



Scenario's voor de warmtetransitie in Den Haag



CE Delft

Committed to the Environment

Scenario's voor de warmtetransitie in Den Haag

Deze notitie is opgesteld door:

Nanda Naber

Benno Schepers

Delft, CE Delft, februari 2017

Publicatienummer: 17.3L11.36

Energievoorziening / Gemeenten / Duurzame energie / Warmte / Scenario's

Opdrachtgever: Gemeente Den Haag

Alle openbare studies zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij Nanda Naber.

© 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 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



1 Inleiding

Nederland gaat van het aardgas af. Dit is voor de meeste mensen moeilijk voor te stellen, omdat bijna iedereen zijn hele leven al afhankelijk is van aardgas; het verwarmt je woning, warmt het water op dat je gebruikt om te douchen en is nodig om op te koken. Toch zal over ruim dertig jaar niemand in Nederland meer zijn aangesloten op het gas, tenzij het groen gas is.

In Den Haag vindt deze transitie nog eerder plaats omdat de gemeente zich tot doel heeft gesteld een klimaatneutrale gemeente te zijn in 2040. De vraag is wat er tot 2040 moet gebeuren om dit doel te bereiken.

In de afgelopen jaren heeft de gemeente Den Haag al diverse onderzoeken laten uitvoeren naar haar mogelijkheden ten aanzien van een klimaatneutrale warmtevoorziening. Hiervoor is een backcastingstudie opgeleverd en er zijn meerdere haalbaarheidsstudies uitgevoerd naar concrete (grootschalige) projecten. Daarnaast zijn door politiek en ambtelijk Den Haag wensen en vergezichten geformuleerd over hoe de doelstellingen ingevuld zouden kunnen worden.

Uit al deze activiteiten is veel kennis opgedaan over wat er allemaal wel en niet mogelijk is voor de stad op lange termijn. Maar wat nog mist is het inzicht in welke keuzes er nu daadwerkelijk morgen gemaakt kunnen en moeten worden om de beoogde einddoelen te halen. In dit document worden de opties om tot een duurzame warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving te komen in 2040 op een rij gezet. Er worden vijf scenario's geschetst waar Den Haag op kan gaan inzetten. Per scenario wordt in kaart gebracht wat de financiële en planmatige gevolgen zullen zijn.

2 Haagse opgave

De huidige warmtevraag van de gemeente Den Haag van woningen en utiliteit samen is 14,0 PJ (CBS, 2012). Daarnaast is er nog een warmtevraag voor industrie, die niet geheel bekend is. Deze wordt binnen dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. De warmtevraag van woningen en utiliteit kan worden verlaagd met behulp van besparende maatregelen en gedragsaanpassingen. De resterende warmtevraag zal moeten worden ingevuld met duurzame bronnen.

Tabel 1 Huidige gegevens Den Haag

Inwoners	Woningen		Utiliteit		Totaal	
Aantal	Aantal	Warmte-vraag	Oppervlak	Warmtevraag	WEQ	Warmte-vraag
502.000	249.000	9,3 PJ	8.780.000 m ²	4,7 PJ	308.000	14,0 PJ

Bron: BAG en CBS, 2012.

De belangrijkste uitgangspunten voor de Haagse opgave zijn:

- 100% klimaatneutraal energiesysteem in 2040;
- gebruikte elektriciteit komt in 2040 voor 100% uit groene bronnen;
- gebruikt gas is in 2040 100% groen gas (geen aardgas);
- woningen en utiliteit reeds aangesloten op een warmtenet, blijven aangesloten op dat warmtenet.



3 Besparende maatregelen

Het invullen van de warmtevraag op een klimaatneutrale manier kan door duurzame bronnen in te zetten, maar vaak wordt eerst gekeken naar de besparingsmogelijkheden door schilisolatie toe te passen. Voor een aantal technieken dat (op termijn) gebruikmaakt van duurzame bronnen, is het zelfs noodzakelijk dat er eerst schilisolatie toegepast wordt. Dit geldt bijvoorbeeld voor geheel elektrische warmtepompen en WKO-systemen. De reden hiervoor is dat deze technieken een te lage capaciteit hebben om de warmtevraag in te vullen wanneer deze erg hoog is, of te duur worden om slecht geïsoleerde bebouwing voldoende warm te krijgen en te houden in koude periodes. Voor de technieken die alleen elektriciteit nodig hebben, geldt dat bij slecht geïsoleerde gebouwen de piekvraag in elektriciteit zo hoog wordt, dat het net een grote verzwaring nodig heeft, wat hoge kosten met zich meebrengt. Daarnaast is een grotere installatie nodig om aan de piekvraag te kunnen voldoen.

Voor overige duurzame warmtetechnieken is het ook gunstig als de warmtevraag wordt teruggedrongen door middel van isolatie, hoewel dit niet noodzakelijk is. Schilverbeteringen kunnen vooraf worden gedaan, maar ook nadat de nieuwe warmtetechniek in gebruik is genomen.

In 2016 is uit onderzoek gebleken dat bij woningen met de meest energie-efficiënte labelcategorieën (B, A, A+ en A++) het theoretische gasverbruik wordt onderschat, terwijl dit sterk wordt overschat bij slechte label (D t/m G). Hoe slechter het label, hoe groter de theoretische overschatting (Majcen, 2016). Hierdoor lijkt isoleren veel minder gunstig geworden dan eerder werd gedacht. Er moet veel geïnvesteerd worden om significant het warmteverbruik te verlagen.

Het voordeel van isoleren is wel dat het wooncomfort wordt verhoogd. De vraag is hoeveel extra geld bewoners hier voor over hebben.

4 Potentie per duurzame warmteoptie

Er zijn meerdere duurzame alternatieven voor aardgas. Niet elk alternatief is voor elke situatie geschikt; de ene optie heeft een potentieel voor honderden woningen terwijl een andere optie wel honderdduizenden woningen van warmte zou kunnen voorzien. Om duidelijkheid te geven over de (on)mogelijkheden die er zijn voor een duurzame warmtevoorziening worden hieronder kansrijke, duurzame warmtetechnieken op een rij gezet met daarbij de kenmerken van de techniek en het potentieel voor Den Haag.

Hoge temperatuur warmtenet

Kenmerken:

- infrastructuur van bron naar woningen toe moet worden aangelegd;
- woningen zelf hoeven maar beperkt aangepast te worden;
- bijstook piek met ketel op groen gas;
- rondpompen en eventueel oppompen van warmte met elektriciteit.

