CO₂-emissies van de elektriciteitsconsumptie.

Figuur 19 - Cumulatieve CO₂-emissies bij het in 2033 hebben doorgevoerd van de maatregelenpakketten



Benodigd tempo

Voor het uitvoeren van de maatregelenpakketten in 2033 worden er per jaar ca. 14.500 woningen en 2.500 woningequivalenten (WEQ) utiliteit van het gas af te gaan en te worden aangesloten op duurzame warmteopties (zie Tabel 8 voor een verdeling van de woningen en WEQ per pakket). Er is er is een gelijk tempo verondersteld voor de hele periode, welke dus reeds in 2018 wordt behaald. Aanvullend worden ook de werkzaamheden gestart voor het pakket restwarmte. Uitgegaan is dat tot 2021 alle werkzaamheden (aanleggen infrastructuur, plaatsten warmte-afgiftestations) worden uitgevoerd om in 2021 in een klap ca. 36.000 woningen te voorzien van

restwarmte via Leiding door het midden. Hierna wordt er nog ieder jaar tot aan 2033 ca. 1.460 woningen en 130 WEQ-utiliteit worden aangesloten op deze warmtebron.

Hiernaast worden er ca. 347.000 zonnepanelen per jaar in Den Haag geplaatst om het maatregel-pakket zonnepanelen volledig uit te voeren. Het huidige tempo van plaatsing dient daarvoor met een factor 52 te worden verhoogd. Dit is zeer ambitieus.

De haalbaarheid van het maatregelenpakket voor mobiliteit per 2033 is uiteraard iets hoger dan voor 2030, maar dit jaartal is nog steeds erg ambitieus.

Tabel 8 - Benodigd tempo om het maatregelpakket in 2033 te hebben gerealiseerd

Maatregelpakket	Aantal	Woningen/utiliteit
Geothermie	5.630	Woningen/jaar
	1.940	WEQ/jaar
Individuele LT-voorziening	6.940	Woningen/jaar
	0	WEQ/jaar
Restwarmte ⁸	1.460	Woningen/jaar
	130	WEQ/jaar
LT-warmtenet	350	Woningen/jaar
	600	WEQ/jaar
Wijk-WKK	110	Woningen/jaar
	0	WEQ/jaar

2 graden

Het is bij het doeljaar 2040 niet mogelijk gebleken om een scenario op te stellen waarbij de emissies van elektriciteit worden meegerekend en de gemeente onder het CO₂-budget blijft. Ook in 2040 heeft elektriciteit nog steeds een CO₂-uitstoot, hoewel naar verwachting flink lager dan momenteel.

Aangezien het CO₂-budget cumulatief optelt leidt een geringe CO₂-uitstoot nog steeds tot een stijging van de totale uitstoot, tot het punt dat de volledige elektriciteitsmarkt CO₂ neutraal is. Hierdoor zal de cumulatieve CO₂-uitstoot ergens na 2040 zal uitstijgen tot boven het 2°C-budget.

Wanneer de emissies van elektriciteit niet worden meegenomen is het wel goed mogelijk om binnen het 2°C-budget te blijven.

⁸ Dit tempo voor restwarmte dient vanaf 2021 te worden behaald.

8 Conclusies en discussie

8.1 Conclusie

Met deze studie is in beeld gebracht welke maatregelen nodig zijn in welk tempo om zowel klimaat-neutraal te zijn in een bepaald jaar, en binnen de door Den Haag aangegeven budgetten van 1,5 of 2°C te blijven. Dit is gedaan door een referentiescenario op te stellen, maatregelpakketten te formuleren en hiermee een viertal scenario's door te rekenen. Deze maatregelpakketten zijn geen beleidsvoornemens van de gemeente Den Haag, maar hebben als doel om een ruwe indicatie te geven van de inspanningen die benodigd zijn. Uit de analyse van de vier scenario's wordt duidelijk dat, onafhankelijk van het jaartal van de doelstelling en het gekozen CO₂-budget, er een grote opgave ligt. In alle scenario's worden alle gebouwen in Den Haag van het aardgas afgesloten en voorzien van een alternatieve warmtevoorziening. Ook worden alle voertuigen vervangen door emissievrije alternatieven. Het tempo dat nodig is om de benodigde verduurzaming van het wegverkeer te behalen kan voor zover wij zien enkel worden behaald door het invoeren van een zero-emissie milieuzone in de stad.

Zelfs wanneer alle maatregelpakketten zijn uitgevoerd is het voor Den Haag niet in alle scenario's mogelijk om volledig CO₂-neutraal te worden of binnen de haar gestelde CO₂-budgetten te blijven. De gemeente Den Haag haalt haar elektriciteit namelijk uit het landelijke elektriciteitsnet, en daar blijven tot aan het doeljaar CO₂-emissies aan verbonden. Wel kan Den Haag alles doen wat binnen haar invloedssfeer ligt om CO₂-neutraal te worden. Het reduceren van het laatste deel van de uitstoot is dan de verantwoordelijkheid van andere partijen.

Wanneer de emissies van elektriciteit buiten beschouwing worden gelaten is het technisch mogelijk om binnen het door Den Haag gestelde CO₂-budget te blijven. In Tabel 9 is een overzicht opgenomen van het benodigde tempo om binnen deze budgetten te blijven bij een klimaatneutraal Den Haag in 2030 of 2040. Het is bij het uitvoeren van alle maatregelpakketten in 2040 niet mogelijk gebleken om klimaatneutraal te worden wanneer de emissies van elektriciteit worden meegerekend. Voor mobiliteit lijkt het zeer ambitieus om in 2030 reeds een emissievrije mobiliteit te hebben. Wanneer er wordt gerekend met een zero-emissie milieuzone voor Den Haag lijkt dit in 2040 technisch wel haalbaar.

Tabel 9 - Overzicht van de doelstellingen, het jaartal dat de maatregelpakketten moeten zijn doorgevoerd, en het benodigde tempo dat nodig is om deze doelstelling te behalen, wanneer geen rekening wordt gehouden met CO₂-emissies van elektriciteitsopwekking.

Doeljaar	2030		2040	
	1.5 °C	2 °C	1.5 °C	2 °C
Budget				
Maatregelen uitgevoerd in het jaar	2030	2030	2033	2040
Wonen: Aantal woningen/jr. van het aardgas af	16.300 + 1.950 vanaf 2021	16.300 + 1.950 vanaf 2021	14.500 + 1.500 vanaf 2021	8.900 + 930 vanaf 2021
Werken: Aantal woningequivalenten/jr. van het aardgas af	3.200 + 170 vanaf 2021	3.200 + 170 vanaf 2021	2.500 + 130 vanaf 2021	1.700 + 80 vanaf 2021
Duurzame elektriciteit: Aantal zonnepanelen/jr.	435.000	435.000	347.000	237.000

CO₂-budgetten zorgen voor een andere prioritering en urgentie

Het werken met CO₂-budgetten zorgt voor een andere manier van prioriteren van de benodigde maatregelen. Aangezien er gewerkt wordt met CO₂-budgetten is het belangrijk om snel emissie-reducties te realiseren: De jaarlijkse uitstoot in de beginjaren telt zwaar mee in het totale budget. Indien het CO₂-budget behaald moet worden dan leidt dit tot andere conclusies dan wanneer het enkel belangrijk is om een einddoel (klimaatneutraal in 2040) te behalen. Hoe eerder Den Haag begint met het reduceren hoe beter. Wachten op technologische ontwikkelingen, of eerst werken aan het creëren van een infrastructuur voor warmtelevering, en daarna de bron verduurzamen zijn daarbij onverenigbaar met deze doelstelling.

Op korte termijn het benodigd tempo behalen is zeer ambitieus

Het huidige tempo van gebouwaanpassingen of plaatsing van zonnepanelen is vele malen lager dan de in Tabel 9 weergegeven benodigde tempo's. Zware stimulering of dwingende maatregelen zijn dan ook nodig om het benodigde tempo reeds op korte termijn te behalen. Gemeenten beschikken niet over de middelen om deze maatregelen af te dwingen.

