



Aanvulling Backcasting Den Haag

Voor twee alternatieve
warmtescenario's



Committed to the Environment

Aanvulling Backcasting Den Haag

Voor twee alternatieve warmtescenario's

Dit rapport is geschreven door:

Jasper Schilling

Eline Burger

Nanda Naber

Katja Kruijt

Jaime Rozema

Delft, CE Delft, november 2018

Publicatienummer: 18.5R11.037

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 40 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 Relatie met vorige rapporten	5
	1.3 Leeswijzer	5
2	Verschillen warmtescenario's	6
	2.1 Geen gevolgen voor de berekening van mobiliteit en duurzame elektriciteit	6
	2.2 Verschillen tussen de scenario's	6
	2.3 Aandeel woningen en utiliteit per pakket in de verschillende scenario's	7
	2.4 Energievraag	8
	2.5 Kosten	9
3	Gevolgen CO ₂ -budget	11
	3.1 Duurzame elektriciteit en andere energie-import	11
	3.2 CO ₂ -budget Scenario 3b: Variant zonder Leiding door het Midden	14
	3.3 CO ₂ -budget Scenario 4b: Variant met enkel individuele all electric-oplossingen	19
4	Conclusies en discussie	23
	4.1 Scenario's voor de gebouwde omgeving	23
	4.2 Kosten van de maatregelpakketten voor de gebouwde omgeving	24
	4.3 Discussie	24
5	Bibliografie	26
A	Uitleg scenario's	27
	A.1 Scenario 1: Lokale warmte met regionale warmte Leiding over West en Leiding door het Midden	27
	A.2 Scenario 2: Lokale warmte met regionale warmte van enkel de Leiding door het Midden	28
	A.3 Scenario 2b: Lokale warmte met regionale warmte van enkel de Leiding door het Midden en zonder groengas	28
	A.4 Scenario 3: Enkel lokale warmte	29
	A.5 Scenario 3b	29
	A.6 Scenario 4: Enkel individuele opties	29
	A.7 Scenario 4b	30
B	Financiële vergelijking	31
	B.1 Resultaten	31
	B.2 Kostenverschillen warmtetechnieken	33



Samenvatting

CE Delft heeft voor gemeente Den Haag een update van de Backcastingstudie uitgevoerd (CE Delft, 2018). Deze update had als doel om te kijken naar de gevolgen van het raadsbesluit om te werken met een CO₂-budget, en om de nieuwe klimaatdoelstelling uit het klimaatpact van de gemeenteraad door te rekenen. In de update is uitgegaan van een scenario voor de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving. Dit scenario gaat uit van een mix van lokale warmtebronnen, all electric-oplossingen en inzet van warmte uit de Leiding door het Midden van de Warmteronde Zuid-Holland.

Aanvullend op deze update wilde de gemeente weten wat het effect is op de uitkomsten als er twee andere scenario's worden gehanteerd voor het invullen van de warmtevraag van de Haagse woningen en utiliteitsgebouwen. De drie scenario's zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 - Overzicht scenario's voor de warmtevoorziening van de gebouwde omgeving in de studie Backcasting en haar varianten

	Scenario 2b Variant met regionale warmte van Leiding door het Midden	Scenario 3b Variant zonder Leiding door het Midden	Scenario 4b Variant met enkel individuele all electric-oplossingen
Rapportage	Studie backcasting 2018	Aanvulling backcastingstudie	Aanvulling backcastingstudie
Meegenomen warmtetechnieken	<ul style="list-style-type: none">- Geothermie- Regionale restwarmte- Individuele LT-voorziening- LT-warmtenet- Wijk-WKK	<ul style="list-style-type: none">- Geothermie- Individuele LT-voorziening- LT-warmtenet- Wijk-WKK	<ul style="list-style-type: none">- Individuele LT-voorziening

De drie scenario's worden in deze studie met elkaar vergeleken op het gebied van CO₂-uitstoot, kosten en haalbaarheid. Bij de berekeningen wordt dezelfde methodiek gehanteerd als in de eerdere Backcastingstudie (CE Delft, 2018) zodat resultaten goed vergeleken kunnen worden. In deze aanvullende studie zijn geen nieuwe maatregelpakketten opgesteld voor mobiliteit of hernieuwbare energie.

Effect van de andere scenario's op de cumulatieve CO₂-emissies van Den Haag is gering

Het hanteren van de twee andere scenario's heeft, ten opzichte van het scenario in de update backcasting, een gering effect op de cumulatieve CO₂-emissies van Den Haag. Dit komt doordat in de berekeningen is uitgegaan van een lineaire aanpak, waarbij alle woningen en utiliteitsgebouwen in het doeljaar zijn aangepakt. Hierdoor is het totaal aantal gebouwen dat per jaar moet worden aangepakt gelijk in de drie scenario's. Wel verschilt het aantal woningen en utiliteitsgebouwen dat overstapt op de verschillende warmtetechnieken. Er is een zeer ambitieus tempo nodig om alle woningen tijdig te laten overschakelen naar een alternatieve warmtevoorziening. Zelfs wanneer het de gemeente Den Haag lukt om de maatregelpakketten tijdig te hebben uitgevoerd, is het 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 in ieder geval tot 2050 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.

Kosten tussen de scenario's lopen wel uiteen

De totale kosten zijn het laagst in het Scenario 2b, waarbij gebruik wordt gemaakt van restwarmte uit Rotterdam (€ 930 miljoen per jaar), en het hoogst in het Scenario 4b, waar enkel all electric-oplossingen worden toegepast (€ 1.140 miljoen per jaar). Ter referentie: CE Delft schat de kosten van de totale huidige warmtevoorziening in 2040 op circa € 740 miljoen per jaar. Dit kostenverschil heeft met name te maken met de hogere kosten voor het aanpassen van de woningen en de utiliteitsgebouwen in Den Haag. De kosten voor de aanpassing van woningen en utiliteitsgebouwen lopen uiteen van € 330 miljoen per jaar in het Scenario 2b tot € 790 miljoen per jaar in Scenario 4b. De reden dat dit verschil zo groot is, is dat in dit laatste scenario alle woningen zwaar worden geïsoleerd, en worden voorzien van een laagtemperatuur-warmteafgiftesysteem (LT-radiatoren of vloerverwarming). In de andere scenario's zijn er ook mogelijkheden aanwezig om woningen op een hoge temperatuur te verwarmen (middels restwarmte, geothermie of een wijk-WKK), waardoor de woningen minder zwaar geïsoleerd hoeven te worden. De extra kosten die nodig zijn voor aanleg van de infrastructuur voor warmtenetten zijn lager dan de totale kosten voor aanpassing van de woningen en utiliteitsgebouwen.

Kosten

CE Delft kijkt naar de kosten die alle partijen in de maatschappij moeten maken voor het aanbrengen en in stand houden van de energie-infrastructuur, de warmtetechnieken in de woning, de benodigde (isolerende) maatregelen in de woningen en de kosten voor energieopwekking en energiebelastingen. Hierbij is niet gekeken naar de wijze waarop kosten onderling tussen partijen worden doorbelast (in energietarieven, aansluittarieven, tarieven in offertes et cetera). Ook zijn de benodigde proceskosten buiten beschouwing gelaten.

CE Delft kijkt naar deze kosten omdat dit een beeld geeft van de totale investerings- en onderhoudskosten van de warmte-transitie, en hiermee verschillende scenario's goed kunnen worden vergeleken op hun financiële impact voor de gehele maatschappij. De wijze waarop kosten onderling zullen worden doorbelast is momenteel nog ongewis. Om deze reden wordt dit in deze studie niet verder in beeld gebracht.

De opgave is groot

Zoals ook al in de eerdere studie geconcludeerd werd, ligt er een grote uitdaging voor de gemeente Den Haag om haar klimaatdoel te behalen. Het huidige tempo van gebouwaanpassingen of plaatsing van zonnepanelen is vele malen lager dan de benodigde tempo's die berekend zijn in deze studie. Zware stimulering of dwingende maatregelen zijn dan ook nodig om het benodigde tempo reeds op korte termijn te behalen. Gemeenten beschikken momenteel niet over de middelen om de maatregelen af te dwingen. Ondersteunend beleid vanuit de Rijksoverheid is nodig om het tempo verder te verhogen. Het klimaatakkoord dat in het voorjaar van 2018 wordt ontwikkeld biedt kansen om dit ondersteunend beleid te verkrijgen.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

CE Delft heeft voor gemeente Den Haag een update van de Backcastingstudie uitgevoerd (CE Delft, 2018). Voor de invulling van de warmtevraag gaat deze studie uit van een scenario waarin restwarmte uit Rotterdam één van de opties is voor de woningen in Den Haag. Aanvullend op de studie backcasting, wil de gemeente Den Haag graag weten wat het effect is op de uitkomsten als er andere scenario's worden gehanteerd voor het invullen van de warmtevraag van de Haagse woningen en utiliteitsgebouwen. Specifiek gaat het hierbij om een scenario waar geen restwarmte uit Rotterdam wordt ingezet en een scenario waarin de woningen enkel worden verwarmd middels individuele all electric-oplossingen.

1.2 Relatie met vorige rapporten

Deze rapportage is te zien als een aanvulling op de studie backcasting (CE Delft, 2018). In deze rapportage wordt onderzocht wat de verschillen zijn wanneer de andere scenario's worden toegepast in de backcastingmethodiek. Hierbij is met een nieuwe versie van het CEGOIA-model de vier scenario's doorgerekend, waardoor de uitkomsten weer aansluiten bij de laatste stand van de kennis. De uitkomsten van deze geüpdatete scenario's zijn toegepast in de backcastingmethodiek. Voor opzet van de backcastingmethodiek, de gehanteerde aannames en opzet van het model wordt verwezen naar deze eerdere rapportage.

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 worden allereerst de drie scenario's omschreven die in de studie backcasting (CE Delft, 2018) en deze studie zijn doorgerekend. Aangegeven hoeveel woningen en utiliteit gebruik maakt van de verschillende maatregelpakketten en wat de resterende energievraag is in deze scenario's. Vervolgens wordt gekeken naar het verschil in kosten van de drie scenario's.

In Hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de gevolgen van alle maatregelpakketten (wonen werken, mobiliteit en duurzame energie 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 Verschillen warmtescenario's

In de studie backcasting (CE Delft, 2018) is uitgegaan van een scenario voor de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving. Dit scenario gaat uit van een mix van lokale warmtebronnen (geothermie, lokale restwarmte), inzet van warmte uit de Leiding door het Midden van de Warmterotonde Zuid-Holland, en elektriciteit voor het verwarmen van de woningen. In deze aanvullende studie is gevraagd om te rekenen met twee extra scenario's:

- een variant waarbij geen warmte uit de Leiding door het Midden van de warmterotonde Zuid-Holland wordt ingezet in Den Haag (Scenario 3b);
- een variant met enkel individuele all electric-oplossingen (Scenario 4b).

De nummering van de scenario's komt voort uit eerdere studies die CE Delft heeft uitgevoerd voor de gemeente Den Haag. In totaal zijn voor Den Haag zeven scenario's opgesteld, waarvan in deze studies er drie zijn doorgerekend. In Bijlage A staat een overzicht met de verschillen tussen alle zeven uitgevoerde scenario's voor Den Haag. De scenario's zijn doorgerekend in de studie 'Scenario's voor de warmtetransitie in Den Haag (CE Delft, 2017b).

2.1 Geen gevolgen voor de berekening van mobiliteit en duurzame elektriciteit

Het gebruik van andere scenario's voor de gebouwde omgeving heeft geen gevolgen voor eerdere berekeningen voor de sectoren mobiliteit en duurzame elektriciteit. Voor een omschrijving van de maatregelpakketten in deze sectoren, alsmede de effecten op de elektriciteitsvraag van Den Haag, verwijzen wij graag naar de hoofdrapportage van de studie backcasting (CE Delft, 2018).

2.2 Verschillen tussen de scenario's

De drie scenario's die met de backcastingmethodiek zijn doorgerekend worden hieronder beschreven.