Geothermie

Het technisch geothermisch potentieel in Den Haag is groot. De temperatuur van de warmte is gemiddeld 75°C. Dit is voldoende voor een hoge temperatuur warmtenet, hoewel er ook warmtenetten zijn die gevoed worden met 90°C. Indien nodig kan een elektrische warmtepomp het water uit een geothermische bron van 75°C naar 90°C verwarmen. De piek van de



warmtevraag zal worden ingevuld met een gasketel op hernieuwbaar gas¹. IF Technology geeft in haar quickscan aan dat in verband met praktische inpasbaarheid vooralsnog wordt aangenomen dat 10 à 15 geothermiesystemen van 280.000 GJ gerealiseerd kunnen worden. In totaal is dat een potentie van 3,5 à 5 PJ.

Ruimtelijke inpassing is een aandachtspunt bij geothermie, zeker in een dicht-bebouwde gemeente als Den Haag. Naast de geothermiebron moet ruimte worden vrijgehouden en er is een grote installatie met buffervat nodig, wat ook visueel ingepast moet kunnen worden.

Lokale warmte

Op dit moment ligt er in Den Haag een warmtenet waar 17.000 woning-equivalenten op zijn aangesloten. Dit warmtenet wordt gevoed door warmte van de gascentrale van Uniper (voorheen E.ON Benelux) (contract voor warmtelevering tot 2022). Naast deze gascentrale is er maar een beperkte hoeveelheid industriële activiteit in Den Haag, waardoor er ook een beperkte potentie aan industriële hoge temperatuur (rest)warmte is. Daarnaast is industriële restwarmte meestal (nog) niet klimaatneutraal. Als de bron niet klimaatneutraal is, kan levering ervan fungeren als tussenoplossing, maar in het eindbeeld zullen in dat geval andere (100% duurzame) bronnen nodig zijn.

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 en geothermie uit het Westland. Deze kunnen worden ontsloten met behulp van de warmterotonde, enerzijds door de Leiding door het Midden en anderzijds door de Leiding over West (zie Bijlage C, Paragraaf 0). In het huidige plan wordt de Warmterotonde in eerste instantie ontwikkeld op basis van de restwarmtebronnen die nu beschikbaar zijn in Rotterdam. Op termijn moeten deze bronnen verduurzamen, door bijvoorbeeld het op grote schaal toepassen van geothermie in de regio, welke vervolgens de Warmterotonde kunnen voeden. Dit moet eveneens een spreiding van bronnen geven, waardoor de lange termijnzekerheid beter gegarandeerd kan worden. Het warmtenet (de infrastructuur) zelf kan wel voor langere tijd worden gebruikt; de bronnen variëren in verloop van de tijd. Via de Leiding door het Midden kan vanaf 2020 zo'n 1,6 PJ/jaar aan Den Haag worden geleverd en vanaf 2030 maximaal 2,2 PJ/jaar.

Voor de Leiding over West geldt dat er nog wat meer capaciteit beschikbaar is voor Den Haag in vergelijking met de Leiding door het Midden. Het is nog niet geheel duidelijk welke bronnen de Leiding over West zullen gaan voeden. De gemeenteraad heeft eerder al besloten dat Den Haag in ieder geval geen warmte wil afnemen die afkomstig is van kolencentrales.

Een andere optie naast restwarmte uit Rotterdam, is warmte uit kassen in de omgeving. Om deze warmte naar Den Haag te transporteren zou de leiding over West gebruikt kunnen worden. De potentie van warmte uit regionale kassen moet nog nader worden onderzocht.

De diameter van de warmtepijp is bepalend voor de capaciteit.

Wanneer uiteindelijk extra lokale warmte aan het net zal worden toegevoegd, bijvoorbeeld uit geothermiebronnen, moet de pijp wel dik genoeg zijn om de extra capaciteit aan te kunnen.

¹ Onder hernieuwbaar gas wordt verstaan: alle gassen die worden geproduceerd door middel van overschotten van hernieuwbare elektriciteit en omgezette biomassa.



WKK (warmtekrachtkoppeling)

Ook een WKK zou het hoge temperatuurnet van warmte kunnen voorzien. In plaats van de WKK te voeden met aardgas, moet wel gebruik worden gemaakt van hernieuwbaar gas of vaste biomassa om bij te dragen aan een klimaatneutrale warmtevoorziening. Voor het potentieel van WKK wordt de maximale potentie aan hernieuwbaar gas aangehouden, dat moet worden verdeeld over de WKK en bijstook voor restwarmte en geothermie (zie paragraaf 'groen gas en hernieuwbaar gas'). Bij een WKK moet rekening worden gehouden met het ruimtebeslag en het afvangen van bepaalde emissies (NO_x, zwavel en PM₁₀).

Lage temperatuur warmtenet

Kenmerken:

- woningen moeten goed geïsoleerd zijn;
- afgiftesysteem in woningen moet worden aangepast;
- infrastructuur van bron naar woning moet worden aangelegd;
- bijstook piek met ketel op groen gas;
- rondpompen van warmte met elektriciteit;
- eventueel opwerken temperatuur met elektrische warmtepomp.

Restwarmte

In plaats van warmte te transporteren van 90 graden, is 60 of zelfs 30 graden of lager ook mogelijk. Wanneer er voldoende restwarmte beschikbaar is, maar dit niet van hoge temperatuur is, kan deze warmte een lage temperatuur-warmtenet voeden. Deze restwarmte kan afkomstig zijn van een industriële restwarmtebron of bijvoorbeeld van de retourleiding van een hoge temperatuur warmtenet. Daarnaast komen veel meer potentiële bronnen in beeld, zoals zwembaden, koelhuizen, datacenters of schaatsbanen. Deze bronnen hebben individueel niet de capaciteit van de huidige hoge temperatuurbron, maar zij zouden heel lokaal concrete oplossingen voor de verduurzaming kunnen bieden, in aanvulling op de grotere structuren. Dit kan goed in combinatie met een buurt die wordt verwarmd met elektrische warmtepompen.

Een goed voorbeeld van de inzet van lage temperatuur warmte is het Haagse initiatief van de Warmterivier, waarbij de laagwaardige warmte van de rioolwaterzuivering mogelijk ingezet gaat worden voor de verwarming van woningen. Een ander voorbeeld van de inzet van lage temperatuurwarmte in Den Haag is een project in Duindorp waar gebruik wordt gemaakt van warmte uit het zeewater om het lage temperatuurnet te voeden. De levering van deze warmte gaat op korte termijn stoppen, omdat op de plek van de installatie bebouwing komt en de centrale het einde van haar levensduur nadert. Er wordt gekeken of de Warmterivier in het vervolg warmte kan leveren aan Duindorp.

WKO (warmte-koudeopslag)

Een WKO kan worden gebruikt op gebouwniveau, maar ook op buurtniveau. In Den Haag wordt in sommige buurten in het centrum al WKO toegepast op gebouwniveau. Een vereiste hierbij is dat de gebouwen goed geïsoleerd zijn, zodat de warmte- en koudevraag in balans is. Daarnaast legt WKO beslag op de ondergrond waardoor er per gebied maar een beperkte capaciteit is.