8.2 Discussie

Kies een realistische doelstelling en vul deze concreet in

In deze studie zijn vier combinaties van doelstellingen doorgerekend. Geadviseerd wordt om snel te komen tot één doelstelling die ambitieus maar realistisch is. Vul deze doelstelling concreet in, en ga snel aan de slag met het nemen van concrete maatregelen. Uit de scenario's blijkt dat wanneer Den Haag binnen het door haar gestelde CO₂-budget wil blijven zij alles op alles moet zetten om de in deze studie geschetste tempo's te behalen.

Rekening houden met barrières

Er zijn vele niet of moeilijk kwantificeerbare barrières denkbaar die de implementatie van de maatregelen zouden kunnen vertragen. Om het tempo te behouden, is het verstandig om op voorhand al rekening te houden met deze barrières en hierop te anticiperen. De volgende barrières zouden het proces kunnen vertragen:

- Samenwerkingen van verschillende partijen: Voor het realiseren van warmtenetten is een goede samenwerking noodzakelijk om resultaat te boeken. Uit andere onderzoeken van CE Delft blijkt dat voornamelijk de samenwerking tussen de partijen de succesfactor is van het al dan niet slagen van het realiseren van een warmtenet.
- De afschrijvingstermijnen/natuurlijke vervangingsmomenten van huidige installaties/infrastructuur en gebouwen: de rentabiliteit van de investeringen die partijen moeten gaan treffen, zal voor een groot deel afhangen van de afschrijvingstermijnen van de bestaande gebouwen, infrastructuur of installaties. Hoe hoger het benodigde tempo hoe meer risico op het vroegtijdig moeten afschrijven van een investering.
- Beschikbare arbeidsuren voor de renovatie van gebouwen en het installeren van warmtevoorzieningen: de warmtetransitie veroorzaakt een enorme extra vraag naar arbeidskrachten in de bouw- en installatiesector, en ook een grote vraag naar nieuwe kennis. Het is daarom verstandig om ook (regionaal) in te zetten op omscholingstrajecten om te voorkomen dat er een tekort aan geschikt personeel ontstaat.

- Risico's voor nieuwe warmtevoorzieningen: bij enkele warmtevoorzieningen zou het rendement lager uit kunnen pakken dan verwacht, voornamelijk bij geothermie ligt hier een hoog risico.

Heb oog voor bewustwording

De in deze rapportage weergegeven tijdspaden en benodigde tempo's zijn allen bepaald door enkel te kijken naar het technisch potentieel. Er is geen rekening gehouden met draagvlak voor maatregelen in de stad, de bereidheid van burgers en bedrijven in Den Haag om de benodigde maatregelen te treffen, het politiek draagvlak voor de maatregelen, et cetera. Randvoorwaardelijke maatregelen om het benodigde draagvlak in de stad te creëren (bewustwordingscampagnes et cetera) zijn niet in dit verhaal opgenomen.

De maatregelen dienen echter door alle inwoners van Den Haag te worden genomen. Een goede publiciteitscampagne, wellicht in combinatie met de Rijksoverheid, is nodig om de bewustwording van de urgentie en het draagvlak voor het treffen van maatregelen te vergroten. Hoewel de bewustheid van Nederlanders voor het onderwerp toeneemt, blijft het onderwerp nog laag op de agenda staan, en vindt een meerderheid van de Nederlanders dat de overheid aan zet is om de energietransitie in gang te zetten (Ministerie van EZK, 2017).

Nieuwbouw energieneutraal

Een belangrijk maatregelenpakket is het energieneutraal ontwikkelen van nieuwbouwwoningen in Den Haag. Dit is momenteel nog niet altijd het geval in Den Haag. Om de opgave voor een klimaatneutraal Den Haag niet groter te maken is het aan te bevelen snel te starten met uitvoering van zo een maatregel.

Niet wachten op innovatie

In dit verhaal is nog geen rekening gehouden met de potentie van radicale innovatie: nieuwe technieken die beschikbaar komen, zoals CCS, waterstof voor het verwarmen van woningen, et cetera. Het is goed om te beseffen dat zelfs wanneer deze technieken beschikbaar komen, het benodigde tempo om woningen van het aardgas af te halen (Tabel 9) gelijk blijft. Wel kunnen dit soort technieken de opgave om dit tempo te behalen vergemakkelijken. Wil Den Haag binnen haar CO₂-budget blijven dan is er echter weinig ruimte om te wachten tot deze technieken ontwikkeld zijn.

Aan de slag met de industrie

Er zijn geen maatregelpakketten opgesteld voor de sector industrie. Deze sector is klein in Den Haag (3% van de CO₂-uitstoot), en de maatregelen die benodigd zijn te divers om in dit onderzoek mee te nemen. Om klimaatneutraal te zijn dient ook echter ook deze sector zijn benodigde (proces)energie uit hernieuwbare bronnen te halen. De oplossing hiervoor zal per industrie verschillen. Vaak zal hiervoor innovatie benodigd zijn. De gesprekken hierover kunnen reeds met de aanwezige bedrijven in Den Haag worden gevoerd.

9 Bibliografie

- Agentschap NL, 2012. *Analyse marktsegment taxi*, sl: Agentschap NL.
- Burgman, E., 2016. *Leiding door het Midden - presentatie t.b.v. Raadscommissie Leefomgeving Den Haag, 30 november 2016*. Den Haag, sn, p. 15.
- CBS, 2017. *Personenauto's steeds ouder*. [Online]
Available at: www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/20/personenauto-s-steeds-ouder [Geopend 2017].
- CE Delft; ECN; TNO, 2014. *CO2-reductie door gedragsverandering in de verkeerssector*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2013. *Back(casting) to the future!*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2014. *STREAM personenvervoer 2014: Studie naar TRANsportEmissies van Alle Modaliteiten: emissiekentallen 2011*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2016a. *Een klimaatneutrale warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving - update 2016*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2016b. *Koersen naar milieuvriendelijke mobiliteit - Een analyse van maatregelen die een positief effect hebben op klimaat, lucht en leefbaarheid*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2016c. *Stimuleren van elektrisch rijden onder particulieren. Effectiviteit van een aanschafsubsidie en oplaadtegoed*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2016d. *Milieu-impact door van belastingvrijgestelde auto's*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2016e. *Ketenemissies warmtelevering*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2017a. *Backcasting rapportage fase 1: Aanpassing backcasting aan klimaatakkoord*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2017a. *Scenario's voor de warmtetransitie in Den Haag*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2017b. *STREAM Goederenvervoer 2016*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2017c. *Van use in Europe and their environmental impact*, Delft: CE Delft.
- Connekt; CE Delft; Hogeschool van Amsterdam; TNO, 2017. *Outlook City Logistics 2017*, sl: Topsector Logistiek.
- CROW, 2017. *Duurzaamheidsscore*. [Online]
Available at: www.crow.nl/documents/databestanddashboards
- Den Haag, 2010. *Energievisie Den Haag*, Den Haag: Gemeente Den Haag.
- Den Haag, 2014a. *Compensatie CO2-emissie gemeentelijke organisatie Den Haag over 2013*, Den Haag: Gemeente Den Haag.
- Den Haag, 2014b. *Voortgangsnotitie Energievisie Den Haag 2040*, Den Haag: Gemeente Den Haag.
- Den Haag, 2016. *Warmtevoorziening Den Haag*, Den Haag: Gemeente Den Haag.
- Den Haag, 2017b. *RIS297800 - Hernieuwde vraagstelling backcastingstudie 2017*, Den Haag: Gemeente Den Haag.
- Den Haag, 2017c. *Regeling tot wijziging van de subsidieregeling elektrische voertuigen*, Den Haag: Gemeente Den Haag.
- Den Haag, 2017d. *Den Haag in Cijfers*. [Online]
Available at: <https://denhaag.buurtmonitor.nl> [Geopend 2017].
- Den Haag, 2017d. *Woonvisie Den Haag*, Den Haag: Gemeente Den Haag.
- Den Haag, 2017e. *Jaarverslag 2016 Milieu en Duurzaamheid*, Den Haag: Gemeente Den Haag.
- ECN, PBL, CBS, RVO, 2016. *Nationale Energieverkenning 2016*, Petten: ECN.
- ECN, 2017. *Conceptadvies basisbedragen SDE+ 2018*, Petten: ECN.
- Ecofys, 2016. *Toekomstverkenning elektrisch vervoer*, Utrecht: Ecofys.
- FET, 2016. *Maak elektrisch rijden groot: 8 acties voor doorbraak bij particulieren*, Den Haag: Formule E-team (FET).
- Gemeente Den Haag, 2011. *Klimaatplan Den Haag*, Den Haag: Gemeente Den Haag.
- Gemeente Den Haag, 2016. *Agenda ruimte voor de stad*, Den Haag: Gemeente Den Haag.