Scenario 2b: Variant met warmte uit de Leiding door het Midden

In dit scenario wordt het geothermievormingspotentieel in Den Haag volledig benut. Verder wordt er uitgegaan van benutting van de Rotterdamse restwarmte uit de Leiding door het Midden. Hiervoor zal een warmterotonde moeten worden aangelegd die water van een hoge temperatuur vervoert naar Den Haag. Groengas wordt in dit scenario niet gebruikt voor het invullen van de warmtevraag van de gebouwde omgeving van Den Haag.

Scenario 3b: Variant zonder Leiding door het Midden

In dit scenario wordt volop ingezet op lokale geothermie. Het huidige restwarmtenet zal hiermee gevoed moeten worden, omdat er weinig industrie in Den Haag zelf is om het warmtenet te voeden. Er wordt ervan uitgegaan dat de huidige Uniper gascentrale in 2040 geen warmte meer zal leveren voor het warmtenet. Naast geothermie kan er gebruik worden gemaakt van andere lokale oplossingen, zoals WKO en wijk-WKK, maar de potentie hiervan zal nog nader moeten worden onderzocht. Groengas wordt in dit scenario niet gebruikt voor het invullen van de warmtevraag van de gebouwde omgeving van Den Haag.

Scenario 4b: Variant met enkel individuele all electric-oplossingen

Er wordt hierbij gekeken naar een scenario met enkel individuele opties. Er wordt geen restwarmte gebruikt uit Rotterdam, maar ook geen warmte van andere bronnen in de stad. Warmtenetten worden in dit scenario uitgesloten. Groengas wordt in dit scenario niet gebruikt voor het invullen van de warmtevraag van de gebouwde omgeving van Den Haag. De enige overgebleven technieken die kunnen worden benut zijn elektrische warmtepompen. Deze warmtepompen kunnen gebruikmaken van de temperatuur van de buitenlucht of van de bodem (gesloten bodemenergiesystemen).

2.3 Aandeel woningen en utiliteit per pakket in de verschillende scenario's

Vanuit het eindbeeld zijn er door CE Delft maatregelpakketten opgesteld om een klimaatneutraal 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.

De maatregelpakketten voor de sectoren mobiliteit en duurzame elektriciteit blijven ongewijzigd ten opzichte van de eerdere studie backcasting. Voor een omschrijving van de maatregelpakketten voor deze sectoren verwijzen wij graag naar de studie backcasting (CE Delft, 2018). De maatregelpakketten voor de gebouwde omgeving zelf blijven eveneens ongewijzigd, maar binnen de in deze studie door-gerekende warmtescenario's verschillen het aantal woningen en oppervlakte utiliteit die door de verschillende pakketten moet worden aangepakt (Tabel 2).

Tabel 2 - Overzicht maatregelpakketten per scenario

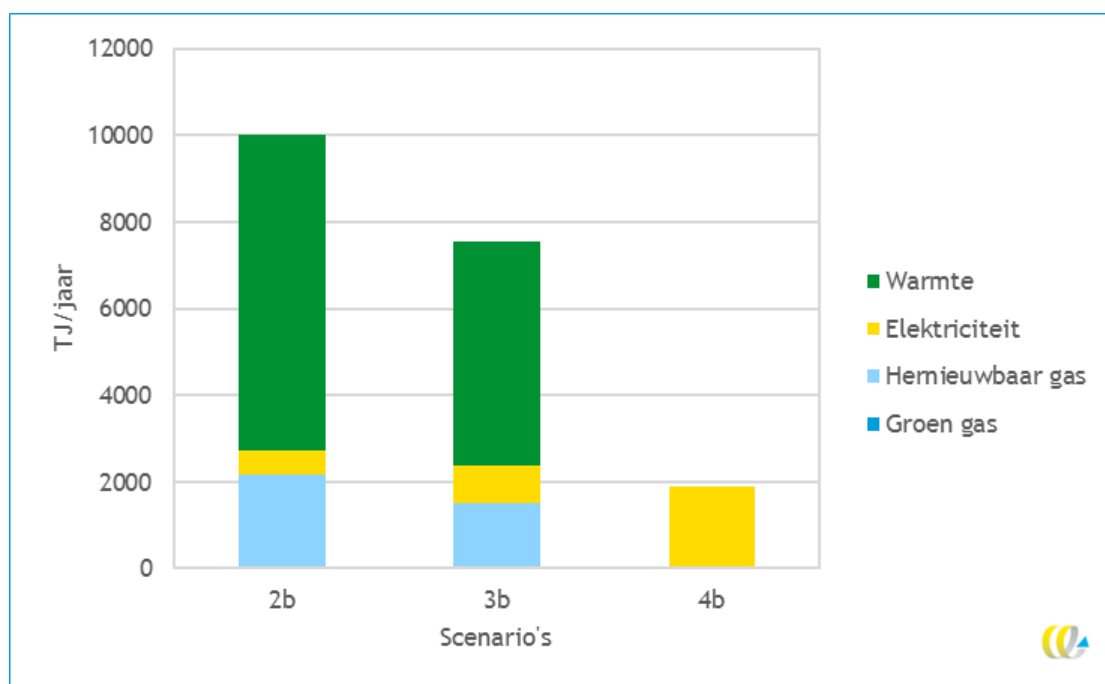
	Scenario 2b Variant met regionale warmte van Leiding door het Midden	Scenario 3b Variant zonder Leiding door het Midden	Scenario 4b Variant met enkel individuele all electric-oplossingen
Nieuwbouwwoningen energieneutraal	De woningen die gebouwd worden in Den Haag (circa 2.200-2.500 woningen/jr. (Den Haag, 2017b)) worden zo ontwikkeld dat ze netto geen energievraag hebben voor de verwarming en warmtapwatervoorziening		
Pakket Geothermie	93.600 woningen 34.500 WEQ utiliteit	104.600 woningen 37.100 WEQ utiliteit	Pakket wordt niet toegepast
Pakket Elektrische warmtepomp	99.400 woningen 7.500 WEQ utiliteit	155.000 woningen 11.600 WEQ utiliteit	259.500 woningen 53.800 WEQ utiliteit
Pakket regionale restwarmte	66.600 woningen 8.500 WEQ utiliteit	Pakket wordt niet toegepast	Pakket wordt niet toegepast
Pakket lage temperatuur-warmtenet	0 woningen 3.300 WEQ utiliteit	0 woningen 5.100 WEQ utiliteit	Pakket wordt niet toegepast
Pakket wijk-WKK	Pakket wordt niet toegepast	Pakket wordt niet toegepast	Pakket wordt niet toegepast
Onbekend	100 woningen 1.500 WEQ utiliteit	100 woningen 1.500 WEQ utiliteit	100 woningen 1.500 WEQ utiliteit

In alle scenario's is voor een aandeel utiliteit en een klein aantal woningen de invulling van de warmtevraag onbekend. Het betreft hier de gebouwen op de Binckhorst en het bedrijventerrein Kerketuinen en Zichtenburg¹. De post onbekend is niet verder ingevuld in deze studie.

2.4 Energievraag

In de drie scenario's die middels de backcastingmethodiek zijn doorgerekend worden alle woningen van Den Haag in meer of mindere mate aangepakt. De resterende energievraag in deze scenario's is echter verschillend (Figuur 1). Dit komt door de verschillende warmtevoorzieningen die bij deze scenario's in het model worden meegenomen. In zowel Scenario 2b als 3b zijn er meerdere opties die warmte (geothermie of restwarmte) of een wijk-WKK op hernieuwbaar gas gebruiken. Door deze hogetemperatuurwarmte hoeven woningen minder geïsoleerd te worden. De energievraag voor deze minder geïsoleerde woningen ligt hoger. In Scenario 4b worden alle woningen en utiliteitsgebouwen voorzien van een laagtemperatuurverwarmingssysteem. Voor dit systeem is een goede isolatieschil noodzakelijk, die ervoor zorgt dat de energievraag in dit scenario drastisch daalt ten opzichte van de andere scenario's. In Scenario 4b is door het gebruik van elektrische warmtepompen de totale elektriciteitsvraag hoger dan in de andere scenario's.

Figuur 1 - Energieverbruik per jaar voor de duurzame warmtevoorziening van de gebouwde omgeving in Den Haag voor de drie scenario's



¹ In deze buurt wordt de warmtevraag gedomineerd door de aanwezige industrie. Het is daarmee de verwachting dat de industrie dominant gaat zijn in de uiteindelijke warmteoplossing in dit gebied. CE Delft heeft niet gekeken naar de verduurzaming van de industrie in Den Haag. Om deze reden is het lastig om aan te geven op welke warmtetechniek de aanwezige woningen en utiliteitsbouw zullen worden aangesloten.

2.5 Kosten

In deze rapportage wordt een tweetal scenario's voor de gebouwde omgeving doorgerekend. In totaal zijn voor Den Haag zeven scenario's opgesteld. In Bijlage B is een overzicht opgenomen van de kosten van deze verschillende scenario's. Een beknopt overzicht van de kosten voor de in deze studie doorgerekende scenario's wordt in deze paragraaf gegeven.

Kosten

CE Delft kijkt naar de kosten die alle partijen in de maatschappij moeten maken voor het aanbrengen en in stand houden van de energie-infrastructuur, de warmtetechnieken in de woning, de benodigde (isolerende) maatregelen in de woningen en de kosten voor energieopwekking en energiebelastingen. Hierbij is niet gekeken naar de wijze waarop kosten onderling tussen partijen worden doorbelast (in energietarieven, aansluitartarieven, tarieven in offertes et cetera). Ook zijn de benodigde proceskosten buiten beschouwing gelaten.

CE Delft kijkt naar deze kosten omdat dit een beeld geeft van de totale investerings- en onderhoudskosten van de warmtetransitie, en hiermee verschillende scenario's goed kunnen worden vergeleken op hun financiële impact voor de gehele maatschappij. De wijze waarop kosten onderling zullen worden doorbelast is momenteel nog ongewis. Om deze reden wordt dit in deze studie niet verder in beeld gebracht.

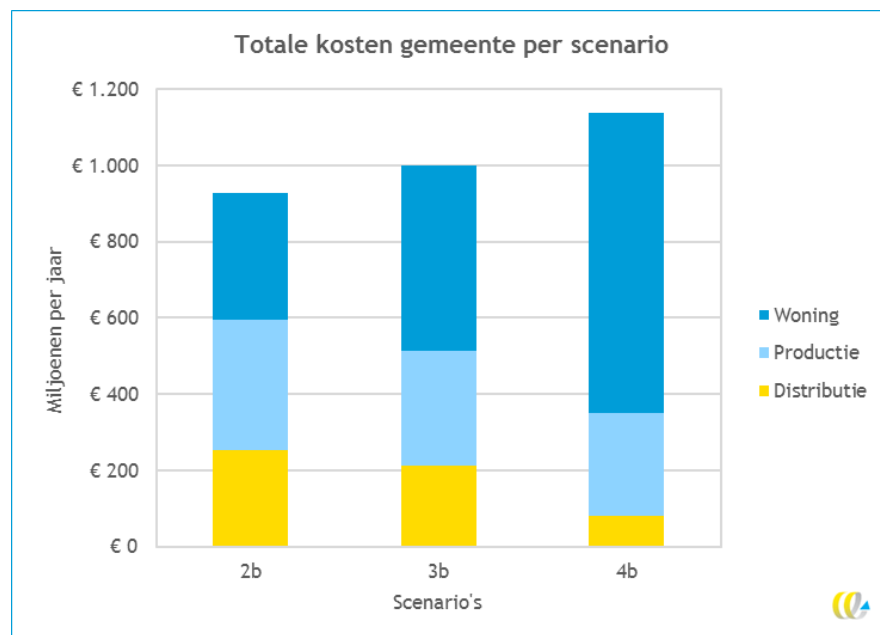
Wij kijken naar de kosten voor alle partijen (woningeigenaars, bewoners, netbeheerders en energiebedrijven). De kosten zijn ingedeeld in drie categorieën:

1. Distributie: Jaarlijkse kosten voor de aanleg en het onderhoud van het elektriciteits-, warmte- en/of gasnet in de buurten. De kosten voor het aanleggen van de het warmtenet van Rotterdam naar Den Haag zijn verwerkt in deze prijzen. De kosten voor eventuele netverzwaring in het midden- en hoogspanningsnet zijn hierin niet meegenomen.
2. Productie: Jaarlijkse energiekosten voor zowel de warmtevraag als elektriciteitsverbruik voor apparaten en verlichting.
3. Woning: Deze kostenpost bestaat uit de kosten voor isolatie en installaties, omgerekend naar jaarlijkse kosten.