Geheel elektrisch

Kenmerken:

- woningen moeten goed geïsoleerd zijn;
- afgiftesysteem in woningen moet worden aangepast;



- individuele oplossing, waardoor natuurlijke vervangmomenten kunnen worden gebruikt voor overschakelen naar nieuwe techniek;
- afhankelijk van kwaliteit gebouwschil en aantal aansluitingen zal het nodig zijn het elektriciteitsnet te verzwaren.

Elektrische warmtepomp

Bij gebruik van elektrische warmtepompen moet rekening worden gehouden met extra kosten voor verzwaring van de elektriciteitsinfrastructuur, nodig om genoeg elektriciteit te kunnen leveren in koude periodes. Daarnaast zal het voor oudere woningen over het algemeen minder rendabel zijn om te gaan verwarmen op elektriciteit, omdat de kosten voor de schilverbetering in combinatie met nieuwe installaties per woning vaak hoger zijn dan voor verwarmen van de woning door middel van een warmtenet of groen gas.

Groen gas en hernieuwbaar gas

Groen gas is maar beperkt beschikbaar en kan daarnaast ook goed gebruikt worden in andere sectoren. De totale geschatte beschikbare hoeveelheid groen gas voor woningen en utiliteit is daarom slechts 2 bcm (63 PJ) in 2050 (CE Delft, 2016). Als dit over heel Nederland verdeeld wordt naar rato van warmtevraag, is er in 2050 voor Den Haag 2,1 PJ (60 mln m³) beschikbaar voor het verwarmen van woningen en utiliteit en in 2040 slechts 1,5 PJ (43 mln m³). Momenteel verbruikt Den Haag zo'n 13 PJ aan aardgas per jaar voor de gebouwde omgeving, wat overeenkomt met 370 mln m³.

Voor de piekvoorziening van collectieve warmte is hernieuwbaar gas beschikbaar, wat naar schatting in grotere mate voorradig is dan groen gas. Gasunie schat de potentie in 2050 op maximaal 5 bcm voor heel Nederland (CE Delft, 2016). Dit betekent dat als dit ook naar rato van de huidige warmtevraag verdeeld wordt, er ongeveer 3,7 PJ hernieuwbaar gas voor Den Haag beschikbaar is in 2050, wat neerkomt op.

Box 1 Inzet groen gas en hernieuwbaar gas

In deze studie wordt een onderscheid gemaakt tussen de opties waarbij groen gas wordt ingezet en de opties waarbij hernieuwbaar gas wordt gebruikt. Groen gas kan zonder aanpassingen aan infrastructuur worden ingevoerd in het huidige aardgasnetwerk en is daarom geschikt voor de individuele gasopties HR-ketel en hybride warmtepomp². Voor hernieuwbaar gas nemen we aan dat het de power-to-gas-opties zijn, waarbij bijvoorbeeld waterstof wordt gemaakt. Dit hernieuwbare gas kan maar beperkt in de huidige infrastructuur worden toegepast, zonder dat aanpassingen aan leidingen en apparatuur bij de (eind)gebruikers nodig zijn. Aanpassingen aan het hoge- en middendruknet zijn eenvoudiger/goedkoper door te voeren dan het uitgebreide, fijnmazige lagedruknet en we nemen dan dus aan dat dit hernieuwbare gas niet geleverd gaat worden aan de eindgebruikers, maar alleen aan gebruikers op het hoge- en middendruknet. Het aantal meters leiding en het aantal installaties dat aangepast moet worden is daardoor vele malen kleiner en minder complex. Het methaniseren van het hernieuwbaar gas is ook mogelijk, maar daar is wel een koolstofbron voor nodig (vaak CO₂). Om geen extra CO₂ in de atmosfeer te laten komen, moet deze CO₂ uit biomassa komen (bij CCS met kolen komt bij verbranding van het gemethaniseerde hernieuwbare gas alsnog fossiele CO₂ in de atmosfeer). Wij verwachten niet dat de hoeveelheid CO₂ die afgevangen kan worden bij biomasaverbranding dermate significant is, dat dit een grote bijdrage kan leveren aan het maken van 'biomethaan' uit waterstof. Dit komt doordat de hoeveelheid beschikbare biomassa heel beperkt is (het leeuwendeel wordt namelijk al gebruikt voor de productie van groen gas), veel biomasaverbranding lokaal plaats gaat vinden en veel biomassastromen niet voor stationaire verbranding ingezet gaan worden (maar als grondstof of motorbrandstof).

² Onder een hybride warmtepomp wordt verstaan een combinatie van een lucht-water warmtepomp op elektriciteit en een gasgestookte hoogrendementsketel.



Tabel 2 Samenvatting potentie per warmtetechniek

Warmtetechniek	Potentie in Den Haag
Lokale geothermie	3,5 tot 5 PJ/jaar
Regionale restwarmte Leiding door het Midden	2,2 PJ/jaar
Regionale restwarmte Leiding over West	3,8 PJ/jaar
Elektrische warmtepomp	10,0 PJ/jaar*
WKO	8,0 PJ/jaar**/**
Groen gas	1,5 PJ/jaar
Hernieuwbaar gas	3,7 PJ/jaar

* Een vereiste is dat een woning minimaal energielabel B heeft. In theorie kunnen bijna alle woningen worden geïsoleerd naar schillabel B. In de praktijk brengt het voor een deel van de (oude) woningen heel hoge kosten met zich mee. CE Delft gaat ervan uit dat ongeveer 80% van de woningvoorraad kan worden geïsoleerd naar schillabel B.

** Een vereiste is dat de woningen en utiliteit niet te dicht op een waterwingebied staan en dat er voldoende plek is in de bodem.

5 Scenario's eindbeeld energieneutrale warmtevoorziening

Met het door CE Delft ontwikkelde CEGOIA-model (zie Bijlage B) kan worden berekend welke warmtevoorziening in combinatie met eventueel isoleren op jaarbasis het goedkoopste is per buurt. Hierbij wordt rekening gehouden met lokale randvoorwaarden, zoals de bodemgeschiktheid en het potentieel per warmtetechniek per regio. De potenties zoals in Tabel 2 zijn gegeven worden aangehouden in de berekeningen voor de gemeente Den Haag. Daarnaast is als randvoorwaarde aangehouden dat in buurten waar al een warmtenet ligt, deze behouden blijft (zie Bijlage A voor huidige locaties zonder aansluitplicht gasnet).

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. Daarnaast wordt ook volledig gebruik gemaakt van het geothermiepotentieel in Den Haag.