HTM, 2017. *Jaarverslag 2016*, Den Haag: HTM.

IPO, Min IenM, MRDH, MRA, 2016. *Bestuursakkoord Zero Emissie Regionaal Openbaar Vervoer Per Bus*, Amsterdam: IPO.

Klimaatmonitor, 2017. *Aantal elektrische en aardgasvoertuigen*. [Online]
Available at: <https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/Mobiliteit/Aantal-elektrische-en-aardgasvoertuigen--66/>
[Geopend 2017].

McKinsey, 2017. *New reality: electric trucks and their implications on energy demand*. [Online]
Available at: www.mckinseyenergyinsights.com/insights/new-reality-electric-trucks-and-their-implications-on-energy-demand/
[Geopend 2017].

Ministerie van EZK, 2017. *Monitor Energie*, Den Haag: Rijksoverheid.

MRDH, 2017. *Kadernota OV*, Den Haag: MRDH.

Natuur & Milieu, 2017. *Natuur & Milieu rankt aanbestedingen Nederlandse gemeenten*. [Online]
Available at: www.natuurenmilieu.nl/nieuwsberichten/82-nederlandse-gemeentes-koopt-niet-duurzaam-in/
[Geopend 2017].

PBL, 2016a. *Stimuleren van elektrisch rijden: Effect van enkele beleidsprikkelers*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

PBL, 2016b. *Review adviesrapport 'Maak elektrisch rijden Groot'*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

PBL & DNV-GL, 2014. *Het potentieel van zonnestroom in de gebouwde omgeving van Nederland*, Den Haag: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Rabobank, 2017. *Taxibedrijven*. [Online]
Available at: www.rabobankcijfersentrends.nl/index.cfm?action=branche&branche=Taxibedrijven

Rijksoverheid, 2017. *Vertrouwen in de toekomst Regeerakkoord 2017 - 2021 VVD, CDA, D66 en ChristenUnie. 10 oktober 2017*, Den Haag: Rijksoverheid.

RVO, 2016. *Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO2-emissiefactoren, versie januari 2016*, sl: RVO.

Smit, P. & van der Velden, N., 2008. *Energiebenutting warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse glastuinbouw*, Den Haag: LEI.

ZEP, 2017. *Commercial Scale Feasibility of Clean Hydrogen*, sl: ETIP, Zero Emissions Platform (ZEP).



A Bijlage maatregelpakketten

A.1 Wonen en werken

Hieronder volgt per maatregelpakket een korte omschrijving van het pakket, en de berekening van de warmtevraag en de elektriciteitsvraag en eventueel de resterende CO₂-emissie per pakket.

A.1.1 Pakket Geothermie

Omschrijving

Het pakket geothermie bestaat uit een geothermiebron, de distributie van deze warmte door een warmtenet, de aflevering van de warmte bij het gebouw en de gebouw-aanpassingen die hiervoor nodig zijn.

- **Bron:** Door middel van een geothermiebron kan warmte uit de ondergrond worden onttrokken om gebouwen van te voorzien. De temperatuur van deze warmte is afhankelijk van de diepte en de compositie van de ondergrond. Uitgegaan is van een hoge temperatuur in Den Haag ($>70^{\circ}\text{C}$).
- **Infrastructuur:** De warmte uit de geothermiebron zal gekoppeld worden aan een warmtenet die de warmte aflevert bij de woningen.
- **Gebouwaanpassingen:** Met de warmte-aanvoer door geothermie is isoleren van woningen niet per se nodig. De woningen kunnen verwarmd blijven worden met hoge temperatuurverwarming. Woningen dienen wel te worden aangesloten op het warmtenet. Het aansluiten op het warmtenet wordt over het algemeen collectief gedaan. Dit betekent dat een wooncomplex, wijk of buurt in één keer in z'n geheel over zal gaan op warmte van het warmtenet. Voor de aansluiting op het warmtenet zullen afleversets moeten worden geïnstalleerd.

Inge vulde warmtevraag

De totale ingevulde warmtevraag (woningen en utiliteit, inclusief warm tapwater) door pakket geothermie is 5,9 PJ. Voor deze warmtelevering is berekend dat er tussen de tien en vijftien geothermiebronnen geboord moeten worden (Den Haag, 2016). Hierbij is aangenomen dat het geïnstalleerde vermogen lineair in de tijd toeneemt en dat de pompenergie recht evenredig toeneemt met het geïnstalleerde vermogen. Grotendeels wordt de warmtevraag ingevuld door de geothermie-bron, maar gedeeltelijk ook door een installatie op hernieuwbaar gas om te kunnen voorzien in piekvragen aan warmte. Beide bronnen zijn aangesloten op een warmtenet die de warmte distribueert naar de gebouwen.

CO₂-emissie per jaar

De Leiding door het midden levert een CO₂-besparing ten opzichte van de huidige referentie (zie hoofdstuk CO₂-emissiereferentie) maar emitteert ook CO₂ door gebruik van elektriciteit bij de pompen van de bron en de pompen voor het warmtenet. De huidige elektriciteitsmix is voor een groot deel afkomstig van fossiele bronnen. De mix verandert over de tijd, waardoor de CO₂-emissie met de implementatie van hernieuwbare elektriciteit lager zal worden per geproduceerde GJ_{th}. Voor bijstook tijdens piekvragen van warmte wordt hernieuwbaar gas ingezet. Wij gaan er in het model vanuit dat hernieuwbaar gas wordt opgewekt vanuit overschotten hernieuwbare elektriciteit, en daarmee geen CO₂-uitstoot heeft. Een belangrijke randvoorwaarde is dan ook of er voldoende hernieuwbaar gas

aanwezig zou kunnen zijn. We gaan er in onze analyses vanuit dat er in 2050 max. 5 miljard m³ hernieuwbaar gas in Nederland beschikbaar is (CE Delft, 2016a), Rond 2030 verwacht men hiernaast een kantelpunt in rentabiliteit van de productie van waterstof (ZEP, 2017). Daarmee is er naar verwachting voldoende hernieuwbaar gas voor deze functie voor Den Haag.

Elektriciteitsverbruik voor pompen bij de bron

Bij geothermie wordt warmte uit de diepere lagen van de bodem gepompt. Het elektriciteitsverbruik van de pompen gaat gepaard met emissies van de gebruikte elektriciteit. Het rendement van de pompen (de COP) is bepaald op basis van de EMG: 20 GJ_{th}/GJ_e (NVN7125:2011) (NEN, 2011). Dus voor iedere twintig GJ warmte is één GJ elektriciteit nodig (CE Delft, 2016e).

Om het elektriciteitsverbruik te bepalen is het dus nodig om de warmte-onttrekking bij de bron voor de warmtevraag te bepalen. Gemiddeld gaat er 15% van de warmte verloren bij het distribueren van de warmte (CE Delft, 2016e). Dit betekent dat de warmteproductie door de warmtebronnen groter moet zijn dan de ingevulde warmtevraag door de gebouwen: de warmtevraag bij de warmtebronnen komt uit op 6.727 TJ_{th}/jaar: 3.818 TJ_{th}/jaar voor woningen en 2.909 TJ_{th}/jaar voor utiliteit. Hiervan wordt 1.390 TJ_{th}/jaar ingevuld door hernieuwbaar gas en 5.337 TJ_{th}/jaar door de geothermiebron.

Voor het elektriciteitsverbruik betekent dit dat er 266 TJ_{el}/jaar nodig is voor de pompen bij de geothermiebron (1/20 van de warmtevraag voor de geothermiebron van 5.337 TJ_{th}/jaar). Hiervan is 158 TJ_{el}/jaar voor wonen en 108 TJ_{el}/jaar voor utiliteit.