In Figuur 3 zijn de kosten voor deze verschillende componenten weergegeven voor de drie scenario's die in deze studie zijn meegenomen. De totale kosten lopen uiteen van € 930 miljoen per jaar tot € 1.140 miljoen per jaar. Ter referentie: CE Delft schat de kosten van de totale huidige warmtevoorziening in 2040 op circa € 740 miljoen per jaar². Te zien is dat de kosten voor distributie het hoogst liggen in scenario's met warmtenetten. De kosten voor productie ontlopen elkaar niet veel. Wel zit er een groot verschil in de kosten voor het aanpassen van de woningen in Den Haag. Deze kosten lopen uiteen van € 330 miljoen tot € 790 miljoen per jaar. De reden dat dit verschil zo groot is, is dat in Scenario 4b alle woningen zwaar moeten worden geïsoleerd, de benodigde warmtepomp prijzig is en de woningen moeten worden voorzien van een laagtemperatuur-warmteafgiftesysteem (LT-radiatoren of vloerverwarming). In de andere scenario's zijn er ook mogelijkheden aanwezig om woningen op een hoge temperatuur te verwarmen (middels restwarmte, geothermie of een wijk-WKK), waardoor de woningen in mindere mate geïsoleerd hoeven te worden.

² In deze schatting is rekening gehouden met scenario's voor de ontwikkeling in de energieprijzen, gelijk aan de andere scenario-berekeningen in deze rapportage.

Figuur 2 - Totale ketenkosten voor de verschillende scenario's



Als we kijken naar de kosten voor de woningeigenaar, zien we ook grote verschillen (Tabel 3).

In Tabel 3 zijn in de kolom 'totaal' alle kosten (distributiekosten, productiekosten en kosten voor de woning) in de warmtetransitie omgeslagen naar gemiddelde kosten per woning. De gemiddelde investering per woning maakt onderdeel uit van dit totaalbedrag, maar wordt hier los weergegeven. Deze bedragen zijn de eenmalige kosten die woningeigenaren zullen moeten betalen voor de warmtetransitie. Het betreffen beide gemiddelde kosten, die per woningeigenaar nog zullen verschillen afhankelijk van woningtype en eindoplossing.

In Tabel 3 is te zien dat in Scenario 4b de gemiddelde investering in de woning hoger is dan in de andere scenario's.

Tabel 3 - Totale kosten per woning, en een inschatting van de investering per woning bij de verschillende scenario's

Scenario	Totaal(€/woning/jaar) (Afgerond op € 100)	Investering in woning (€/woning) (Afgerond op € 5.000)
2b	2.400	15.000
3b	2.600	20.000
4b	2.800	30.000

3 Gevolgen CO₂-budget

De studie backcasting (CE Delft, 2018) kijkt naar de gevolgen van de maatregelen op het CO₂-budget van Den Haag. De gemeente Den Haag heeft een tweetal CO₂-budgetten benoemd welke meegenomen moeten worden in deze analyse (Den Haag, 2017a). Deze CO₂-budgetten vertalen het wereldwijde CO₂-budget, voortkomend uit het klimaatakkoord van Parijs, naar Den Haag. Voor een uitleg van deze CO₂-budgetten, zie de Fase 1 rapportage van de studie backcasting (CE Delft, 2017a).

In het vorige hoofdstuk zijn de drie verschillende scenario's met elkaar vergeleken. In dit hoofdstuk kijken we naar het totale effect van de maatregelpakketten voor wonen, werken, mobiliteit en duurzame energie op het CO₂-budget van Den Haag. Voor deze analyse is gebruikgemaakt van dezelfde methodiek in de studie backcasting (CE Delft, 2018). De maatregelpakketten voor de twee aanvullende scenario's voor de gebouwde omgeving worden in dit hoofdstuk gecombineerd met de maatregelpakketten voor mobiliteit en hernieuwbare elektriciteit. We berekenen hoe het gecombineerde effect van deze pakketten zich verhoudt tot de CO₂-budgetten die Den Haag zich heeft gesteld.

Allereerst wordt de netto elektriciteitsvraag weergegeven bij de verschillende scenario's. Dit wordt voor beide doeljaren³ gedaan. Hierna wordt voor de twee nieuwe scenario's voor beide doeljaren 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. Tevens wordt gekeken in welk jaar de pakketten moeten zijn gerealiseerd wil Den Haag aan de CO₂-budgetten voldoen.

Rekenen met Joules

Om energie uit warmte elektriciteit en andere bronnen met elkaar te vergelijken, wordt in deze rapportage alle energie uitgedrukt in Terajoules. In veel studies van de gemeente Den Haag wordt gerekend met Petajoules.

Ter referentie:

1 Petajoule = 1.000 Terajoule

3.1 Duurzame elektriciteit en andere energie-import

De uiteindelijke warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving van de scenario's verschilt, wat invloed heeft op de benodigde energie-import van Den Haag. Hieronder wordt voor de verschillende scenario's weergegeven wat de gevolgen zijn van het doorvoeren van de maatregelpakketten voor de energie-import van Den Haag. Deze gevolgen verschillen voor het eindjaar 2030 en het eindjaar 2040.

³ Gemeente Den Haag heeft als ambitie om in 2040 klimaatneutraal 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.



Gevolgen voor 2030

Scenario 3b

Voor deze studie is een referentiescenario opgesteld om de ontwikkelingen van de Nationale Energieverkenning (ECN, PBL, CBS, RVO, 2016) te vertalen naar Den Haag. Dit referentiescenario laat een groei in de elektriciteitsvraag zien. Daarnaast leiden de maatregelpakketten tot een aanvullende elektriciteitsvraag van 2.030 TJ in 2030, en daarmee een totale elektriciteitsvraag van 8.675 TJ (zie Tabel 4).

Tabel 4 - Elektriciteitsvraag in Den Haag bij het uitvoeren van de maatregelpakketten in 2030, Scenario 3b

	Wonen	Werken	Mobiliteit	Totaal
	TJ	TJ	TJ	TJ
Basisvraag o.b.v. referentiescenario	2.130	4.425	90	6.645
Aanvullende vraag voortkomend uit de maatregelpakketten	700	215	1.115	2.030
Totaal	2.830	4.640	1.205	8.675

In Den Haag kan, uitgaande van het maatregelpakket zonnepanelen⁴, nog 4.400 TJ aan duurzame elektriciteit worden opgewerkt. De resterende elektriciteitsvraag is 4.275 TJ⁵.

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 veroorzaakt dan nog een CO₂-uitstoot van 295 kton CO₂ per jaar. Om volledig CO₂-neutraal te zijn in 2030 is het nodig dat alle elektriciteit die Den Haag op dat moment importeert van CO₂-neutrale bronnen afkomstig is.

Scenario 4b

Wanneer alle maatregelpakketten zijn gerealiseerd in 2030 leidt dit tot een aanvullende elektriciteitsvraag voor Den Haag van 2.855 TJ, en daarmee een totale elektriciteitsvraag van 9.500 TJ (zie Tabel 5).

Tabel 5 - Elektriciteitsvraag in Den Haag bij het uitvoeren van de maatregelpakketten in 2030

	Wonen	Werken	Mobiliteit	Totaal
	TJ	TJ	TJ	TJ
Basisvraag o.b.v. referentiescenario	2.130	4.425	90	6.645
Aanvullende vraag voortkomend uit de maatregelpakketten	1.185	5550	1.115	2.855
Totaal	3.315	4.980	1.205	9.500

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 5.100 TJ⁶.

⁴ Zie de studie backcasting (CE Delft, 2018), voor een uitleg van dit maatregelpakket.

⁵ Discrepancie in de berekeningen wordt veroorzaakt door afrondingen in deze rapportage.

⁶ Discrepancie in de berekeningen wordt veroorzaakt door afrondingen in deze rapportage.

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 veroorzaakt dan nog een CO₂-uitstoot van 355 kton CO₂ per jaar. Om volledig CO₂-neutraal te zijn in 2030 is het nodig dat alle elektriciteit die Den Haag op dat moment importeert van CO₂-neutrale bronnen afkomstig is.

Gevolgen voor 2040

Scenario 3b

Wanneer alle maatregelpakketten zijn gerealiseerd in 2040 leidt dit tot een aanvullende elektriciteitsvraag voor Den Haag van 2.280 TJ. De aanvullende elektriciteitsvraag voor mobiliteit in 2040 is lager dan in 2030 omdat ook in het referentiescenario het aantal elektrische voertuigen toeneemt waardoor het aanvullend effect van de maatregelpakketten lager uitvalt (CE Delft, 2018). De totale elektriciteitsvraag in 2040 is 9.650 TJ (Tabel 6).

Tabel 6 - Elektriciteitsvraag in Den Haag bij het uitvoeren van de maatregelpakketten in 2040

	Wonen	Werken	Mobiliteit	Totaal
	TJ	TJ	TJ	TJ
Basisvraag op basis van referentiescenario	2.390	4.850	130	7.370
Aanvullende vraag voortkomend uit de maatregelpakketten	870	270	1.015	2.155
Totaal	3.260	5.120	1.145	9.525

In Den Haag kan, uitgaande van het maatregelpakket zonnepanelen, nog 4.400 TJ aan duurzame elektriciteit worden opgewerkt. De resterende elektriciteitsvraag is 5.125 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 veroorzaakt dan nog een CO₂-uitstoot van circa 255 kton CO₂ per jaar. Om volledig CO₂-neutraal te zijn is het nodig dat alle elektriciteit die Den Haag in 2040 importeert van hernieuwbare bronnen afkomstig is.

Scenario 4b

Wanneer alle maatregelpakketten zijn gerealiseerd in 2040 leidt dit tot een aanvullende elektriciteitsvraag voor Den Haag van 2.755 TJ. De totale elektriciteitsvraag in 2040 is 10.125 TJ (Tabel 7).

Tabel 7 - Elektriciteitsvraag in Den Haag bij het uitvoeren van de maatregelpakketten in 2040

	Wonen	Werken	Mobiliteit	Totaal
	TJ	TJ	TJ	TJ
Basisvraag op basis van referentiescenario	2.390	4.850	130	7.370
Aanvullende vraag voortkomend uit de maatregelpakketten	1.185	555	1.015	2.755
Totaal	3.575	5.405	1.145	10.125

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 circa 5.725 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 veroorzaakt dan nog een CO₂-uitstoot van circa 286 kton CO₂ per jaar. Om volledig CO₂-neutraal te zijn is het nodig dat alle elektriciteit die Den Haag in 2040 importeert van hernieuwbare bronnen afkomstig is.

Hernieuwbaar gas

Naast elektriciteit is Den Haag in het eindbeeld ook netto-importeur van hernieuwbaar gas. Voorbeelden van hernieuwbaar gas zijn waterstof of ammoniakgas. Hernieuwbaar gas wordt ingezet in wijk-WKK's en voor de piekketels van de warmtenetten. Een belangrijke randvoorwaarde voor het CO₂-neutraal opereren van de wijk-WKK is dat er voldoende hernieuwbaar gas aanwezig is. CE Delft gaat er in haar 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).