Tabel 3 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.
	Kosten van de Leiding over West zijn nog erg onzeker.

* Met korte termijn wordt bedoeld binnen drie jaar.

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 4 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.

Scenario 2b: Lokale warmte met regionale warmte van enkel de Leiding door het Midden en zonder groen gas

Het is onzeker of het geschatte potentieel aan groen gas daadwerkelijk beschikbaar is in 2040. Door uit te gaan van een beschikbare hoeveelheid groen gas, wat het aardgas één op één zal vervangen, is er een aantal buurten waar installatietechnisch niks nodig lijkt voor de energietransitie. Voor het geval dat de beschikbaarheid van groen gas toch tegen blijkt te vallen, is het interessant om naar een scenario te kijken waar geen groen gas wordt gebruikt in 2040.

Tabel 5 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 groen gas.	Er moet nog veel lokaal gebeuren om het klimaatdoel te bereiken.

Scenario 3: Enkel lokale warmte

In dit scenario wordt volop ingezet op lokale geothermie. Het huidige rest-warmtenet 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, maar de potentie hiervan zal nog nader moeten worden onderzocht.

Tabel 6 Voordelen en nadelen Scenario 3

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.

Scenario 4: Enkel individuele opties

Er wordt hierbij gekeken naar een scenario met enkel individuele opties. Het gaat hierbij om de opties met elektrische warmtepompen en hybride warmtepompen. Warmtenetten worden in dit scenario uitgesloten.

Tabel 7 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.

6 Analyse resultaten vier scenario's

In Tabel 8 en zijn de resultaten weergegeven van de CEGOIA-berekeningen van de vier scenario's. In Bijlage B zijn de resultaten weergegeven in grafieken. In Bijlage C is de modeluitleg van CEGOIA gegeven. Hier staan ook tabellen met kengetallen die worden gebruikt. Lokale oplossingen die een lage temperatuur warmtenet kunnen voeden, zoals de warmterivier, zijn niet meegenomen in de berekeningen van CEGOIA. Hiervoor is meer onderzoek nodig van de potentie per buurt en de kosten.

Tabel 8 Invulling initiële warmtevraag per scenario (PJ/jaar)

Scenario	Besparing	HR-ketel (groen gas)	Hybride warmtepomp	Elektrische warmtepomp	Rest- warmte	Geothermie	WKO	Onbekend
1	0,9	0,2	1,4	0,2	5,8	5	0,2	0,2
2	3,4	0,1	1,8	0,8	2,1	5	0,7	0,2
2b	4,5	0	0	1,2	2,1	5	0,9	0,2
3	4,9	0,2	1,4	1,3	0	5	1	0,2
4	8,2	0,4	1,1	4,1	0	0	0	0,2

Tabel 9 Energieverbruik duurzame warmtevoorziening (PJ/jaar)

Scenario	Groen gas	Hernieuwbaar gas	Elektriciteit	Warmte	Totaal
1	1,4	2,9	0,3	11,5	16,1
2	1,5	1,9	0,7	8,2	12,2
2b	0,0	2,0	0,7	8,5	11,2
3	1,4	1,3	0,9	6,3	9,9
4	1,4	0,0	1,9	0,0	3,3

Tabel 10 Kosten per scenario

Scenario	Totale jaarlijkse kosten	Gem. jaarlijkse kosten per WEQ*	Warmterekening per maand**	Investeringskosten per woning***
1	500 mln	€ 1.600,-	€ 78,-	€ 9.000,-
2	580 mln	€ 1.900,-	€ 79,-	€ 21.000,-
2b	630 mln	€ 2.100,-	€ 83,-	€ 26.000,-
3	650 mln	€ 2.100,-	€ 80,-	€ 29.000,-
4	780 mln	€ 2.600,-	€ 90,-	€ 42.000,-

* De gemiddelde jaarlijkse kosten in 2040, wanneer iedereen nog met aardgas zou verwarmen, bedragen tussen de € 1.100,00 en € 1.300,00, afhankelijk van de aardgasprijs. De scenario's 'Hoog' en 'Laag' van WLO (2016) zijn aangehouden voor deze berekening.

** Dit zijn de kosten voor de gebruikte hoeveelheid warmte inclusief huidige belastingen. Wanneer iedereen in 2040 nog met aardgas zou verwarmen, zou de warmterekening gemiddeld tussen de € 65,00 en € 84,00 liggen (o.b.v. scenario's 'Hoog' en 'Laag' van WLO (2016)).

*** Investeringskosten bestaan uit installatiekosten en isolatiemaatregelen. De meeste kosten zijn voor installaties in het huis, maar ook de geothermiebron en uitkoppelingskosten van collectieve warmtesystemen vallen onder deze kosten. Het zijn de investeringskosten die in 30 jaar gemaakt moeten worden. Voor de meeste scenario's zijn het investeringen die direct nodig zijn bij het overschakelen naar een andere warmtedrager, maar in sommige gevallen kunnen isolatiemaatregelen en bijvoorbeeld het vervangen van de Hr-ketel wanneer men op gas blijft verwarmen, worden uitgesteld.

In Tabel 8 is weergegeven wat de invulling is van de initiële warmtevraag is. Wat hierin opvalt is dat zowel in Scenario 1 als in Scenario 2 alle beschikbare restwarmte en geothermie worden benut. Deze opties zijn voor de meeste buurten goedkoper dan hybride opties en elektrische opties. De beschikbare hoeveelheid groen gas wordt alleen in Scenario 1 niet opgebruikt. In de rest van de scenario's wordt alle beschikbare hoeveelheid groen gas opgebruikt. Naarmate er minder warmte beschikbaar is, wordt er meer geïsoleerd en meer elektriciteit gebruikt om de warmtevraag in te vullen.

In Tabel 9 is het energieverbruik per scenario weergegeven. Naarmate er minder warmte beschikbaar is, neemt het energieverbruik af. Enerzijds omdat er meer isolatie wordt toegepast, maar ook omdat er met meer efficiëntere technieken gewerkt wordt, zoals de elektrische warmtepomp.

In Tabel 10 worden de kosten weergegeven per scenario. De kostenkengetallen die zijn gebruikt als input zijn weergegeven in Bijlage C. Een belangrijke aanname is dat de kosten van het elektriciteits- en gasnet in de berekening niet worden gesocialiseerd. Er wordt gerekend met de werkelijke kosten die per woningequivalent gemaakt moeten worden. Uit de berekeningen blijkt dat de kosten in Scenario 1, waarbij de restwarmte uit de regio maximaal wordt benut, het laagste zijn. Iets duurder zijn Scenario 2, 2b en 3, waarbij alleen warmte van de Leiding door het Midden wordt afgenomen en de rest lokaal wordt opgelost. Weer een stukje duurder is Scenario 3, waarbij alles lokaal wordt opgelost en Scenario 4, waarbij enkel individuele opties worden gebruikt, blijkt het duurst te zijn.