Elektriciteitsverbruik voor de pompen van het warmtenet

Het warmtenet heeft hulpenergie nodig om de warmte door middel van pompen te distribueren. De hulpenergie van het distributiesysteem bestaat uit elektriciteit. In de EMG wordt hier een forfaitaire waarde voor gehanteerd, welke hier wordt overgenomen: 0,0072 TJ_e/TJ_{th} gedistribueerde warmte (CE Delft, 2016e). Het totaal aan gedistribueerde warmte door het warmtenet is een optelsom van de warmte afkomstig van de geothermiebron en de warmte afkomstig van hernieuwbaar gas. Door warmteverliezen is het aantal TJ_{th} bij de bron hoger dan bij levering. Voor de berekening gaan we uit van het aantal TJ_{th} bij de bron: 6.727 TJ_{th}/jaar waarbij 3.818 TJ_{th}/jaar voor woningen en 2.909 TJ_{th}/jaar voor utiliteit.

Voor het elektriciteitsverbruik betekent dit dat er dan voor wonen 27 TJ_{el}/jaar en voor utiliteit 21 TJ_{el}/jaar benodigd is.

1. Woningen:

	Aantal woningen	Ingevulde warmtevraag (TJ/jaar)	Elektriciteitsverbruik pompen geothermiebron (TJ/jaar)	Elektriciteitsverbruik pompen warmtenet (TJ/jaar)
Geothermie	80.440	3.278	158	27

2. Utiliteit:

	Aantal utiliteit (WEQ)	Ingevulde warmtevraag (TJ/jaar)	Elektriciteitsverbruik pompen geothermiebron (TJ/jaar)	Elektriciteitsverbruik pompen warmtenet (TJ/jaar)
Geothermie	28.325	2.510	108	21

A.1.2 Pakket individuele LT-voorziening

Omschrijving:

Het pakket individuele LT-voorziening omvat de implementatie van de benodigdheden om gebouwen individueel met lage temperatuur te verwarmen en te voorzien van warmtapwater:

- **Bron:** Vele installaties zijn geschikt om lage temperatuurwarmte te leveren. Een LT-gebouw kan toe met een lage temperatuur verwarming wat gunstig is in combinatie met installaties die met een hoge energetische prestatie en kosteneffectief deze warmte kunnen leveren. In de doorrekening van Scenario 2B (CEGOIA) komt de elektrische warmtepomp op lucht- of op bodemwarmte er als gunstigste uit. Bij dit systeem wordt de lucht- of bodemwarmte door middel van een warmtepomp opgewaardeerd tot de juiste temperatuur. De warmtepomp heeft behoorlijk wat elektriciteit nodig om de warmte op te waarderen.
- **Infrastructuur:** Voor individuele voorzieningen is logischerwijs geen collectieve infrastructuur nodig. Voor de toepassing van een bodemwarmtepomp moet wel een grondboring worden gedaan.
- **Gebouwaanpassingen:** Het gebouw moet geschikt zijn voor verwarming op lage temperatuur. Dit betekent dat de isolatiegraad minimaal dient overeen te komen met een label B, en het liefst hoger (Label A tot en met een NoM-isolatieschil), ook moet de woning worden voorzien van een warmteafgiftesysteem op lage temperatuur (LT-radiatoren of wand/vloerverwarming). Daarnaast moet er de fysieke ruimte zijn om een warmtepomp op lucht- of een elektrische bodem-warmtepomp aan te brengen.

Ingevulde warmtevraag

De totale ingevulde warmtevraag (woningen en utiliteit) door pakket individuele LT-voorziening is 1.870 TJ. In deze warmtevraag is al de besparing op het warmtegebruik door gebouwaanpassingen verwerkt. De warmtevraag wordt gedeeltelijk ingevuld door warmte dat uit de lucht of uit de bodem wordt onttrokken en voor een gedeelte uit elektriciteit van het net die nodig is om warmte te onttrekken uit de lucht en om te zetten in de gewenste lage temperatuurverwarming.

Wonen:

	Aantal woningen	Ingevulde warmtevraag (TJ/jaar)	Elektriciteitsverbruik (TJ/jaar)
Elektrische warmtepomp	104.036	1.870	563

Utiliteit:

	Aantal utiliteit (WEQ)	Ingevulde warmtevraag (TJ/jaar)	Elektriciteitsverbruik (TJ/jaar)
Elektrische warmtepomp	0	0	0

CO₂-emissie per jaar

De individuele LT-voorziening levert een CO₂-besparing ten opzichte van de huidige referentie (zie hoofdstuk CO₂-emissiereferentie) maar veroorzaakt ook CO₂-emissie door gebruik van elektriciteit voor de elektrische warmtepomp. De huidige elektriciteitsmix is voor een groot deel afkomstig van fossiele bronnen. De mix verandert over de tijd, waardoor de CO₂-emissie met de implementatie van hernieuwbare elektriciteit lager zal worden per geproduceerde GJ warmte.

A.1.3 Pakket regionale restwarmte

Omschrijving

Om de restwarmte en geothermie uit Den Haag zelf aan te vullen en zo een groter deel van Den Haag op warmte aan te sluiten, kan gebruik worden gemaakt van restwarmte uit Rotterdam. Deze kan worden ontsloten met behulp van de warmterotonde, via de Leiding door het midden. De Leiding door het midden zal het bestaande warmtenet van Den Haag gaan voeden. Daarnaast zal dit warmtenet zich uitbreiden in Den Haag en zal de warmtelevering van de Leiding door het midden toenemen.

- **Bron:** In het huidige plan wordt de Warmterotonde in eerste instantie ontwikkeld op basis van de restwarmtebronnen die nu beschikbaar zijn in Rotterdam. Het is nog niet geheel duidelijk welke bronnen de Leiding over West zullen gaan voeden. Op termijn moeten deze bronnen verduurzamen, door bijvoorbeeld het op grote schaal toepassen van geothermie in de regio, welke vervolgens de Warmterotonde kunnen voeden. De huidige restwarmte uit Rotterdam heeft voldoende restwarmte beschikbaar die d.m.v. de Leiding door het midden gedistribueerd kan worden naar Vlaardingen, Schiedam, Delft, Rijswijk en Den Haag.

De warmtebronnen voor de Leiding door het midden kent twee fasen (Burgman, 2016):

- **Fase 1: Mix fossiele restwarmte en hernieuwbaar:** De restwarmte betreft de restwarmte vanuit het havengebied van Rotterdam. Restwarmte van kolencentrales is hierbij op voorhand uitgesloten.
- **Fase 2: Volledig hernieuwbaar:** na verloop van tijd zal de fossiele restwarmte van het Rotterdamse havengebied vervangen worden door een combinatie van hernieuwbare warmtebronnen aangevuld met warmtebuffers.
- **Infrastructuur:** Via de Leiding door het midden kan de restwarmte vanuit Rotterdam in Den Haag benut worden. De leiding takt af van de leiding over Noord, om vanuit Rotterdam vervolgens door Schiedam, Delft en Rijswijk te lopen voordat hij bij Den Haag beland. De leiding is 20 km lang (Burgman, 2016) en bezit over een aanvoer van hoge temperatuur restwarmte naar Den Haag. In Den Haag zal de warmte d.m.v. lokale warmtenetten worden getransporteerd naar de woningen. De realisatietijd is gepland op bijna 3 jaar. Vanaf het begin van 2018 t/m eind 2020 (Burgman, 2016). Aangenomen is dat in deze realisatietijd de infrastructuur wordt gelegd en dat vervolgens de infrastructuur niet meer bepalend is voor het kritische pad.
- **Woningaanpassingen:** Met de warmteaankvoer van de Leiding door het midden is isoleren van woningen niet per se nodig. De woningen kunnen verwarmd blijven worden met hoge temperatuurverwarming. Woningen dienen wel te worden aangesloten op het warmtenet. Het aansluiten op het warmtenet wordt over het algemeen collectief gedaan. Dit betekent dat een wooncomplex, wijk of buurt in één keer in z'n geheel over zal gaan op warmte van het warmtenet. Voor de aansluiting op het warmtenet zullen afleversets moeten worden geïnstalleerd

Inge vulde warmtevraag

De totale ingevulde warmtevraag (woningen en utiliteit) door pakket Leiding door het midden is 2.401 TJ/jaar. Dit is inclusief de warmtapwatervraag. Grotendeels wordt deze warmtevraag ingevuld door de restwarmtebronnen vanuit de haven van Rotterdam, maar gedeeltelijk ook door een installatie op hernieuwbaar gas om te kunnen voorzien in piekvragen aan warmte. Alle warmtebronnen zijn aangesloten op een warmtenet die de warmte distribueert naar de gebouwen. Op dit moment liggen er in Den Haag al enkele warmtenetten. Het grootste huidige warmtenet in Den Haag is het warmtenet in het centrum van Den Haag waar ongeveer 17.000 woningequivalenten op zijn aangesloten en dat wordt gevoed door warmte van de gascentrale van Uniper (contract voor warmtelevering tot 2022). Aangenomen wordt dat de leiding over midden de huidige warmtenetten gaat voeden. Vanaf 2020 kan er zo'n 1,6 PJ/jaar aan Den Haag worden geleverd (CE Delft, 2017a). Omdat de Uniper-centrale een contract heeft t/m 2022 maar er vanaf 2020 al warmtelevering kan plaatsvinden, gaan we uit van een ingebruikname van de Leiding door het midden vanaf 2021.