Tabel 8 - Benodigde hoeveelheid hernieuwbaar gas in de verschillende scenario's. Indicatief is aangegeven wat de jaarlijkse CO₂-uitstoot zou zijn wanneer het hernieuwbare gas zou moeten worden ingevuld met aardgas

	Hernieuwbaar gas (TJ)	CO ₂ -uitstoot wanneer ingevuld met aardgas (kton/jr)
Scenario 2b	2.150	120
Scenario 3b	1.800	102
Scenario 4b	0	0

Warmte

In Scenario 2b wordt warmte geïmporteerd vanuit Rotterdam via de 'Leiding door het Midden'. Het betreft hier een import van 3.169 TJth/jaar (inclusief warmteverliezen). Het is nog niet geheel duidelijk welke restwarmte-bronnen zullen worden aangesloten op de Leiding door het Midden. Wel is zeker 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/GJth (CE Delft, 2016b). In het Scenario 2b is ervan uitgegaan dat in 2030 het fossiele gedeelte wordt vervangen door hernieuwbare warmte afkomstig uit geothermie. Wanneer dit niet het geval is, dan heeft ook deze warmtelevering CO₂-emissies. Het betreft hier een uitstoot van 26 kton CO₂/jr.

3.2 CO₂-budget Scenario 3b: Variant zonder Leiding door het Midden

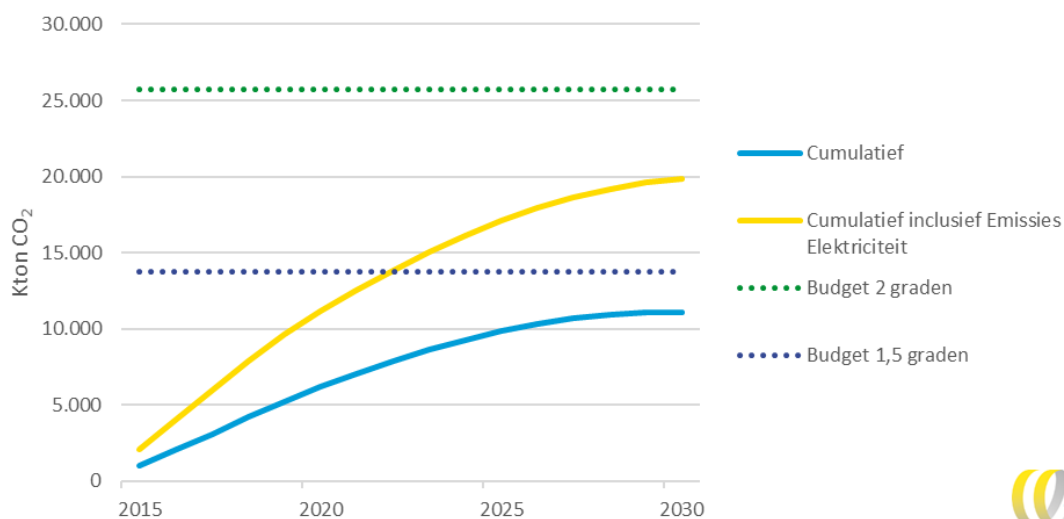
2030

Wanneer de maatregelpakketten volledig zijn ingevoerd in 2030 verandert de cumulatieve CO₂-uitstoot van Den Haag. In Figuur 3 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 importeren⁷. Wanneer dit niet lukt wordt het budget voor 1,5°C in 2022 overschreden. De emissies blijven nog wel binnen het 2°C-budget. Deze uitkomsten komen overeen met de cumulatieve CO₂-emissies in de studie backcasting (CE Delft, 2018).

⁷ Het is echter zeer te betwijfelen of het de gemeente Den Haag gaat lukken om te zorgen dat de gehele stad in 2030 enkel hernieuwbare energie gebruikt. Het is dan ook realistischer om te kijken naar de cumulatieve CO₂-emissie inclusief de emissies van de import van elektriciteit.



Figuur 3 - Cumulatieve CO₂-emissies bij het in 2030 hebben doorgevoerd van de maatregelpakketten bij Scenario 3b



De cumulatieve CO₂-emissies lopen harder op dan in de studie update backcasting. Doordat er geen restwarmte wordt gebruikt, gaan meer woningen over op een individuele lagetemperatuurvoorziening (een warmtepomp). Deze extra vraag naar elektriciteit (met bijbehorende emissies) wordt in dit scenario niet gecompenseerd door de aanvullende lokale elektriciteitsproductie afkomstig van de groei aan wijk-WKK's, die hernieuwbaar gas verbranden en daaruit warmte en CO₂-vrije elektriciteit produceren.

Benodigd tempo

Gebouwde omgeving

Voor het uitvoeren van de maatregelpakketten in 2030 worden er per jaar circa 21.600 woningen en 4.050 woningequivalenten (WEQ) utiliteit van het gas afgehaald en aangesloten op duurzame warmteopties (zie Tabel 9 voor een verdeling van de woningen en utiliteit per pakket). Er is een gelijk tempo verondersteld voor de hele periode, welke reeds in 2018 wordt behaald.

Tabel 9 - Benodigd tempo om het maatregelpakket in 2030 te hebben gerealiseerd

Maatregelpakket	Aantal	Woningen/utiliteit
Geothermie	8.700	Woningen/jaar
	3.100	WEQ utiliteit/jaar
Individuele LT-voorziening	12.900	Woningen/jaar
	950	WEQ utiliteit/jaar
Restwarmte	-	Woningen/jaar
	-	WEQ utiliteit/jaar
LT-warmtenet	-	Woningen/jaar
	400	WEQ utiliteit/jaar
wijk-WKK	-	Woningen/jaar
	-	WEQ utiliteit/jaar

Mobiliteit en Elektriciteit

De conclusies uit de eerdere backcastingstudie blijven ongewijzigd voor dit scenario.

Realisme van het tempo

Het benodigde tempo van 21.600 woningen per jaar, ofwel circa 83 woningen per werkdag⁸ is zeer ambitieus. De ambitie voor heel Nederland is om in 2020 30.000-50.000 bestaande woningen per jaar te verduurzamen (Rijksoverheid, 2017). Hiervan zou dan een helft tot een derde in Den Haag moeten plaatsvinden.

Ook het tempo om zonnepanelen te plaatsen en de mobiliteit te verduurzamen wordt als zeer ambitieus gezien. De conclusies hiervan staan reeds vermeld in het hoofdstuk conclusies van de studie backcasting (CE Delft, 2018)

Behalen CO₂-budget 1,5°C

Wanneer de emissies van elektriciteit niet worden meegerekend, blijft Den Haag met dit pakket aan maatregelen binnen haar CO₂-budget. Wanneer de emissies van elektriciteit wel worden meegerekend overstijgt Den Haag haar budget voor de 1,5°C-doelstelling. Het is in deze analyse niet mogelijk gebleken om door maatregelen sneller uit te voeren binnen het 1,5°C-budget te blijven. Deze conclusie is getrokken door een extreem scenario door te rekenen, waarbij in drie jaar alle maatregelen (inclusief mobiliteit) worden getroffen. Dit tempo is niet realistisch, maar te zien is (Figuur 3) dat door de emissies van de landelijke elektriciteitsmix de cumulatieve CO₂-uitstoot blijft stijgen, en uiteindelijk boven het 1,5°C-budget uitkomt⁹.

2040

Maatregelen gerealiseerd in doeljaar

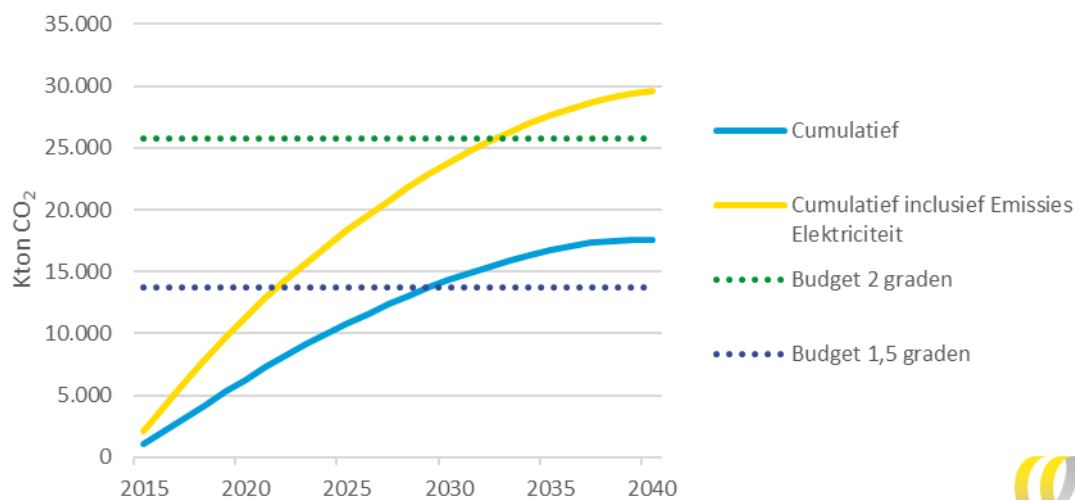
In Figuur 4 zijn de cumulatieve CO₂-emissies weergegeven bij het volledig uitvoeren van de maatregel-pakketten in 2040. Te zien is dat wanneer het de gemeente Den Haag zou lukken om enkel CO₂-vrije elektriciteit te importeren, het budget voor 1,5°C in 2029 wordt overschreden. Wanneer het Den Haag niet lukt om enkel hernieuwbare elektriciteit te importeren wordt in 2022 het budget voor 1,5°C, en in 2033 het budget voor 2°C overschreden. De jaartallen waarin het budget wordt overschreden komen eveneens overeen met de cumulatieve CO₂-emissies in de studie update backcasting.

⁸ In 2017 telde het jaar 260 werkdagen.

⁹ Het CO₂-budget is gebaseerd op de afspraken van het Parijs klimaatakkoord. Het budget geldt vanaf 2017 tot en met 2050.



Figuur 4 - Cumulatieve CO₂-emissies bij het in 2040 hebben doorgevoerd van de maatregelpakketten bij Scenario 3b



Benodigd tempo

Gebouwde omgeving

Voor het uitvoeren van de maatregelpakketten in 2040 worden er per jaar circa 11.800 woningen en 2.500 woningequivalenten (WEQ) utiliteit van het gas afgehaald en aangesloten op duurzame warmte-opties (zie Tabel 10 voor een verdeling van de woningen en utiliteit per pakket). Er is er is een gelijk tempo verondersteld voor de hele periode, welke dus reeds in 2018 wordt behaald.

Tabel 10 - Benodigd tempo om het maatregelpakket in 2040 te hebben gerealiseerd

Maatregelpakket	Aantal	Woningen/utiliteit
Geothermie	4.750	Woningen/jaar
	1.700	WEQ utiliteit/jaar
Individuele LT-voorziening	7.050	Woningen/jaar
	550	WEQ utiliteit/jaar
Restwarmte	-	Woningen/jaar
	-	WEQ utiliteit/jaar
LT-warmtenet	-	Woningen/jaar
	250	WEQ utiliteit/jaar
wijk-WKK	-	Woningen/jaar
	-	WEQ utiliteit/jaar

Mobiliteit en elektriciteit

De conclusies uit de eerdere backcastingstudie blijven ongewijzigd voor dit scenario.

Realisme van het tempo

Het benodigde tempo van circa 11.800 woningen per jaar, ofwel 45 woningen per werkdag blijft zeer ambitieus.

Ook het tempo om zonnepanelen te plaatsen wordt als zeer ambitieus gezien. De verwachting is dat het eindjaar 2040 technisch zeker haalbaar is voor het maatregelenpakket voor mobiliteit. Verdere onderbouwing van het realisme van de maatregelenpakketten is terug te vinden in de rapportage van de studie update backcasting.