7 Proces

Om tot een duurzame warmtevoorziening te komen, is er een grote omslag nodig. In Tabel 11 is aangegeven hoeveel tijd elke maatregel minimaal gaat kosten als in volle vaart de transitie wordt ingezet. Deze getallen zijn gebaseerd op 'best educated guess' door CE Delft in de Backcasting-studie uit 2013. Samen met de gemeente is toen bepaald wat de uitvoeringscapaciteit is en wat het huidige tempo is. In de berekening gaat men ervan uit dat de capaciteit aan werkkraft uit Den Haag zelf moet komen, omdat de rest van Nederland ook aan de slag gaat en dus geen bouwvakkers kan leveren aan Den Haag. Als ook werkcapaciteit uit omliggende gemeenten wordt gehaald, zou de klus sneller kunnen worden uitgevoerd.

Tabel 11 Overzicht van maatregelen, het aantal woningequivalenten dat deze maatregel moet ondergaan en de tijd die dit minimaal zal kosten

Maatregel	Maximale snelheid	Bron
Warmtenetten restwarmte en geothermie	7.500 WEQ/jaar	Backcasting CE Delft, 2013
Geothermiebron	5 jaar per bron, 5 bronnen tegelijk*	Backcasting CE Delft, 2013
Overgang fossiele warmtebronnen op geothermie	5 jaar per bron, 5 bronnen tegelijk*	Backcasting CE Delft, 2013
WKO	7.500 WEQ/jaar	Backcasting CE Delft, 2013
Geheel elektrisch	8.250 WEQ/jaar**	CE Delft, zie opmerking
Groen gas	0,65 PJ in 10 jaar***	CE Delft, zie opmerking
Hernieuwbaar gas	1,6 PJ in 10 jaar****	CE Delft, zie opmerking
Isolatie woningen	8.250 WEQ/jaar	Backcasting CE Delft, 2013

* Er wordt door CE Delft aangenomen dat er vijf geothermiebronnen tegelijkertijd kunnen worden aangelegd binnen de gemeente Den Haag.

** Er wordt door CE Delft aangenomen dat de overgang naar geheel elektrisch gelijktijdig met de aanpak van de gebouwschil wordt uitgevoerd.

*** Er wordt door CE Delft aangenomen dat de totale beschikbare hoeveelheid groen gas pas in 2040 volledig beschikbaar is. De overgang van aardgas naar groen gas zal geleidelijk verlopen.

**** Er wordt door CE Delft aangenomen dat de totale beschikbare hoeveelheid hernieuwbaar gas pas in 2040 volledig beschikbaar is. De overgang van aardgas naar hernieuwbaar gas zal geleidelijk verlopen.



Tabel 12 Benodigde minimale tijdsduur per maatregel per scenario met hierin met rood en oranje kritieke paden aangegeven (S=scenario)

Maatregel	Aantal WEQ (duizenden)					Minimale duur (aantal jaar)				
	S.1	S.2	S.2b	S.3	S.4	S.1	S.2	S.2b	S.3	S.4
Warmtenetten restwarmte en geothermie	242	167	167	109	0	32	22	22	15	0
Geothermiebron	109	109	109	109	0	10	10	10	10	0
Overgang fossiele warmtebronnen op geothermie	133	58	58	0	0	15	5	5	0	0
WKO	0	17	27	22	0	0	2	4	3	0
Geheel elektrisch	0	47	104	100	231	0	6	13	12	28
Groen gas	47	72	0	72	71	15	23	0	23	23
Hernieuwbaar gas	242	184	194	131	0	13	8	13	6	0
Isolatie woningen	40	84	108	109	179	5	10	13	13	22

Uit Tabel 11 blijkt dat er maximale inspanning nodig is om ervoor te zorgen dat de warmtevoorziening volledig duurzaam is in 2040. Kijkend naar de kritieke paden, wordt zelfs duidelijk dat Scenario 1 en Scenario 4 niet gerealiseerd kunnen zijn in 2040. De doorlooptijden van een aantal maatregelen is langer dan 23 jaar. In Scenario 1 wordt er zo veel ingezet op warmtenetten, dat het aantal nieuwe aansluitingen per jaar hoger moet zijn dan het maximale aansluittempo van 7.500 WEQ. Voor Scenario 4 geldt dat het aantal woningen en overige gebouwen dat volledig met elektriciteit zal worden verwarmd zo groot is, dat het jaarlijkse tempo waarin de gebouwen geschikt moeten worden gemaakt hoger moet liggen dan een realistisch tempo. Voor Scenario 2 geldt dat het aantal aansluitingen op het warmtenet het kritieke pad vormt. Voor Scenario 2 tot en met 4 geldt het overschakelen van aardgas naar groen gas ook als kritiek pad, maar daar heeft de gemeente minder invloed op, omdat de omschakeling van aardgas naar groen gas vooral een landelijke issue zal zijn.

8 Conclusie en aanbevelingen

Conclusie

Uit de analyses blijkt dat als Den Haag haar doelstelling ‘een klimaatneutrale warmtevoorziening in 2040’ wil halen, ze direct aan de slag moet. Alleen bij maximale inzet van nu tot aan 2040, is dit nog mogelijk.

Restwarmte uit Rotterdam zorgt voor een goedkopere oplossing dan alles lokaal in Den Haag oplossen. De voorwaarde hierbij is wel dat deze warmte op termijn wordt verduurzaamd. Op deze manier zal de warmterotonde helpen bij het behalen van de duurzame warmte-ambities van Den Haag. Door het aanleggen van de transportleiding zal Den Haag extra kansen krijgen om aan de slag te gaan met de warmtenetten, wat nodig is om het gehele warmtenet op tijd gerealiseerd te hebben.