CO₂-emissie per jaar

De Leiding door het midden levert een CO₂-besparing ten opzichte van de huidige referentie (zie hoofdstuk CO₂-emissiereferentie) maar emitteert ook CO₂. Grotendeels komt dit door het gebruik van een fossiel deel voor de productie van warmte. Daarnaast wordt er ook elektriciteit verbruikt voor de pompen van het warmtenet. De huidige elektriciteitsmix is voor een groot deel afkomstig van fossiele bronnen. De mix verandert over de tijd, waardoor de CO₂-emissie met de implementatie van hernieuwbare elektriciteit lager zal worden per geproduceerde GJ_{th}.

Voor bijstook tijdens piekvragen van warmte wordt hernieuwbaar gas ingezet. Een belangrijke vraag is dan ook of er voldoende hernieuwbaar gas aanwezig is. We gaan er in onze analyses vanuit dat er in 2050 max. 5 miljard m³ hernieuwbaar gas in Nederland beschikbaar is (CE Delft, 2016a), Rond 2030 verwacht men hiernaast een kantelpunt in rentabiliteit van de productie van waterstof (ZEP, 2017). Daarmee is er naar verwachting voldoende hernieuwbaar gas voor deze functie voor Den Haag.

Restwarmte uit de haven van Rotterdam

Het is nog niet geheel duidelijk welke restwarmtebronnen zullen worden aangesloten op de Leiding door het midden. Wel zeker is dat de AVI in Rotterdam wordt aangesloten met een gedeeltelijke hernieuwbare warmteproductie (biogeen) en een gedeeltelijke fossiele warmteproductie. De directe CO₂-emissies van een AVI bedragen 8,2 kg CO₂/GJ_{th} (CE Delft, 2016e). We gaan ervan uit dat in 2030 het fossiele gedeelte wordt vervangen door hernieuwbare warmte afkomstig uit geothermie.

Om de CO₂-emissie te bepalen is het nodig om de warmte-onttrekking bij de bron voor de warmte-vraag te bepalen. Gemiddeld gaat er 15% van de warmte verloren bij het distribueren van de warmte (CE Delft, 2016e). Dit betekent dat de warmteproductie door de warmtebronnen groter moet zijn dan de ingevulde warmtevraag door de gebouwen. De warmtevraag bij de warmtebronnen komt dan uit op 2.825 TJ_{th}/jaar. Hiervan wordt 2.273 TJ_{th}/jaar ingevuld door restwarmte uit de Rotterdamse haven waarbij 1.980 TJ_{th}/jaar bestemd voor woningen en 293 TJ_{th}/jaar voor utiliteit.

Elektriciteitsverbruik voor de pompen van het warmtenet

Het warmtenet heeft hulpenergie nodig om de warmte door middel van pompen te distribueren. De hulpenergie van het distributiesysteem bestaat uit elektriciteit. In de EMG wordt hier een forfaitaire waarde voor gehanteerd, welke hier wordt overgenomen: 0,0072 TJe/TJ_{th} gedistribueerde warmte (CE Delft, 2016e). Het totaal aan gedistribueerde warmte door het warmtenet is een optelsom van de warmte afkomstig van de restwarmtebronnen en de warmte afkomstig van hernieuwbaar gas. Door warmteverliezen is het aantal TJ_{th} bij de bron hoger dan bij levering. Voor de berekening gaan we uit van het aantal TJ_{th} geïnjecteerd in het warmtenet bij de warmtebron: 2.825 TJ_{th}/jaar waarvan 2.428 TJ_{th}/jaar bestemd is voor woningen en 397 TJ_{th}/jaar voor utiliteit. Voor het elektriciteitsverbruik betekent dit dat er dan voor wonen 17 TJ_{el}/jaar en voor utiliteit 3 TJ_{el}/jaar benodigd is.

Wonen:

	Aantal woningen	Ingevulde warmtevraag (TJ/jaar)	Restwarmte uit de haven van Rotterdam (TJ/jaar)	Elektriciteitsverbruik pompen warmtenet (TJ/jaar)
Regionale restwarmte	53.000	2.064	1.980	17

Utiliteit:

	Aantal utiliteit (WEQ)	Ingevulde warmtevraag (TJ/jaar)	Restwarmte uit de haven van Rotterdam (TJ/jaar)	Elektriciteitsverbruik pompen warmtenet (TJ/jaar)
Regionale restwarmte	5.000	337	293	3

A.1.4 Pakket LT-warmtenet**Omschrijving**

Het pakket LT-warmtenet omvat de implementatie van de benodigdheden om gebouwen collectief met lage temperatuur te verwarmen en te voorzien van warmtapwater. Dit soort warmtenetten zijn zeer kleinschalig. Voor de utiliteit in dit pakket kan het ook betekenen dat deze gebouwen een individuele open WKO-installatie installeren. Mogelijkerwijs kunnen ook nabijgelegen woningen op deze bron worden aangesloten.

- **Bron:** In het Scenario 2B (CE Delft, 2017a) is de WKO in combinatie met een bodemwarmtepomp doorgerekend. WKO's worden veelal nog ingezet als individuele warmte- en koudevoorziening maar bieden groter rendement wanneer zij aan elkaar geschakeld worden zodat een collectieve LT-warmtevoorziening ontstaat. Mogelijk kan er in de toekomst ook gebruik worden gemaakt van LT-restwarmtebronnen zoals datacenters, ijsbanen, RWZI's, de glastuinbouw en koel-, vries- en slachthuizen. Deze zijn momenteel niet meegenomen in het scenario door gebrek aan informatie over deze bronnen.
WKO-systemen (warmte-koudeopslagsystemen) gebruiken de bodem om warmte en koude op te slaan en te onttrekken. In dit pakket wordt uitgegaan van een open systeem. Een open WKO-systeem laat het water afkomstig uit een aquifer in de bodem warmte uitwisselen met het warmtesysteem in de woning en pompt het daarna weer terug de aquifer in. Een open WKO-systeem wordt veelal collectief toegepast. Bij een gesloten WKO-systeem wordt geen water onttrokken uit de bodem maar wordt er leidingwater rondgecirkuleerd en opgeslagen. Aan de WKO's zit een individuele warmtepomp verbonden die het water van de WKO op de juiste temperatuur brengt.
- **Infrastructuur:** Voor het WKO-systeem moet een grondboring worden gedaan. Het water moet door middel van een LT-warmtenet gedistribueerd worden naar de gebouwen en weer geretourneerd worden naar de WKO.
- **Gebouwaanpassingen:** het gebouw moet geschikt zijn voor verwarming op lage temperatuur. Dit betekent dat het een NoM-woning moet zijn of een woning met label A of label B. Ook moet de woning worden voorzien van een warmteafgiftesysteem op lage temperatuur (LT-radiatoren of wand-/vloerverwarming). Gebouwen dienen hiernaast te worden aangesloten op het warmtenet. Het aansluiten op het warmtenet wordt over het algemeen collectief gedaan. Dit betekent dat een wooncomplex/utiliteitcomplex, wijk of buurt in één keer in z'n geheel over zal gaan op warmte van het warmtenet. Voor de aansluiting op het warmtenet zullen afleversets moeten worden geïnstalleerd.