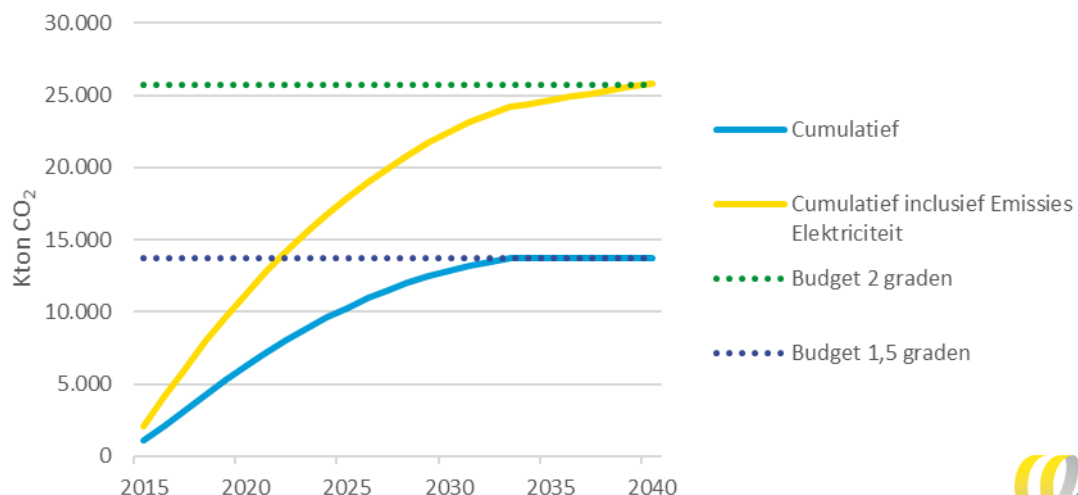
Behalen CO₂-budgetten

Het is bij het doeljaar 2040 niet mogelijk om klimaatneutraal te worden wanneer de emissies van elektriciteit worden meegerekend. Dit is bij het 2030 scenario al omschreven. 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 moeten 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 5). De cumulatieve emissies inclusief de emissies van elektriciteit (gele lijn) blijven na 2030 stijgen door de CO₂-emissies van de elektriciteitsconsumptie.

Figuur 5 - Cumulatieve CO₂-emissies bij het in 2033 hebben doorgevoerd van de maatregelenpakketten bij Scenario 3b



Benodigd tempo

Er resteert in dit scenario nog vijftien jaar om alle maatregelpakketten volledig uit te voeren. Voor het uitvoeren van de maatregelpakketten in 2033 dienen er per jaar circa 17.300 woningen en 3.600 woningequivalenten (WEQ) utiliteit van het gas af te gaan en te worden aangesloten op duurzame warmteopties (zie Tabel 11 voor een verdeling van de woningen en utiliteit per pakket). Ook in de update backcasting is 2033 het eindjaar om binnen het 1,5°C-budget te blijven (CE Delft, 2018). Voor elektriciteit en mobiliteit zijn de benodigde tempo's aangegeven in de eerdere rapportage backcasting (CE Delft, 2018).

Tabel 11 - Benodigd tempo om het maatregelpakket in 2033 te hebben gerealiseerd bij Scenario 3b

Maatregelpakket	Aantal	Woningen/utiliteit
Geothermie	6.950	Woningen/jaar
	2.450	WEQ utiliteit/jaar
Individuele LT-voorziening	10.350	Woningen/jaar
	800	WEQ utiliteit/jaar
Restwarmte ¹⁰	-	Woningen/jaar
	-	WEQ utiliteit/jaar
LT-warmtenet	-	Woningen/jaar
	350	WEQ utiliteit/jaar
Wijk-WKK	-	Woningen/jaar
	-	WEQ utiliteit/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 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.

3.3 CO₂-budget Scenario 4b: Variant met enkel individuele all electric-oplossingen

In dit sub-hoofdstuk kijken we naar de verschillen van de uitkomsten in de backcastingstudie wanneer gerekend wordt met Scenario 4b: een scenario met enkel individuele all electric-oplossingen voor de gebouwde omgeving. De conclusies voor mobiliteit en het plaatsen van zonnepanelen zijn in dit sub-hoofdstuk buiten beschouwing gelaten aangezien de conclusies niet veranderen bij doorrekening van deze variant.

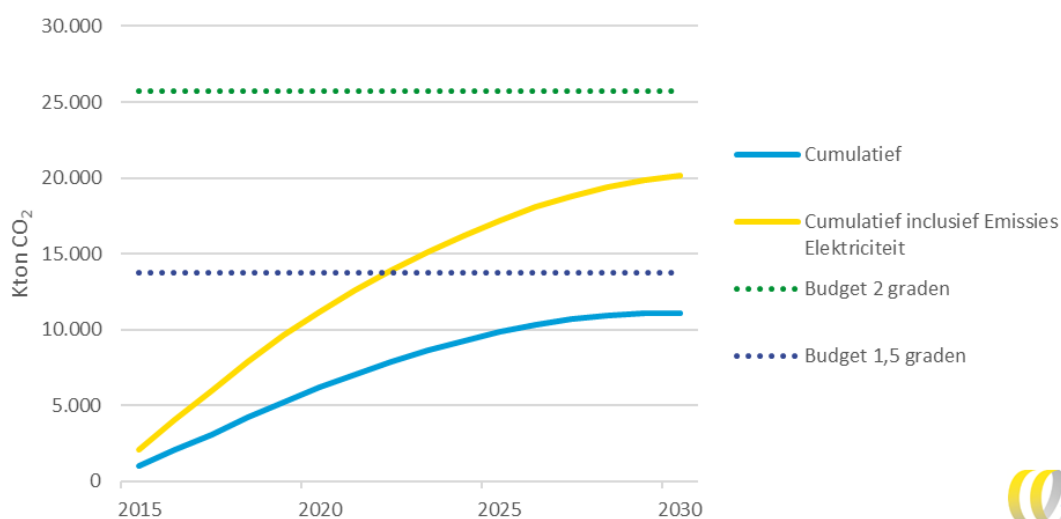
2030

Wanneer de maatregelpakketten volledig zijn ingevoerd in 2030 verandert de cumulatieve CO₂-uitstoot van Den Haag. In Figuur 6 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

¹⁰ Dit tempo voor restwarmte dient vanaf 2021 te worden behaald.

1,5°C in 2021 overschreden. De emissies blijven nog wel binnen het 2°C-budget. Het budget wordt iets sneller overschreden dan in het Scenario 2b. Het is hierbij realistischer om te kijken naar de cumulatieve CO₂-emissie inclusief de emissies van de import van elektriciteit (Figuur 7).

Figuur 6 - Cumulatieve CO₂-emissies bij het in 2030 hebben doorgevoerd van de maatregelpakketten bij Scenario 4b



In Scenario 4b wordt er meer stroom gebruikt in Den Haag. De extra stroom zal vanuit het landelijke net worden onttrokken. De landelijke energiemix is ook in 2030 nog niet CO₂-vrij.

Benodigd tempo

Voor dit pakket is het tempo nodig dat is weergegeven in Tabel 12. Er is in deze studie gerekend met een gelijk tempo voor de hele periode, welke reeds in 2018 wordt behaald. Dit zijn circa 83 woningen en 18 WEQ utiliteit per werkdag¹¹.

Tabel 12 - Benodigd tempo om het maatregelpakket in 2030 te hebben gerealiseerd bij Scenario 4b

Maatregelpakket	Aantal	Woningen/utiliteit
Individuele LT-voorziening	21.650	Woningen/jaar
	4.500	WEQ utiliteit/jaar

Realisme van het tempo

Het benodigde tempo is zeer ambitieus. De ambitie voor heel Nederland is om in 2020 30.000-50.000 bestaande woningen per jaar te verduurzamen (Rijksoverheid, 2017). Hiervan zou dan ongeveer de helft in Den Haag moeten plaatsvinden. Deze woningen moeten niet enkel voorzien worden van eenvoudige isolatie en een andere warmtebron (zoals in de maatregelpakketten voor wijk-WKK, en geothermie), maar worden voorzien van zware schilisolatie (Label A tot NOM-isolatie-niveau) zodat de woningen met laagtemperatuurverwarming verwarmd kunnen worden.

¹¹ In 2017 telde het jaar 260 werkdagen.

Behalen CO₂-budgetten

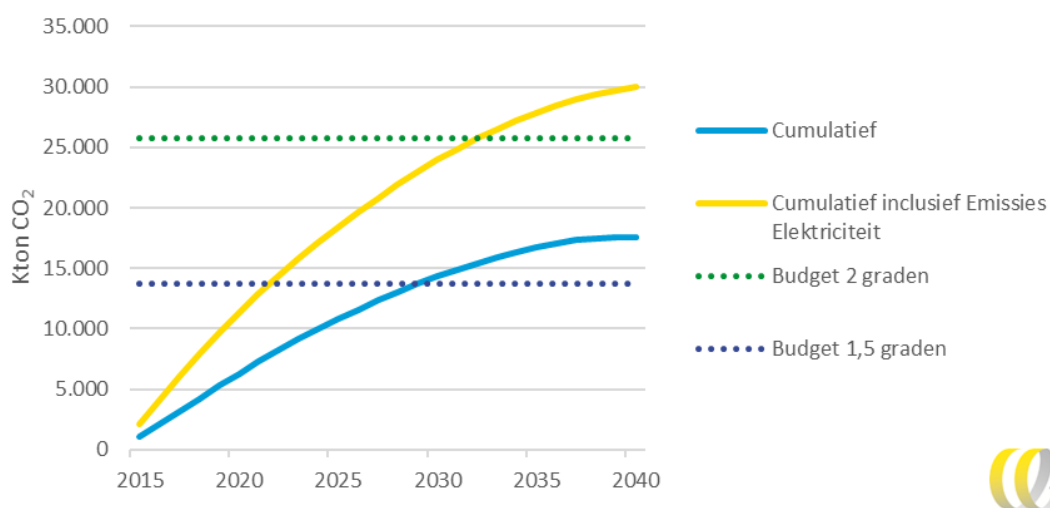
Wanneer de emissies van elektriciteit niet worden meegerekend, blijft Den Haag met dit pakket aan maatregelen binnen haar CO₂-budget. Het is in deze analyse niet mogelijk gebleken om door maatregelen sneller uit te voeren, te compenseren voor deze externe CO₂-uitstoot en daarmee alsnog binnen het budget te blijven.

2040

Maatregelen gerealiseerd in doeljaar

In Figuur 7 zijn de cumulatieve CO₂-emissies weergegeven bij het volledig uitvoeren van de maatregelpakketten in 2040. Te zien is dat wanneer het de gemeente Den Haag zou lukken om enkel CO₂-vrije elektriciteit te importeren, het budget voor 1,5°C in 2033 wordt overschreden. Wanneer het Den Haag niet lukt om enkel hernieuwbare elektriciteit te importeren wordt in 2021 het budget voor 1,5°C, en in 2034 het budget voor 2°C overschreden. Dit is sneller dan in het Scenario 2b.

Figuur 7 - Cumulatieve CO₂-emissies bij het in 2040 hebben doorgevoerd van de maatregelpakketten bij Scenario 4b



Benodigd tempo

Voor dit pakket is het tempo nodig dat is weergegeven in Tabel 13. Dit zijn 44 woningen, en 10 WEQ utiliteit per werkdag.

Tabel 13 - Benodigd tempo om het maatregelpakket in 2040 te hebben gerealiseerd bij Scenario 4b

Maatregelpakket	Aantal	Woningen/utiliteit
Individuele LT-voorziening	11.800	Woningen/jaar
	2.450	WEQ utiliteit/jaar

Realisme van het tempo

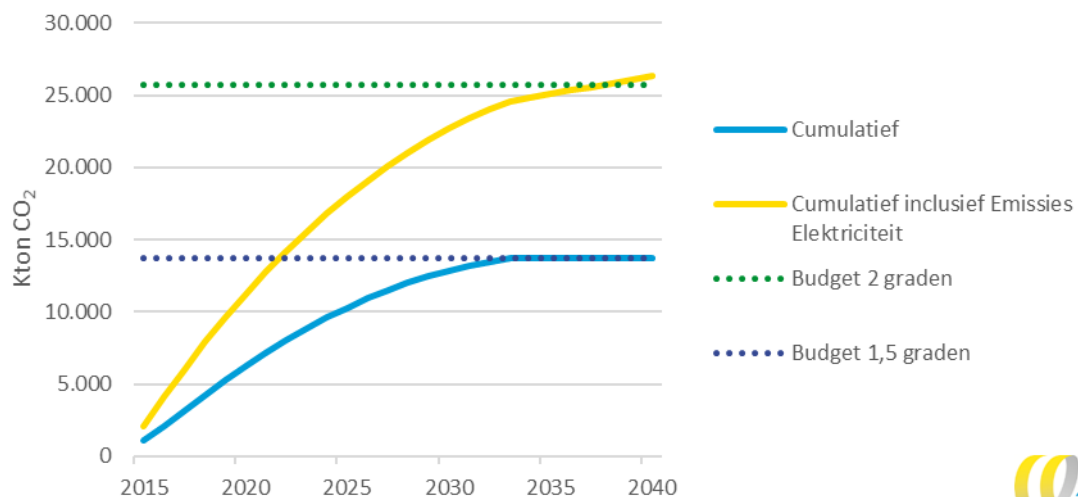
Het benodigde tempo van circa 11.800 woningen per jaar, ofwel 45 woningen per werkdag blijft zeer ambitieus.