Aanbevelingen

- Gezien de analyses lijkt het verstandig scenario 2 en 2b verder uit te werken en een voorkeur uit te spreken voor de Leiding door het Midden. Op termijn kan dan worden besloten of de Leiding over West nog voor een goede aanvulling kan zorgen. Uit de resultaten blijkt dat maximale inzet op restwarmte uit Rotterdam financieel het aantrekkelijkst is, maar dat het aansluiten van zoveel woningequivalenten op een warmtenet waarschijnlijk niet gaat lukken binnen 23 jaar.
- Uit de kritieke-pad-analyse blijkt dat het noodzaak is om snel aan de slag te gaan met warmtenetten. Uit de CEGOIA-berekeningen komt naar voren dat warmte, zowel restwarmte uit Rotterdam als lokale geothermie, voor veel buurten de goedkoopste optie is. Daarnaast blijkt dat de doorlooptijd

- van het aansluiten van de bebouwing, in het geval gebruik gemaakt zal worden van regionale restwarmte en geothermie, op het kritieke pad ligt.
- Nu bekend is waar in Den Haag de bodem geschikt is voor geothermie (IF Technology, 2016), zullen locaties moeten worden aangewezen waar de geothermiebronnen kunnen komen. Hierbij moet rekening worden gehouden met fysieke inpassing en omliggende buurten waarvoor is berekend dat een hoge temperatuur warmtenet technisch en financieel mogelijk is. Er zal een plan moeten worden opgesteld met hierin de buurten die kunnen worden aangesloten op de geothermiebronnen.
 - Het is aan te raden om rekening te houden met eventuele toekomstige levering van warmte via de Leiding over West. Het is niet verstandig de infrastructuur van de buurten die hier wellicht gebruik van kunnen gaan maken al aan te passen voordat er duidelijkheid is.

Vervolgonderzoek

Het energietransitieplan geeft een richting aan, maar er is nog veel vervolgonderzoek nodig om een exacte invulling te geven aan de energietransitie. De volgende onderzoeken zijn nodig om de transitie nog een stap verder te helpen:

- Onderzoek op welke specifieke locaties in Den Haag een geothermiebron kan komen en welke omliggende buurten hierop kunnen worden aangesloten.
- Doe uitgebreider onderzoek naar welke buurten het beste gebruik kunnen maken van welke duurzame warmtevoorziening. Neem hierin de ligging van de leidingen uit Rotterdam mee (indien deze benut gaan worden) en de mogelijke locaties voor geothermie.
- Onderzoek de lokale mogelijkheden van lage temperatuurnetten.

Gebruikte bronnen

Gesprekken beleidsmedewerkers gemeente Den Haag

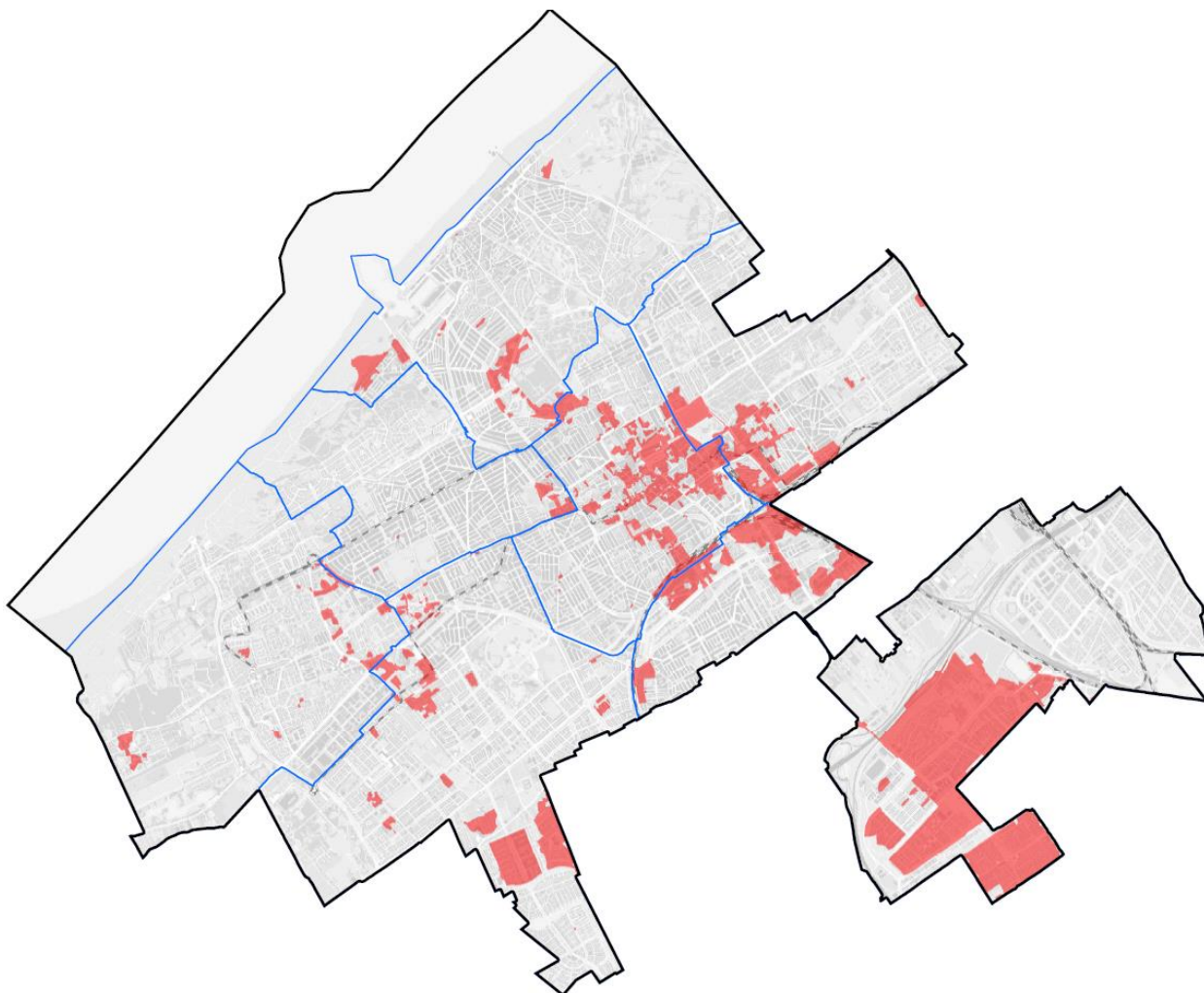
- Henry Terlouw - Energietransitie;
- Johan Noordhoek - Energiebeleid geothermie;
- Jasper Schilling - Wonen;
- Jonna Zwetsloot - Warmte initiatieven/Leiding door het Midden;
- Martijn Kosterman - Programma Duurzaamheid;
- Henk Heijkers - Stedelijke ontwikkeling;
- Annet Beltman - HAL en Warmterivier.

Documenten

- Notitie potentieel geothermie gemeente Den Haag - IF Technology. November 2016;Energie voor de buurt - Haags Warmte Initiatief.
- Energievisie Den Haag 2040.
- Back(casting) tot he future! CE Delft. Maart 2013.
- Presentatie Leiding door het Midden, Raadscommissie Leefomgeving Den Haag, november 2016.
- Majcen, D., 2016. *Predicting energy consumption and savings in the housing stock*, Delft: TU Delft.
- Een klimaatneutrale warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving - update 2016. De route naar een klimaatneutraal Nederland. CE Delft. September 2016.
- Eindrapportage Haalbaarheidsfase Leiding door het Midden. 2016.