Ingevulde warmtevraag

De totale ingevulde warmtevraag (woningen en utiliteit) door pakket LT-warmtenet is 1.043 TJ/jaar. Dit is inclusief de warmtapwatervraag. In deze warmtevraag is al de besparing van warmte door gebouwaanpassingen verwerkt. De warmtevraag wordt gedeeltelijk ingevuld door warmte die opgeslagen is in de bodem en voor een gedeelte uit elektriciteit van het net die nodig is om deze warmte om te zetten in de gewenste lage temperatuurverwarming.

CO₂-emissie per jaar

Het LT-warmtenet levert een CO₂-besparing ten opzichte van de huidige referentie (zie hoofdstuk CO₂-emissiereferentie) maar veroorzaakt ook CO₂-emissie door gebruik van elektriciteit voor de warmtepompen gekoppeld aan de WKO. De pompenergie benodigd om het water rond te pompen in het LT-warmtenet beschouwen we als verwaarloosbaar in de context van deze studie, omdat het om zeer kleinschalige netten gaat. De huidige elektriciteitsmix is voor een groot deel afkomstig van fossiele bronnen. De mix verandert over de tijd, waardoor de CO₂-emissie met de implementatie van hernieuwbare elektriciteit lager zal worden per geproduceerde GJ warmte.

Wonen:

	Aantal woningen	Ingevulde warmtevraag (TJ/jaar)	Elektriciteitsverbruik (TJ/jaar)
WKO & elektrische bodemwarmtepomp	5.245	248	41

Utiliteit:

	Aantal utiliteit (WEQ)	Ingevulde warmtevraag (TJ/jaar)	Elektriciteitsverbruik (TJ/jaar)
WKO & elektrische bodemwarmtepomp	21.352	795	97

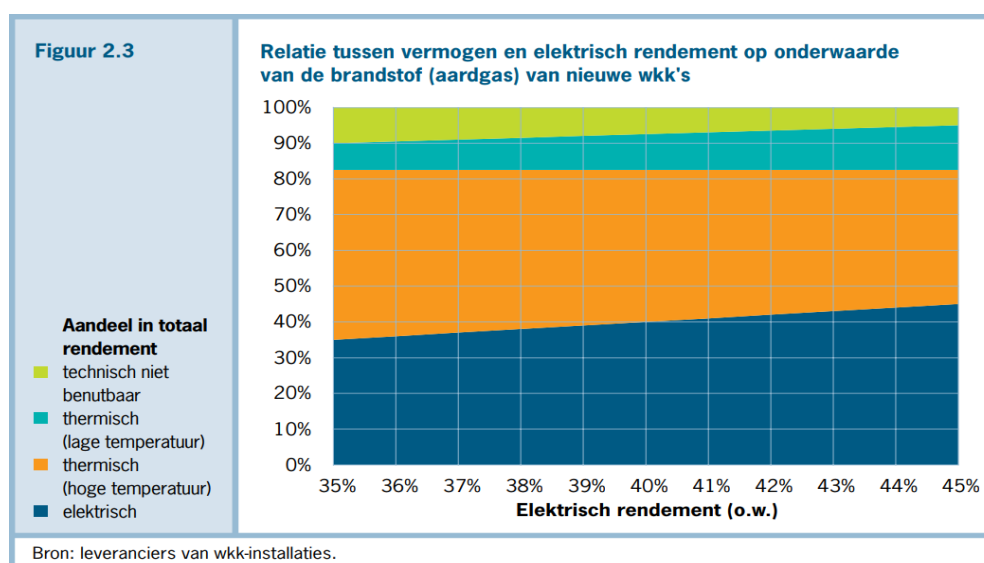
A.1.5 Pakket Wijk-WKK

Omschrijving

Het pakket Wijk-WKK bestaat uit een WKK, de distributie van deze warmte door het warmtenet, de aflevering van de warmte bij het gebouw en de gebouwaanpassingen die hiervoor nodig zijn.

- Bron: De Wijk-WKK is een warmtekrachtkoppeling op wijk-schaal. De installatie bestaat uit één of enkele gasmotoren en produceert zowel elektriciteit als warmte. In het CEGOIA-model wordt aangenomen dat de Wijk-WKK gevoed wordt met hernieuwbaar gas. Huidige vormen van hernieuwbaar gas zijn waterstof, syngas en ammoniak. De Wijk-WKK is in het model aangesloten op het middendruk gasnet. De Wijk-WKK heeft een rendement van 90% (Smit & van der Velden, 2008). In de berekeningen is uitgegaan van een thermisch rendement van 50% en een elektrisch rendement van 40%.

Figuur 20 - Aandeel thermisch rendement en elektrisch rendement van een WKK



Bron: (Smit & van der Velden, 2008).

- **Infrastructuur:** de Wijk-WKK levert hoge temperatuurwarmte via een warmtenet aan gebouwen in de wijk en levert daarnaast elektriciteit die wordt ingevoed in het elektriciteitsnet.
- **Gebouwaanpassingen:** met de warmte-aanvoer door de Wijk-WKK is isoleren van woningen niet per se nodig. De woningen kunnen verwarmd blijven worden met hoge temperatuurverwarming. Woningen dienen wel te worden aangesloten op het warmtenet. Het aansluiten op het warmtenet wordt over het algemeen collectief gedaan. Dit betekent dat een wijk of buurt in één keer in z'n geheel over zal gaan op warmte van het warmtenet. Voor de aansluiting op het warmtenet zullen afleversets moeten worden geïnstalleerd.

Een belangrijke randvoorwaarde voor het CO₂-neutraal opereren van de Wijk-WKK is dat er voldoende hernieuwbaar gas aanwezig is. We gaan er in onze analyses vanuit dat er in 2050 max. 5 miljard m³ hernieuwbaar gas in Nederland beschikbaar is (CE Delft, 2016a), daarmee is er voldoende hernieuwbaar gas voor deze functie voor Den Haag. Rond 2030 verwacht men een kantelpunt in rentabiliteit van de productie van waterstof (ZEP, 2017). De aanname is dat een Wijk-WKK dus vanaf 2030 zou kunnen draaien.

Ingevulde warmtevraag

De totale ingevulde warmtevraag (woningen en utiliteit) door pakket Wijk-WKK is 55 TJ. Dit is inclusief de warmtapwatervraag. Naast de warmte levert de Wijk-WKK hernieuwbare elektriciteit. We gaan daarbij uit van een rendement van 40%. Het totaal aan opgewekte hernieuwbare elektriciteit is dan 44 TJ.

CO₂-emissie per jaar

De Wijk-WKK levert een CO₂-besparing ten opzichte van de huidige referentie (zie Hoofdstuk 3) en emitteert geen CO₂ doordat ervan uit wordt gegaan dat hernieuwbaar gas wordt opgewekt vanuit overschotten hernieuwbare elektriciteit. Er wordt uitgegaan van een rendement van 50% voor warmteproductie. Het warmtenet heeft hulpenergie nodig om de warmte door middel van pompen te distribueren. Dit elektriciteitsverbruik is echter zo klein (<0.5TJ) dat het verwaarloosbaar is.

Woningen:

	Aantal woningen	Ingevulde warmtevraag (TJ/jaar)
Wijk-WKK	1611	52

Utiliteit:

	Aantal utiliteit (WEQ)	Ingevulde warmtevraag (TJ/jaar)
Wijk-WKK	40	3

A.1.6 Bepalen huidige warmtevraag per pakket

Om de CO₂-uitstoot van de gebouwen voor elk pakket in alle jaren te kunnen berekenen, is het nodig om ook de huidige warmtevraag van de woningen en utiliteit per pakket te weten, en te weten op welke bron deze zijn aangesloten (aardgas, of een van de drie stadsverwarmingsnetten van Den Haag).

Deze informatie is gehaald uit Scenarioanalyse 2b (CE Delft, 2017a). Hiermee is per pakket uitgerekend wat de huidige warmtevraag en bijbehorende CO₂-uitstoot is. Hierbij is gebruikgemaakt van de emissiefactoren zoals weergegeven in Tabel 10.

Tabel 10 - Emissiefactoren

Emissiebron	Emissiefactor	Eenheid	Bron
Aardgas	56,5	kg CO ₂ /GJ	(RVO, 2016)
Warmtenet centrum ⁹	29	kg CO ₂ /GJ	CO ₂ -scanner Den Haag
Warmte Wateringseveld	77,1	kg CO ₂ /GJ	CO ₂ -scanner Den Haag
Warmte Ypenburg	68,6	kg CO ₂ /GJ	CO ₂ -scanner Den Haag

A.2 Mobiliteit

Bij veel maatregelen is gebruikt gemaakt van emissiefactoren uit STREAM Personenvervoer (CE Delft, 2014) en STREAM Goederenvervoer (CE Delft, 2017b). Daarnaast is er gebruik gemaakt van het Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OVIN) voor de jaren 2012-2015 (CROW, 2017).