Behalen CO₂-budgetten

Het is bij het doeljaar 2040 niet mogelijk om klimaatneutraal te worden wanneer de emissies van elektriciteit worden meegerekend. Wel is het theoretisch mogelijk om de maatregelen sneller uit te voeren en zo binnen het budget te blijven. Je komt dan uit op het scenario klimaatneutraal 2030, dat hiervoor staat omschreven.

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. Wanneer de maatregelen voor 2033 worden uitgevoerd, is het mogelijk om onder het 1,5°C-budget te blijven.

Figuur 8 - Cumulatieve CO₂-emissies bij het in 2033 hebben doorgevoerd van de maatregelpakketten bij Scenario 4b



Benodigd tempo

Voor dit pakket is het tempo nodig dat is weergegeven in Tabel 14. Dit zijn circa 67 woningen en 14 WEQ per werkdag. Ook dit tempo blijft zeer ambitieus.

Tabel 14 - Benodigd tempo om het maatregelpakket in 2033 te hebben gerealiseerd bij Scenario 4b

Maatregelpakket	Aantal	Woningen/utiliteit
Individuele LT-voorziening	17.300	Woningen/jaar
	3.600	WEQ/jaar



4 Conclusies en discussie

In deze aanvulling op de backcastingstudie 2018 zijn twee alternatieve scenario's voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving in de gemeente Den Haag doorgerekend met de Backcasting-methodiek (CE Delft, 2018). Het gaat hierbij om een scenario waarin geen gebruik wordt gemaakt van regionale restwarmte en een scenario waarbij enkel gebruik wordt gemaakt van all electric-oplossingen in de woningen en de utiliteit (warmtepompen). In deze studie zijn geen nieuwe berekeningen gedaan voor de maatregelpakketten voor mobiliteit of hernieuwbare energie. De conclusies uit de hoofdreportage blijven voor deze maatregelpakketten overeind, en zijn terug te vinden in de studie backcasting (CE Delft, 2018). De maatregelpakketten die zijn opgesteld in deze studie zijn geen beleidsvoornemens van de gemeente Den Haag, maar hebben als doel om een ruwe indicatie te geven van de inspanningen die benodigd zijn.

4.1 Scenario's voor de gebouwde omgeving

In Tabel 15 volgt kort een samenvatting van de verschillen tussen de scenario's.

Tabel 15 - Overzicht van de verschillen in de scenario's die zijn doorgerekend in de backcastingstudie 2018 en deze aanvullende studie

	Scenario 2b	Scenario 3b	Scenario 4b
Meegenomen warmtetechnieken	Geothermie Regionale restwarmte Individuele LT-voorziening LT-warmtenet wijk-WKK	Geothermie Individuele LT-voorziening LT-warmtenet wijk-WKK	Individuele LT-voorziening
Energievraag warmtevoorziening wanneer gerealiseerd	10.000 TJ	7.500 TJ	1.900 TJ
Waarvan elektriciteit	600 TJ	900 TJ	1.900 TJ
Opbrengst hernieuwbare elektriciteit door inzet Wijk-WKK	0 TJ	0 TJ	0 TJ
Totale kosten (indicatief)	€ 930 miljoen/jaar	€ 1.000 miljoen/jaar	€ 1.140 miljoen/jaar

Het hanteren van de verschillende scenario's heeft een gering effect op de cumulatieve CO₂-emissies van Den Haag. Het CO₂-budget wordt voor Scenario 2b en Scenario 3b beiden in hetzelfde jaar overschreden. Voor Scenario 4b is dit iets eerder, doordat er een grotere elektriciteitsvraag is. Deze elektriciteit is nog niet direct CO₂-neutraal. Dat de verschillen klein zijn is te verklaren doordat in de berekeningen is uitgegaan van een lineaire aanpak, waarbij alle woningen en utiliteitsgebouwen in het doeljaar zijn aangepakt. Het totaal aantal woningen dat per jaar moet worden aangepakt is daarom in de scenario's redelijk gelijk gebleven. Wel verschillen de aantallen woningen tussen de verschillende maatregelpakketten. Een belangrijke aanname hierbij is dat in scenario 2b wordt uitgegaan dat vanaf 2030 alle restwarmte klimaatneutraal is.

Doordat de scenario's een gering effect hebben op het verbruik van het CO₂-budget blijven de conclusies van de hoofdreportage gelden.

Om het klimaatdoel te halen ligt er een grote uitdaging voor de gemeente Den Haag. Het huidige tempo van gebouwaanpassingen of plaatsing van zonnepanelen is vele malen lager dan de benodigde tempo's die berekend zijn in deze studie. 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 de maatregelen af te dwingen. Ondersteunend beleid vanuit de Rijksoverheid is nodig om het tempo verder te verhogen. Het klimaatakkoord dat in het voorjaar van 2018 wordt ontwikkeld biedt kansen om dit ondersteunend beleid te verkrijgen.

Zelfs wanneer het de gemeente Den Haag lukt om de maatregelpakketten tijdig te hebben uitgevoerd, is het 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.

4.2 Kosten van de maatregelpakketten voor de gebouwde omgeving

In deze aanvullende studie is tevens gekeken naar de kosten van de verschillende scenario's (tevens opgenomen in Tabel 15). De totale kosten lopen op van Scenario 2b tot en met 4b. Dit heeft met name te maken met de hogere kosten voor het aanpassen van de woningen en de utiliteitsgebouwen in Den Haag. De kosten voor de aanpassing van woningen en utiliteitsgebouwen lopen uiteen van 330 miljoen euro in Scenario 2b tot 790 miljoen euro per jaar in Scenario 4b. De reden dat dit verschil zo groot is, is dat in Scenario 4b alle woningen zwaar worden geïsoleerd, en worden voorzien van een laagtemperatuur-warmteafgiftesysteem (LT-radiatoren of vloerverwarming). In de andere scenario's zijn er ook mogelijkheden aanwezig om woningen op een hoge temperatuur te verwarmen (middels restwarmte, geothermie of een wijk-WKK), waardoor de woningen in mindere mate geïsoleerd hoeven te worden. De extra kosten die nodig zijn voor aanleg van de infrastructuur voor warmtenetten zijn lager dan de totale kosten voor aanpassing van de woningen en utiliteitsgebouwen.

4.3 Discussie

In de hoofdrapportage stonden reeds een aantal lessen en aandachtspunten vermeld die ook na deze analyse nog steeds gelden. Hiernaast geeft CE Delft nog graag het volgende mee.

Verskil in aanpak en rol van de overheid bij de maatregelpakketten

Er zijn in de verschillende scenario's zowel collectieve maatregelpakketten (geothermie, restwarmte, wijk-WKK) als individuele opties (warmtepomp) doorgerekend. Collectieve en individuele oplossingen vragen om een andere rol van de overheid. Deze rol staat hieronder omschreven.

Collectieve opties

De realisatie van collectieve opties, zoals een warmtenet, vraagt om centrale regie. Naast deze regierol kan de gemeente op verschillende wijze bijdragen aan de realisatie van een aantrekkelijke businesscase voor dit net. Dit kan door partijen met elkaar te verbinden, als onafhankelijke partij voor het maatschappelijk belang te waken bij de businesscase, door het financieel risico voor marktpartijen te verkleinen door garanties te bieden, of door zelf te investeren. Aangezien met de huidige wet- en regelgeving bewoners vrijwillig zullen moeten overstappen naar een warmtenet dient er aandacht te zijn voor de tarieven voor bewoners. Pas wanneer dit aanbod bekend is wordt geadviseerd om uitgebreide communicatie op te starten. Doordat je bij collectieve opties meer sturing hebt als

gemeente, kun je meer invloed uitoefenen op het tempo van verduurzaming dan bij individuele opties.

Individuele opties

De gemeente kan bij individuele oplossingen met name stimuleren en faciliteren (schrappen van eventuele hinderlijke regelgeving en zorgen voor informatievoorziening of financiering). De keuze om te investeren in energiebesparing (isolatie) of een individuele warmtetechniek, zoals een warmtepomp, is namelijk niet aan de gemeente, maar aan de individuele woningeigenaar. De gemeente kan hierop dan ook slechts beperkt sturen. Communicatie is bij deze optie een belangrijk middel dat langdurig ingezet zal moeten worden; mensen gaan pas over op een andere warmtebron wanneer het hén uitkomt. Ook dient te worden nagedacht over slimme financiële constructies om woning-eigenaren te helpen bij het dragen van de hoge isolatiekosten die nodig zijn om over te kunnen stappen naar lagetemperatuurverwarming.

Meerkosten voor bewoners

Welke eindoplossing er ook gekozen wordt, het wordt nog een hele opgave om de inwoners van Den Haag te laten overstappen op een andere warmtevoorziening. De Nederlandse burger is tevreden over het huidige systeem met verwarmen op aardgas. Hiernaast is het klimaatneutraal verwarmen gemiddeld € 1.000 per jaar per woning duurder dan verwarmen met aardgas (CE Delft, 2018). De huidige prijs voor aardgas is laag, te laag om te leiden tot een prijsprikkel om over te stappen op duurzamere alternatieven. Recentelijk besloot het kabinet Rutte-III dat het winnen van Gronings aardgas naar 0 wordt afgebouwd tot aan 2030 (Rijksoverheid, 2018). Hierdoor zal Nederland binnen vier tot zes jaar afhankelijk worden van de import van aardgas (TNO, 2017). Naar verwachting zullen de kosten voor aardgas hierdoor gaan stijgen. Dit leidt ertoe dat de alternatieven aantrekkelijker zullen worden voor bewoners.

5 Bibliografie

CE Delft, 2016a. *Een klimaatneutrale warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving - update 2016*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2016b. *Ketenemissies warmtelevering*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2017a. *Backcasting rapportage fase 1: Aanpassing backcasting aan klimaatakkoord*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2017b. *Scenario's voor de warmtetransitie in Den Haag*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2018. *Backcasting Den Haag*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2018. *Incentives voor de warmtetransitie*, Delft: CE Delft.

Den Haag, 2017a. *RIS297800 - Hernieuwde vraagstelling backcastingstudie 2017*, Den Haag: Gemeente Den Haag.

Den Haag, 2017b. *Woonvisie Den Haag*, Den Haag: Gemeente Den Haag.

ECN, PBL, CBS, RVO, 2016. *Nationale Energieverkenning 2016*, Petten: ECN.

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

Rijksoverheid, 2018. *Gaswinning Groningen*, Den Haag: Rijksoverheid.

TNO, 2017. *Van exporteur naar importeur - de verander(en)de rol van aardgas in Nederland*, Den Haag: TNO.

A Uitleg scenario's

Voor de gemeente Den Haag zijn zeven scenario's opgesteld van hoe de gemeente invulling kan geven aan een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2040. Vijf van deze scenario's zijn opgesteld tijdens het project 'Scenario's voor de warmtetransitie in Den Haag' dat CE Delft begin 2017 voor de gemeente heeft uitgevoerd. Voor dit onderzoek zijn hier nog twee scenario's aan toegevoegd. In deze bijlage worden de scenario's omschreven en worden de belangrijkste voordelen en nadelen van elk scenario in kaart gebracht. Voor de randvoorwaarden die ten grondslag liggen aan deze scenario's wordt verwezen naar het rapport 'Scenario's voor de warmtetransitie in Den Haag', (CE Delft, 2017b).