Bijlage A Huidige postcodes zonder aansluitplicht op het gasnet



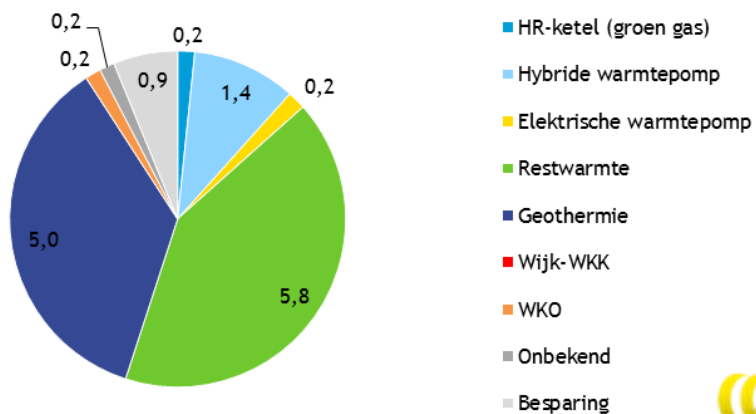
Bron: Gemeente Den Haag.

Bijlage B Resultaten scenario's

B.1 Scenario 1

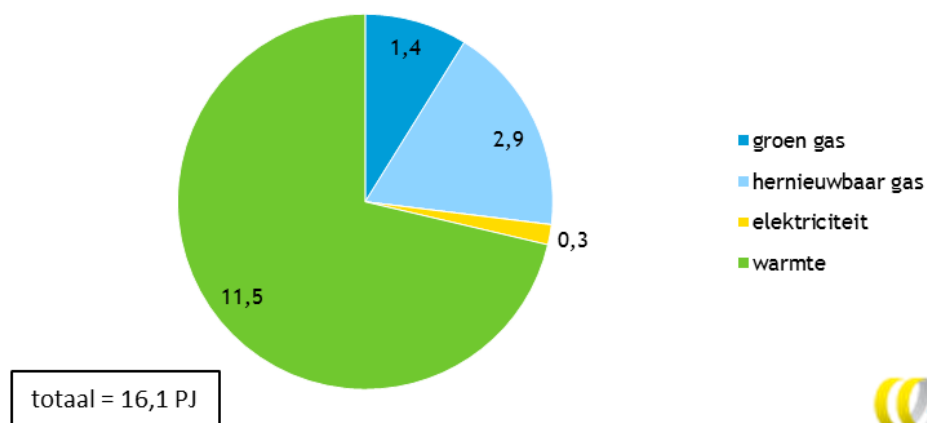
Figuur 1 Resultaten besparing en technieken Scenario 1

Invulling huidige warmtevraag in energieneutraal eindbeeld
gemeente Den Haag (PJ/jaar)

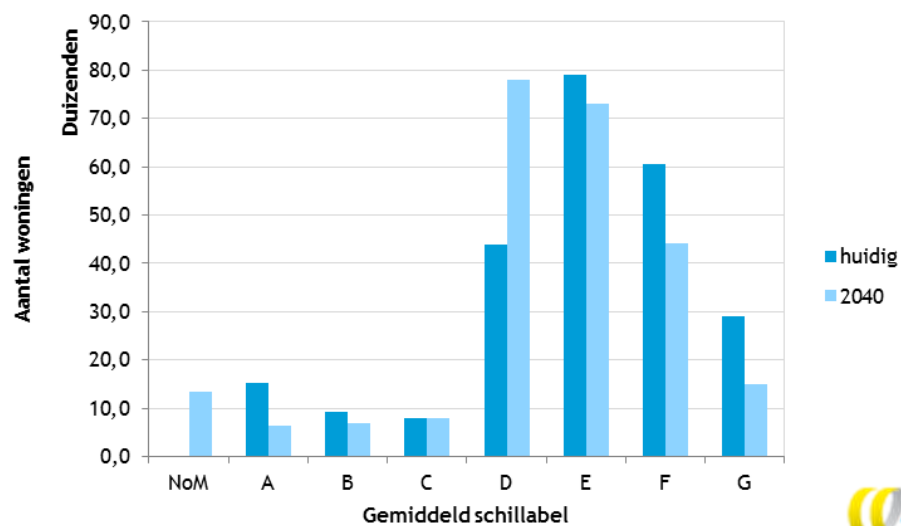


Figuur 2 Resultaten energieverbruik Scenario 1

Energieverbruik duurzame warmtevoorziening gebouwde
omgeving gemeente Den Haag (PJ/jaar)



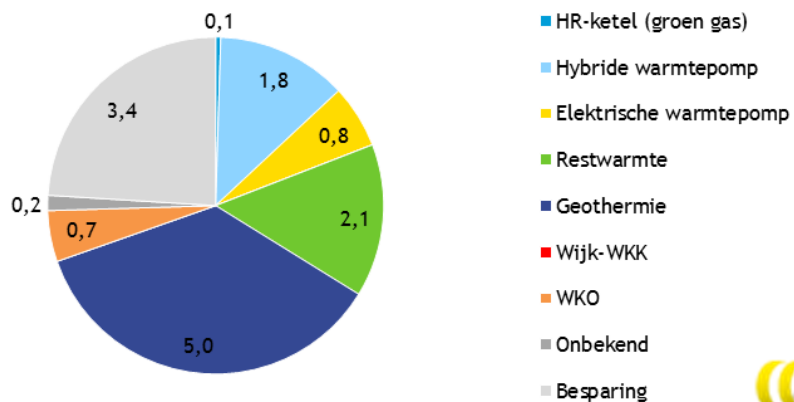
Figuur 3 Labelstappen woningen van huidig naar 2040 in Scenario 1



B.2 Scenario 2

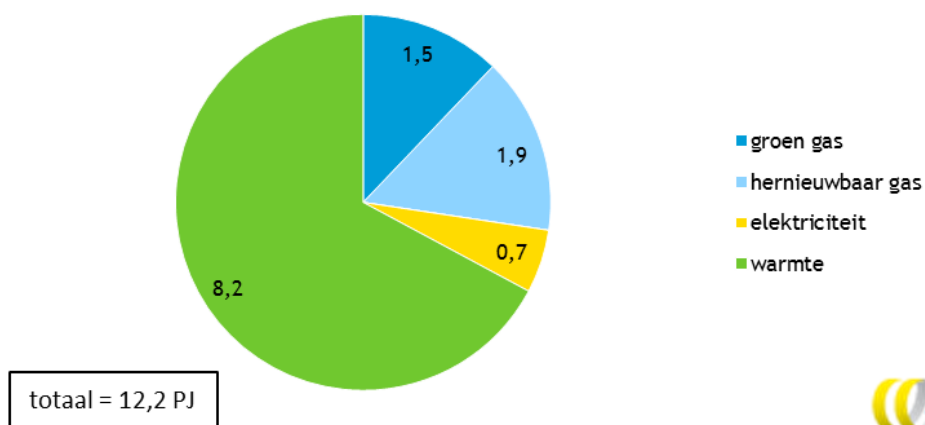
Figuur 4 Resultaten besparing en technieken Scenario 2