A.2.1 Groen aanbesteden

Dit maatregelpakket bestaat uit het 100% zero-emissie maken van de verschillende concessies en het eigen wagenpark. Dit wordt gedaan met de volgende maatregelen:

- *Alle OV-bussen volledig elektrisch:* in Den Haag rijden momenteel aardgasbussen van de HTM (concessie Haaglanden Stad) en Connexxion (concessie Haaglanden Streek). In de nieuwe busconcessies vanaf 2019 zal gewerkt worden aan een overgang naar emissievrije bussen.
- HTM is al bezig met het voorbereiden daarvan. De verantwoordelijkheid voor dit vervoer ligt bij de Metropoolregio Rotterdam Den Haag. Er is uitgegaan van 115 bussen, conform jaarverslag HTM 2016 (HTM, 2017). Een deel van die bussen rijdt in buurgemeenten, maar ook bussen uit andere concessies rijden in Den Haag. Er is aangenomen dat dit tegen elkaar weggestreept kan worden. De Kadernota OV (MRDH, 2017) en Het Bestuursakkoord Zero Emissie Regionaal Openbaar Vervoer Per Bus (IPO, Min IenM, MRDH, MRA, 2016) gaan uit van alleen nog maar nieuwe zero-emissie-bussen in 2025 en alleen nog maar zero-emissiebussen in 2030.
- *Alle contractvervoer (WMO, leerlingen, Regiotaxi) volledig elektrisch.* Contractvervoer gebeurt hoofdzakelijk met taxi's en taxibusjes die op diesel rijden. De verantwoordelijkheid voor dit vervoer ligt bij de gemeente. Er zijn vier bronnen (CE Delft, 2016d), (Rabobank, 2017), (Agentschap NL, 2012) en (Natuur & Milieu, 2017) met het aantal voertuigen per groep en het kilometrage gecombineerd.
- *Gehele gemeentelijk wagenpark volledig elektrisch.* De gemeente heeft in 2016 minimeisen aan de aanbesteding van haar wagenpark gesteld, waarbij aardgasaandrijving of elektrische aandrijving verplicht is. Voor de inschatting van het effect is gebruik gemaakt van een document van de gemeente Den Haag (Den Haag, 2014a).

A.2.2 Stimuleren schoner vervoer particulieren en bedrijven

Stimuleren van elektrisch rijden met laadpalen en voordelen voor elektrische auto's:

- Het plaatsen van extra oplaadpalen: Den Haag is actief in het plaatsen van openbare oplaadpunten. Er is daarom geen extra effect meegenomen.
- Het plaatsen van snellaadpalen: Den Haag is momenteel bezig met Fastned voor het plaatsen van vijf snellaadpalen, waarvan er al twee zijn gerealiseerd. Snellaadinfrastructuur zorgt voor 4% extra elektrische auto's (CE Delft, 2016c).
- Aankoopsubsidies voor personenauto's: Den Haag kent momenteel al zo'n subsidie. Er is uitgegaan van een continuering van de huidige regeling tot 2025. Er is rekening gehouden met 50%

⁹ Er is uitgegaan van de veronderstelling dat deze emissiefactoren de CO₂-emissie per GJ geleverde warmte weergeven, en dat er rekening is gehouden met effecten als rendements- en warmteverliezen over de keten.

freeridgedrag: de subsidie komt voor de helft bij kopers terecht, die ook zonder subsidie een elektrische auto zouden kopen.

- Alleen elektrische taxi's toestaan: in de taxiverordening kunnen duurzaamheidseisen met betrekking tot CO₂-uitstoot opgenomen worden. Er zijn vier bronnen (CE Delft, 2016d), (Rabobank, 2017), (Agentschap NL, 2012) en (Natuur & Milieu, 2017) met het aantal voertuigen per groep en het kilometrage gecombineerd.
- Gratis betaald parkeren en parkeervergunning elektrische personenauto's: bepaalde groepen kunnen uitgezonderd worden van het betalen van parkeerbelasting, zoals dat vaak voor gehandicapten geldt (overigens niet in Den Haag). Het effect van gratis bezoekersparkeren en gratis parkeervergunning voor ZE-persenauto's is volgens de literatuur beperkt (PBL, 2016a), (CE Delft; ECN; TNO, 2014).

Werkgeversafspraken over duurzame mobiliteit van werknemers: de gemeente gaat in gesprek met werkgevers om het reisgedrag van werknemers te verduurzamen. Dit kan met convenanten, het opschalen van succesvolle maatregelen van Beter Benutten, korting geven op E-bikes, etc. Voor de maatregel Werkgeversafspraken hebben we ingeschat dat met convenanten met werkgevers, leren van beter benutten en korting op E-bike, woon-werkverkeer een CO₂-reductie van 5% van de woon-werkautoverkeer en 5% van de kilometers voor zakelijk autoverkeer mogelijk is.

A.2.3 Sturen met ruimtelijk beleid, parkeernormen en parkeertarieven

Ruimtelijk beleid & parkeernormen:

- De inpassing van de woningbouwopgave (50.600 woningen tot 2040) van Den Haag vindt zo veel mogelijk plaats rond OV-knooppunten (stations Den Haag Centraal, Den Haag HS, Den Haag Laan van NOI, OV-knooppunt Leyenburg) en HOV-lijnen (tramlijnen). De parkeernorm bij deze ontwikkelingen wordt flink verlaagd en gaat gelden als een maximum. Er is gerekend met een gemiddeld autobezit van 0,3 per huishouden. Dat is de helft van momenteel gemiddeld is in Den Haag. Ook is rekening gehouden met meer elektriciteitsverbruik doordat er meer gereisd zal worden met het OV.
- Parkeertarieven: de bezoekersparkeertarieven worden verhoogd met 50%. Den Haag heeft lage parkeertarieven (zowel voor bezoekers als bewoners) ten opzichte van Rotterdam, Utrecht en Amsterdam. Ter vergelijking voor 2017: Amsterdam: € 5 per uur, Utrecht € 4,63, Rotterdam € 4, Delft € 3 en Den Haag € 2,60. Parkeertarieven is bevoegdheid van de gemeente. Over effecten van parkeertarieven is relatief weinig bekend. Voor de maatregel *Parkeertarieven* is uitgegaan van een tariefstijging van 50% voor bezoekersparkeren. Een tariefsverhoging van 7% geeft 1% minder autokilometers (CE Delft, 2016b). We hebben ingeschat dat in 20% van de autoritten betaald wordt voor bezoekersparkeren. Ook is rekening gehouden met meer elektriciteitsverbruik doordat er meer gereisd zal worden met het OV.

A.2.4 Aanleg infrastructuur OV/fiets

Verbeteren van de infrastructuur voor de fiets. Hierbij wordt gedacht aan maatregelen als:

- aanleg nieuwe fietspaden;
- fietssnelwegen tussen steden;
- meer stallingscapaciteit stations en OV-haltes;
- fiets vaker voorrang bij kruispunten en kortere wachttijden verkeerslichten;
- meer aandacht voor fiets in ketenverplaatsingen;
- fietsroutes naar OV-haltes/stations verbeteren.

Er is uitgegaan van een groei van het aantal fietskilometers van 15%. De helft hiervan komt van de auto en de andere helft van het OV.

Verbeteren van de infrastructuur voor het OV. Hierbij wordt gedacht aan maatregelen als:

- hoogfrequent vervoer Randstadrail- en tramlijnen;
- uitbreiding Randstadrail met nieuwe lijnen, verlenging tramtunnel richting Prinsegracht, doortrekken metrolijn E naar Scheveningen, tramlijnen via Binckhorst naar Delft of Zoetermeer, etc. (Discussienotitie Haagse Mobiliteitsagenda - Kiezen om ruimte te maken);
- ketenoplossingen (last mile specifieke doelgroepen), incl. deelfietsen;
- slimme bus/taxi-regeling (vraagafhankelijk);
- slimme OV-concessies (denken in bereikbaarheid i.p.v. buslijnen);
- voldoende fietsparkeervoorzieningen;
- Autodelen aan OV gekoppeld op geselecteerde knooppunten;
- looproutes naar OV-haltes en stations verbeteren.