De warmtetechnieken die zijn meegenomen in de scenario's zijn:

- Collectieve opties:
 - restwarmte uit Rotterdam;
 - geothermie uit Haagse bron(nen);
 - wijk-WKK;
 - WKO.
- Individuele opties:
 - HR-ketel (groengas);
 - Hybride warmtepomp (buitenlucht en ventilatie);
 - elektrische warmtepomp (buitenlucht en bodemwarmtewisselaar).

In de verschillende berekeningen van de zeven scenario's zijn verschillende combinaties van technieken doorgerekend (zie Tabel 16). De resultaten van de berekeningen zijn terug te vinden in het rapport 'Scenario's voor de warmtetransitie in Den Haag'. Hieronder worden de verschillende scenario's kort omschreven.

Tabel 16 - Meegenomen technieken per scenario

Scenario	Restwarmte leiding over West	Warmte Leiding door het Midden	Geothermie, wijk-WKK, WKO	Groengas	Individuele opties
1	✓	✓	✓	✓	✓
2	✗	✓	✓	✓	✓
2b	✗	✓	✓	✗	✓
3	✗	✗	✓	✓	✓
3b	✗	✗	✓	✗	✓
4	✗	✗	✗	✓	✓
4b	✗	✗	✗	✗	✓

A.1 Scenario 1: Lokale warmte met regionale warmte Leiding over West en Leiding door het Midden

In dit scenario wordt uitgegaan van complete benutting van de Rotterdamse restwarmte. Hiervoor zal een warmerotonde moeten worden aangelegd die water van een hoge temperatuur vervoert naar Den Haag. In Den Haag wordt voor de buurten waarvoor het financieel gunstig is deze warmte te gebruiken, een vertakt net gelegd dat leidt naar de woningen. In dit scenario kan ook gebruik gemaakt worden van het geothermiepotentieel in Den Haag. Ook hiervoor is de aanleg van een warmtenet nodig.

Tabel 17 - Voordelen en nadelen Scenario 1

Voordelen	Nadelen
Op korte termijn* aan de slag.	Er moet op korte termijn worden geïnvesteerd.
Warmtenet dat wordt aangelegd om warmte te transporteren kan op termijn worden gebruikt voor lokale duurzame warmte.	Er moet veel georganiseerd worden om op korte termijn veel huishoudens en bedrijven aan te sluiten.
Doel om klimaatneutraal te zijn in 2040 komt dichterbij.	In het begin is de restwarmte nog niet compleet klimaatneutraal. De restwarmtebronnen moeten vóór 2040 verduurzamen of worden vervangen door klimaatneutrale bronnen.

* Met korte termijn wordt bedoeld binnen twee jaar.

A.2 Scenario 2: Lokale warmte met regionale warmte van enkel de Leiding door het Midden

Dit scenario lijkt erg op Scenario 1, behalve dat er een stuk minder regionale restwarmte wordt gebruikt. In dit scenario wordt ook volledig gebruik gemaakt van lokale geothermie.

Tabel 18 - Voordelen en nadelen Scenario 2

Voordelen	Nadelen
Op korte termijn aan de slag, maar minder hard dan in Scenario 1.	Er moet op korte termijn worden geïnvesteerd, maar minder dan in Scenario 1.
Warmtenet dat wordt aangelegd om warmte te transporteren kan op termijn worden gebruikt voor lokale duurzame warmte.	Er moet veel georganiseerd worden om op korte termijn huishoudens en bedrijven aan te sluiten op een warmtenet.
Doel om klimaatneutraal te zijn in 2040 komt wat dichterbij.	In het geval de restwarmte niet klimaatneutraal is, moeten vóór 2040 duurzame warmtebronnen de huidige restwarmtebronnen vervangen.
	Er moet nog veel lokaal gebeuren om het klimaatdoel te bereiken.

A.3 Scenario 2b: Lokale warmte met regionale warmte van enkel de Leiding door het Midden en zonder groengas

Het is onzeker of het geschatte potentieel aan groengas daadwerkelijk beschikbaar is in 2040. Door uit te gaan van een beschikbare hoeveelheid groengas, wat het aardgas een op een zal vervangen, is er een aantal buurten waar installatietechnisch niks nodig lijkt voor de energietransitie. Dit scenario is een variant van Scenario 2, waarbij er geen groengas beschikbaar is. Dit is een interessant scenario om te bekijken om te zien wat er zou gebeuren indien de beschikbaarheid van groengas tegen blijkt te vallen.

Tabel 19 - Voordelen en nadelen Scenario 2b

Voordelen	Nadelen
Op korte termijn aan de slag.	Er moet op korte termijn worden geïnvesteerd.
Warmtenet dat wordt aangelegd om warmte te transporteren kan op termijn worden gebruikt voor lokale duurzame warmte.	Er moet veel georganiseerd worden om op korte termijn huishoudens en bedrijven aan te sluiten op een warmtenet.
Doel om klimaatneutraal te zijn in 2040 komt wat dichterbij.	In het geval de restwarmte niet klimaatneutraal is, moeten vóór 2040 duurzame warmtebronnen de huidige restwarmtebronnen vervangen.
Niet afhankelijk van groengas.	Er moet nog veel lokaal gebeuren om het klimaatdoel te bereiken.

A.4 Scenario 3: Enkel lokale warmte

In dit scenario wordt volop ingezet op lokale geothermie. Het huidige restwarmtenet zal hiermee gevoed moeten worden, omdat er weinig industrie in Den Haag zelf is om het net te voeden. Er wordt ervan uitgegaan dat ook de huidige Uniper gascentrale in 2040 geen warmte meer zal leveren voor het warmtenet. Naast geothermie kan er gebruik worden gemaakt van andere lokale oplossingen, zoals WKO en wijk-WKK, maar de potentie hiervan zal nog nader moeten worden onderzocht.

Tabel 20 - Voordelen en nadelen Scenario 2

Voordelen	Nadelen
Niet afhankelijk van andere gemeenten.	Doel om klimaatneutraal te zijn in 2040 lijkt nog ver weg.
Meer buurten met individuele opties, waarbij meer vrijheid is voor moment van overschakelen.	Beperkte beschikbare warmte voor warmtenet.
	Veel organisatorisch vermogen vanuit gemeente nodig om geothermieprojecten en aanleg warmtenet te realiseren.

A.5 Scenario 3b

Dit scenario is later toegevoegd aan de scenario's. Het scenario is gelijk aan Scenario 3, alleen wordt er geen groengas gebruikt.

Tabel 21 - Voordelen en nadelen Scenario 3b

Voordelen	Nadelen
Niet afhankelijk van andere gemeenten.	Doel om klimaatneutraal te zijn in 2040 lijkt nog ver weg.
Meer buurten met individuele opties, waarbij meer vrijheid is voor moment van overschakelen.	Beperkte beschikbare warmte voor warmtenet.
Niet afhankelijk van groengas.	Veel organisatorisch vermogen vanuit gemeente nodig om geothermieprojecten en aanleg warmtenet te realiseren.

A.6 Scenario 4: Enkel individuele opties

Er wordt hierbij gekeken naar een scenario met enkel individuele opties. Er wordt geen restwarmte gebruikt uit Rotterdam, maar ook geen warmte van andere bronnen in de stad gehaald. Warmtenetten worden in dit scenario uitgesloten. Het gaat hierbij om de opties met elektrische warmtepompen en hybride warmtepompen.

Tabel 22 - Voordelen en nadelen Scenario 4

Voordelen	Nadelen
Niet afhankelijk van andere gemeenten.	Doel om klimaatneutraal te zijn in 2040 lijkt nog ver weg.
Meer individuele vrijheid in moment overschakelen op duurzame techniek.	Minder controle vanuit de overheid als iedereen zelf zijn moment kiest om over te schakelen.
Geen nieuwe infrastructuur aanleggen, hooguit verdikken kabels huidige infrastructuur (in geval van all electric).	Veel isolatiemaatregelen nodig.

A.7 Scenario 4b

Dit scenario is later toegevoegd aan de scenario's. Het scenario is gelijk aan Scenario 3, alleen wordt er geen groengas gebruikt.

Tabel 23 - Voordelen en nadelen Scenario 4b

Voordelen	Nadelen
Niet afhankelijk van andere gemeenten.	Doel om klimaatneutraal te zijn in 2040 lijkt nog ver weg.
Meer individuele vrijheid in moment overschakelen op duurzame techniek.	Minder controle vanuit de overheid als iedereen zelf zijn moment kiest om over te schakelen.
Geen nieuwe infrastructuur aanleggen, hooguit verdikken kabels huidige infrastructuur (in geval van all electric).	Veel isolatiemaatregelen nodig.
Niet afhankelijk van groengas.	

B Financiële vergelijking

In deze bijlage is een overzicht opgenomen van de financiële verschillen tussen de drie scenario's in deze studie. De berekeningen zijn gedaan met de algemene modelinstellingen en inputgegevens van het CEGOIA-model. De resultaten geven daarom slechts een indicatie voor Den Haag.

Kosten

CE Delft kijkt naar de kosten die alle partijen in de maatschappij moeten maken voor het aanbrengen en in stand houden van de energie-infrastructuur, de warmtetechnieken in de woning, de benodigde (isolerende) maatregelen in de woningen en de kosten voor energieopwekking en energiebelastingen. Hierbij is niet gekeken naar de wijze waarop kosten onderling tussen partijen worden doorbelast (in energietarieven, aansluittarieven, tarieven in offertes et cetera). Ook zijn de benodigde proceskosten buiten beschouwing gelaten.

CE Delft kijkt naar deze kosten omdat dit een beeld geeft van de totale investerings- en onderhoudskosten van de warmte-transitie, en hiermee verschillende scenario's goed kunnen worden vergeleken op hun financiële impact voor de gehele maatschappij. De wijze waarop kosten onderling zullen worden doorbelast is momenteel nog ongewis. Om deze reden wordt dit in deze studie niet verder in beeld gebracht.

B.1 Resultaten

In Tabel 24 staat een overzicht van de jaarlijkse kosten die de gemeente Den Haag kwijt is bij elk scenario. Hierbij zijn enkel de technische kosten meegenomen, inclusief BTW. Kosten ten behoeve van het proces naar het eindbeeld toe¹² zijn buiten beschouwing gelaten. De kosten zijn ingedeeld in drie categorieën:

- Distributie: Verdisconteerde (her)investeringen en onderhoudskosten van het regionale elektriciteitsnet al dan niet in combinatie met een regionaal gas- of warmtenet of netverzwaring. Daar waar geen gasnet meer wordt gebruikt zijn ook amoveringskosten voor het gasnet en de gasaansluiting gerekend. Er is geen rekening gehouden met vervroegd afschrijven en een grotere overhead voor netbeheerders bij het afnemen van het aantal (gas)aansluitingen.
- Productie: Jaarlijkse energiekosten voor zowel de warmtevraag als elektriciteitsverbruik voor apparaten en verlichting. Bij de berekening van de kosten van groengas en groene stroom zijn kosten voor de klimaatneutrale opwek meegenomen. Naast BTW wordt ook ODE meegenomen en de eenmalige jaarlijkse teruggaaf van energiebelasting per elektriciteitsaansluiting.
- Woning: Deze kostenpost bestaat uit kosten voor isolatie en installaties:
 - Isolatie: Verdisconteerde investeringen in isolatiemaatregelen per labelstap en (her)investeringen in afgiftesysteem. Hierbij wordt rekening gehouden met het huidige isolatieniveau van de woningen, het bouwjaar van de woningen en praktijkbesparingspercentages.
 - Installaties: Verdisconteerde (her)investeringen in de verwarmingsinstallatie en eventueel warm tapwaterinstallatie, ventilatiesysteem en koelinstallatie, plus de jaarlijkse onderhoudskosten voor deze installaties.