Er is uitgegaan van een groei van het aantal OV-kilometers van 10%. 37,5% hiervan komt van de auto.

Bonus sturen vraag/aanbod fiets/OV. Bij dwingend beleid is meer mogelijk. Hierbij wordt gedacht aan stringent parkeerbeleid, tolheffing, dwingende afspraak werkgevers, evenementenverkeer en publiekslocaties, waardoor meer verplaatsingen per fiets en OV worden gedaan in plaats van met de auto. Er zijn genoeg instrumenten voor gemeenten om dwingend beleid te voeren. Als wordt ingezet op dwingend beleid, dan is de verwachting dat, in combinatie met Infra fiets en Infra OV, er een toename van 40% van de fietskilometers en 25% van de OV-kilometers mogelijk is. De effecten van de maatregelen infra OV en infra fiets zijn hiervan af getrokken, om dubbeltellingen te voorkomen.

A.2.5 Stadslogistiek

Aankoopsubsidie elektrische bestelauto's: door een subsidie worden de extra investeringskosten voor een elektrische bestelauto verkleind of weggenomen, waardoor de aanschaf van een elektrische bestelauto interessant wordt. Den Haag kent sinds 2016 een subsidie voor elektrische bestelauto's en taxi (Den Haag, 2017c).

Efficiënter vervoeren: vollere bestel- en vrachtauto's, bundeling van leveringen via hubs, meer retourlading etc. door o.a. inzet van ICT ('Smart Logistics'). Voor deze maatregel hebben we voor efficiencyverbetering logistiek, verbeteringen afval-ophaalbeleid, bouwlogistiek, facilitaire logistiek gemeente, etc. een 10% volumereductie opgenomen door efficiënter vervoer. Dit is mede op basis van de Annual Outlook Stadslogistiek (Connekt; CE Delft; Hogeschool van Amsterdam; TNO, 2017) bepaald.

A.2.6 ZE Milieuzone heel Den Haag

Deze maatregel omvat het instellen van een Zero-Emissie Milieuzone in heel Den Haag voor alle motorvoertuigen. Alleen emissievrije personen-, bestel- en vrachtauto's zijn dan nog toegestaan in de gehele stad. In het regeerakkoord (Rijksoverheid, 2017) is aangegeven dat deze maatregel mogelijk gaat worden voor de binnensteden van gemeenten. In deze studie zijn wij uitgegaan van een milieuzone voor heel Den Haag. Deze maatregel heeft verstreckende gevolgen: al bestaande conventionele wegvoertuigen in Den Haag moeten vervangen worden door elektrische voertuigen. Ook heeft de maatregel effect op bezoekers en leveranciers. Er is bij het bepalen van de emissiereductie is uitgegaan van het verdwijnen van alle TTW-emissies. Uiteraard is er wel een grote toename van het elektriciteitsverbruik. Er is een periode van 5 jaar genomen, waarin men zich gaat aanpassen aan de nieuwe situatie.

A.2.7 Gecombineerd effect van de Mobiliteitsmaatregelen

Er zit veel overlap in bovenstaande maatregelen: wanneer bijvoorbeeld alle taxi's overstappen op elektrisch rijden, dan betekent dat dat een milieuzone voor enkel elektrische auto's weer wat minder effect heeft omdat er minder auto's via deze maatregel overstappen op elektrisch vervoer. Ook een verandering in de modal split, wanneer automobilisten overstappen naar fiets en OV, betekent minder effect voor de maatregelen die elektrisch autorijden stimuleren. Hier is in deze studie rekening mee gehouden. In Tabel 11 is een overzicht opgenomen van de effecten van de losse maatregelen. In deze studie is gerekend met het gecombineerde effect van de maatregelpakketten. Het totale effect van de maatregelen komt daarmee 22 kton lager uit.

Tabel 11 - Effect per maatregel in kg CO₂-reductie voor het eindjaar 2030. In deze tabel is geen rekening gehouden met eventuele dubbeltellingen

Maatregel	kton CO ₂ -reductie
Groen aanbesteden	8,1
100% ZE concessies en wagenpark	8,1
Alle OV-bussen in concessies elektrisch	4,6
Alle contractvervoer (WMO, leerlingen, Regiotaxi) elektrisch	2,6
Gemeentelijk wagenpark elektrisch	0,9
Stimuleren schoner vervoer particulieren en bedrijven	8,0
Laadpalen en elektrische auto's	2,4
Extra oplaadpalen	0
Snellaadpalen	0,6
Aankoopsubsidies	0,7
Elektrische taxi's	1,0
Gratis betaald parkeren elektrische personenauto's	0
Gratis parkeervergunning elektrische personenauto's	0
Werkgeversafspraken duurzame mobiliteit	5,6
Sturen met ruimtelijk beleid, parkeernormen en parkeertarieven	11,2
Ruimtelijk beleid & parkeernormen	7,9
Parkeertarieven	3,2
Aanleg infrastructuur OV/fiets	45,9
Infrastructuur fiets	3,9
Infrastructuur en aanbod OV	3,9
Bonus sturen vraag/aanbod fiets/OV	38,1
Stadslogistiek	2,9
Milieuzone in heel Den Haag	287,4
ZE Milieuzone CO ₂ -uitstoot personenverkeer in heel Den Haag	226,9
ZE Milieuzone CO ₂ -uitstoot vrachtverkeer in heel Den Haag	60,5

A.3 Duurzame elektriciteit

A.3.1 Zonnepanelen

In Den Haag is er de mogelijkheid om hernieuwbare elektriciteit op te wekken door zonnepanelen op de daken van Den Haag te plaatsen. De hoeveelheid zonnepanelen die er geplaatst kunnen worden is afhankelijk van de hoeveelheid geschikt dakoppervlak voor zonnepanelen. Er is aangenomen dat 55% van het dakoppervlak geschikt is voor zonnepanelen.

Het totale dakoppervlak in Den Haag is door middel van een GIS-analyse bepaald uit de BAG.

In totaal is het totale dakoppervlak 15.737.000 m². In totaal zouden er op 55% van dit oppervlak 5,3 miljoen zonnepanelen kunnen worden geplaatst, met een totale opbrengst van ca. 4.400 TJ/jr.

De mogelijkheden voor zonnepanelen op nieuwbouwwoningen zijn niet meegenomen in dit pakket aangezien aangenomen is dat dit dakoppervlak reeds wordt ingezet om de nieuwbouw energie-neutraal te ontwikkelen.

Voor zonnepanelen wordt aangenomen dat ze 1,64 m²/paneel aan ruimte innemen en dat een paneel een opbrengst heeft van 300 Wp. Er wordt daarnaast uitgegaan van 770 zonne-uren per jaar in Den Haag. Hierbij is gecorrigeerd voor gemiddelde instralingscorrectie wegens het plaatsen van panelen onder sub-optimale hoeken (PBL & DNV-GL, 2014).

Dit pakket geeft een ruwe inschatting van het maximaal realiseerbaar potentieel aan zonne-energie op de bestaande bouw, en komt daarmee op fors hogere getallen dan eerder in de Energievisie Den Haag zijn berekend (Den Haag, 2010). Nader onderzoek zou nodig zijn om een meer reële inschatting te doen van het maximaal te realiseren potentieel.

Dit pakket levert, wanneer volledig gerealiseerd in 2030, 4.389 TJ aan hernieuwbare elektriciteit op. In het referentiescenario wordt ook al meer zon-pv gerealiseerd (Figuur 21). In dit scenario zal er 2030 ca.92 MWp, oftewel 314 TJ aan zonne-energie worden opgewekt. In 2030 wordt er met dit maatregelpakket nog 4.075 TJ bovenop het referentiescenario opgewekt. In 2040 zal er 205 MWp, oftewel 701 TJ aan zonne-energie worden opgewekt. In 2040 wordt er met dit maatregelpakket nog 3.688 TJ bovenop het referentiescenario opgewekt.

Figuur 21 - Ontwikkeling zonnestroom o.b.v het referentiescenario, weergegeven in, MWp en % in elektriciteitsmix