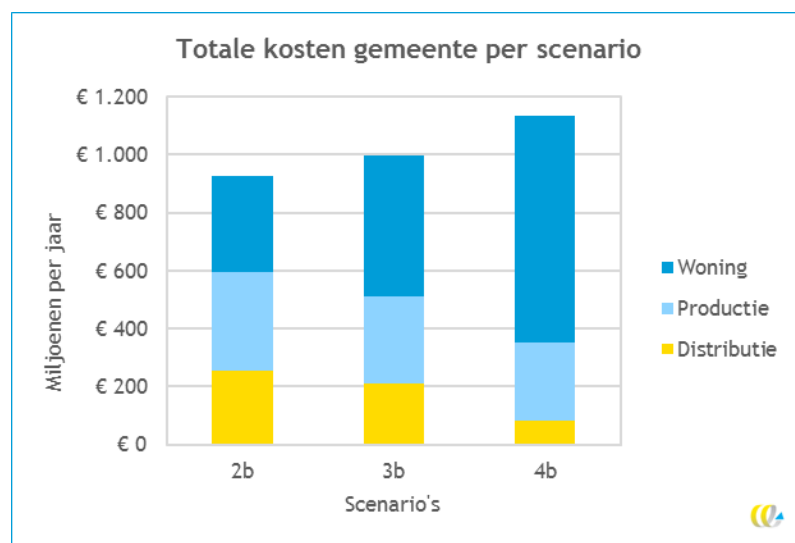
¹² Denk aan kosten voor het opzetten van projecten, projectmanagement, et cetera.

Tabel 24 - Jaarlijkse kosten voor de woningen en utiliteitsgebouwen in Den Haag in 2040, per scenario

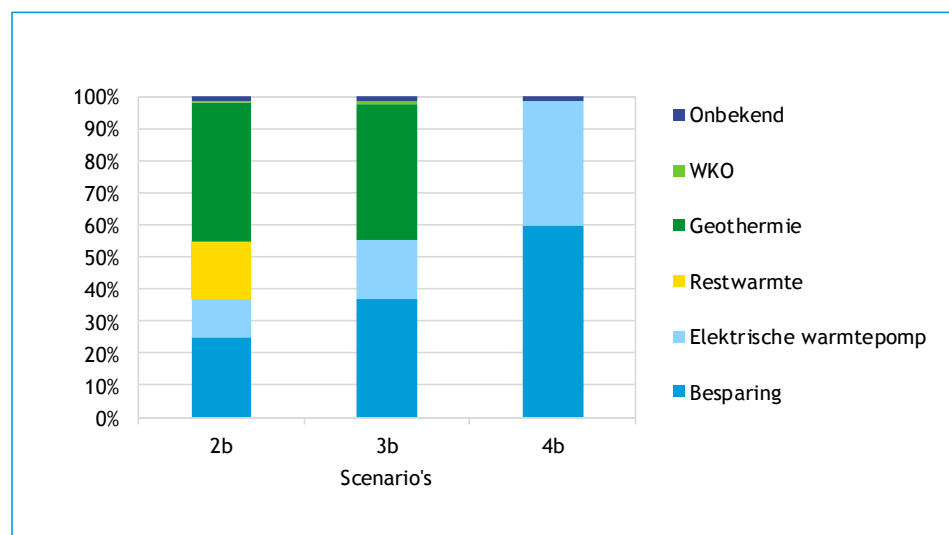
Scenario	Totaal ¹³ (mln. €/jaar)	Distributie (mln. €/jaar)	Productie (mln. €/jaar)	Woning* (mln. €/jaar)
2b	930	250	340	330
3b	1.000	210	300	490
4b	1.140	80	270	790

* Hieronder vallen kosten voor isolatiemaatregelen en installaties.

Figuur 9 - Jaarlijkse kosten duurzame warmtevoorziening Den Haag in 2040, per scenario

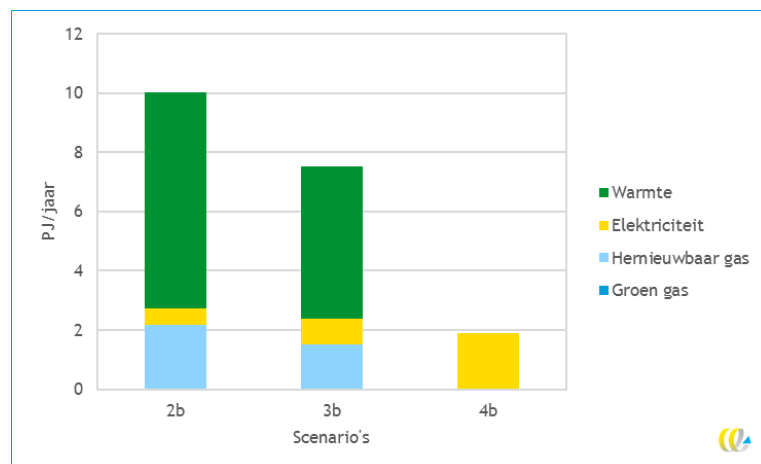


Figuur 10 - Invulling huidige warmtevraag in energieneutraal eindbeeld Den Haag, per scenario



¹³ CE Delft schat de kosten van de totale huidige warmtevoorziening in 2040 op circa € 740 miljoen per jaar.

Figuur 11 - Energieverbruik duurzame warmtevoorziening gebouwde omgeving Den Haag, per scenario



Tabel 25 - Totale kosten van de warmtetransitie per woning, en een inschatting van de investering per woning bij de verschillende scenario's

Scenario	Totaal (€/woning /jaar) (Afgerond op € 100)	Investing in woning (€/woning) (Afgerond op € 5.000)
2b	2.400	15.000
3b	2.600	20.000
4b	2.800	30.000

Toelichting bij Tabel 25: In de kolom 'totaal' zijn alle kosten (distributiekosten, productiekosten en kosten voor de woning) in de warmtetransitie omgeslagen naar gemiddelde kosten per woning. De gemiddelde investering per woning, maakt onderdeel uit van dit totaalbedrag, maar wordt hier los weergegeven. Deze bedragen zijn de eenmalige kosten die woningeigenaren zullen moeten betalen voor de warmtetransitie.

Het betreffen gemiddelde kosten, die per woningeigenaar nog zullen verschillen afhankelijk van woningtype en eindoplossing.

B.2 Kostenverschillen warmtetechnieken

De kostenverschillen in de scenario's zijn het gevolg van de verschillende warmtetechnieken die worden ingezet. Elke techniek brengt andere kosten met zich mee. In Tabel 26 is een overzicht gegeven van een indicatie van de hoogte van de kosten per onderdeel. Onder de tabel staat uitgewerkt waar de kosten uit bestaan.

Tabel 26 - Indicatie hoogte gemiddelde kosten per woning per onderdeel

Techniek	Woning (isolatie en installatie)	Distributie	Productie
HR-ketel (groengas)	€	€	€€€
Hybride warmtepomp	€€	€	€€€
Elektrische warmtepomp	€€€	€€	€€
Restwarmte Rotterdam	€	€€€	€
Geothermie	€€	€€	€€
Wijk-WKK	€€	€€	€€
WKO	€€€	€€	€

Legenda	
€€€	Hogere kosten
€€	
€	Lagere kosten

- HR-ketel (groengas)

De HR-ketel op groengas is ten opzichte van de andere duurzame warmteopties redelijk goedkoop. Het is niet noodzakelijk om te investeren in de woning, omdat het groengas het aardgas een op een kan vervangen. Groengas is wel duurder dan aardgas, waardoor de warmtekosten hoger uitvallen bij eenzelfde verbruik. Het is hierdoor toch wenselijk om wat isolatie aan te brengen. Er zijn geen extra kosten voor het distributienet.
- Hybride warmtepomp

De hybride warmtepomp gebruikt zowel groengas als elektriciteit om een gebouw te verwarmen. Voor deze warmteoptie zijn de kosten van de installaties duurder, omdat er ook een warmtepomp nodig is. Daarnaast is isoleren nog wat rendabeler, omdat bij een betere isolatie, een groter deel van de warmte kan worden ingevuld met de warmtepomp, die een hoger rendement heeft dan de HR-ketel. De warmtekosten iets lager zijn dan bij een HR-ketel op groengas. Er zijn geen extra kosten voor het distributienet. Voor de hybride warmtepomp is het niet nodig het elektriciteitsnet te verzwaren.
- Elektrische warmtepomp

Voor deze optie zijn de investeringskosten in een woning hoog. De warmtepomp is duurder dan de HR-ketel en er moet flink worden geïsoleerd om de woning voldoende warm te krijgen. De elektrische warmtepomp kan namelijk het best worden uitgevoerd in combinatie met lage-temperatuurverwarming. Bij matige tot slechte isolatie wordt een woning bij koud weer niet voldoende warm wanneer door de radiatoren water stroomt van een lage temperatuur. Voor deze optie zijn er in veel gevallen ook extra kosten aan het distributienet, omdat het elektriciteitsnet in bestaande buurten niet is gedimensioneerd op het vermogen dat nodig is als de warmtepompen in een buurt allemaal tegelijk draaien. De warmtekosten voor een bewoner zijn wel lager dan bij een HR-ketel op groengas.
- Restwarmte Rotterdam

De investeringskosten in een woning zijn laag bij het overgaan op hogetemperatuurrestwarmte uit Rotterdam. De woning moet gekoppeld worden aan het warmtenet, maar de leidingen en radiatoren hoeven niet te worden vervangen. Daarnaast is de warmte van hoge temperatuur, waardoor extra isolatie niet noodzakelijk is. De kosten aan het distributienet zijn wel hoger dan bij de groengasoptie. Er moet een warmtenet worden aangelegd en het huidige gasnet moet worden verwijderd. De kosten van de warmte zelf zijn daarentegen relatief laag.

- Geothermie
Voor geothermie geldt ongeveer hetzelfde als voor restwarmte. Ook deze is van hoge temperatuur, waardoor er weinig aanpassingen nodig zijn in de woning. De geothermie-installatie zelf is wel duur, waardoor de totale kosten hoger liggen dan bij restwarmte uit Rotterdam. Deze kosten vallen modelmatig onder de kostenpost 'woning'. Het distributienet brengt ook veel kosten met zich mee, maar minder dan bij restwarmte uit Rotterdam, omdat de geothermiebronnen in de gemeente zelf komen te liggen. De warmtekosten zijn bij geothermie erg laag, omdat de warmte met weinig energie kan worden opgepompt en naar de woning gevoerd.
- Wijk-WKK
In een warmtekrachtkoppeling (WKK) wordt elektriciteit en warmte opgewekt met (hernieuwbaar) gas. De warmte kan met behulp van een warmtenet worden vervoerd naar de woningen en utiliteitsgebouwen in de wijk. De elektriciteit kan in het net worden gevoed. Voor een wijk-WKK moet, net als bij restwarmte en geothermie, een warmtenet worden aangelegd. De distributiekosten zijn hierdoor hoger dan bij een HR-ketel op groengas. In de woning zelf hoeft ook bij deze optie weinig te gebeuren. De warmtekosten zijn wel hoger dan bij restwarmte en geothermie, omdat biogas nodig is voor het opwekken van de warmte en elektriciteit. Het bouwen van de centrale zelf brengt ook kosten met zich mee, maar minder dan bij geothermie.
- WKO
Bij WarmteKoudeOpslag (WKO) zijn de kosten voor bestaande woningen hoog, omdat het hierbij gaat om lagetemperatuurwarmte. Er moet een lagetemperatuurafgiftesysteem komen en de woningen of utiliteitsgebouwen moeten zeer goed geïsoleerd zijn. Nog meer dan bij een elektrische warmtepomp, omdat de vraag naar warmte en koude in balans moet zijn. Om deze reden is WKO meer geschikt voor utiliteitsgebouwen, die over het algemeen een hogere koudevraag hebben dan woningen. De WKO-installatie zelf brengt ook kosten met zich mee, die modelmatig ook onder de kostenpost 'woning' vallen. De kosten voor distributie zijn hoger dan bij de HR-ketel op groengas, omdat er een (lokaal) warmtenet moet worden aangelegd. De kosten van de warmte- en koudelevering zelf zijn erg laag. Er is weinig energie nodig om de warmte en koude te verplaatsen van de opslag naar het gebouw en andersom.