Invulling huidige warmtevraag in energieneutraal eindbeeld
gemeente Den Haag (PJ/jaar)

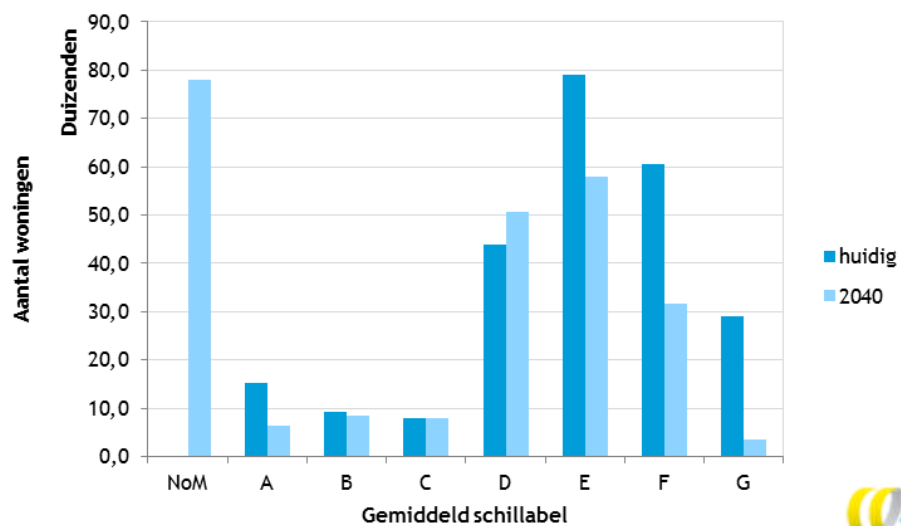


Figuur 5 Resultaten energieverbruik Scenario 2

Energieverbruik duurzame warmtevoorziening gebouwde
omgeving gemeente Den Haag (PJ/jaar)



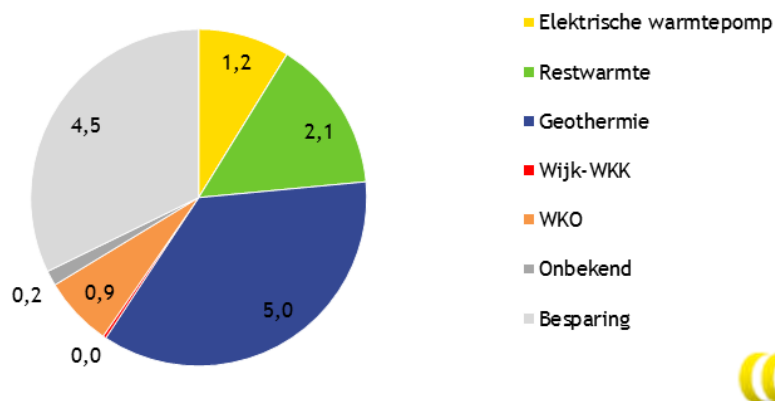
Figuur 6 Labelstappen woningen van huidig naar 2040 in Scenario 2



B.3 Scenario 2b

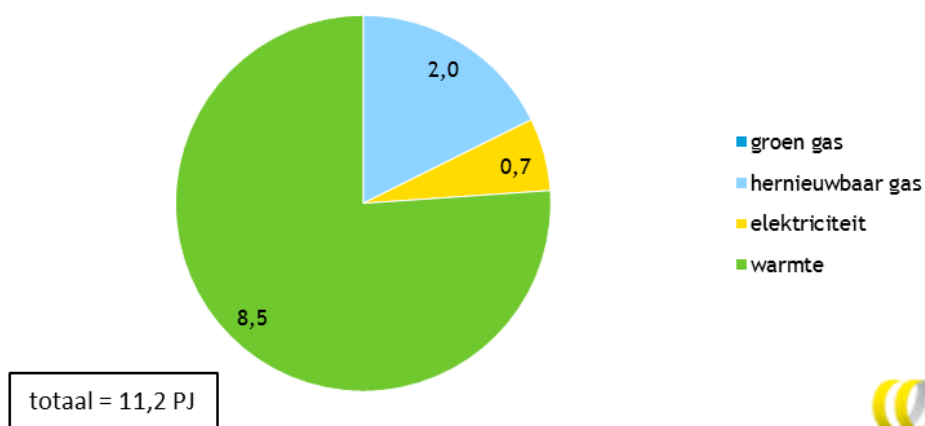
Figuur 7 Resultaten besparing en technieken Scenario 2b

Invulling huidige warmtevraag in energieneutraal eindbeeld
gemeente Den Haag (PJ/jaar)

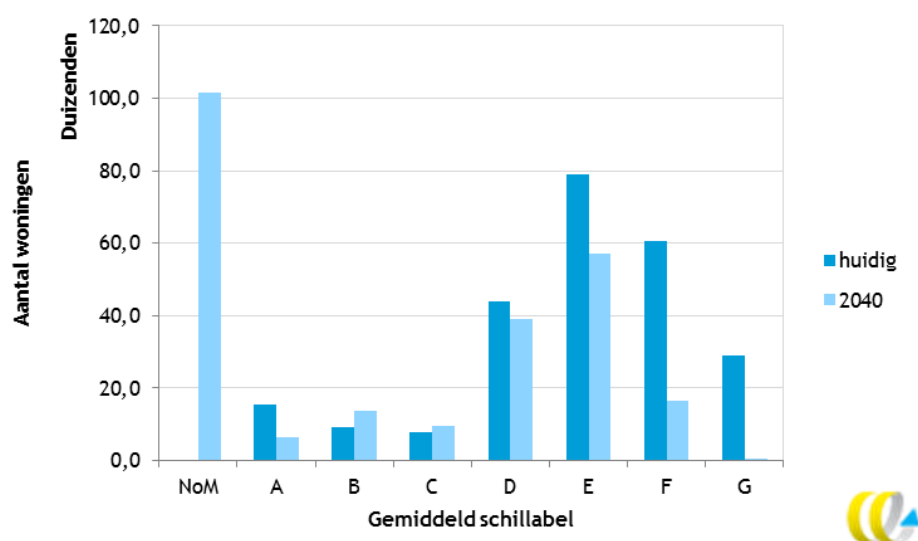


Figuur 8 Resultaten energieverbruik Scenario 2b

Energieverbruik duurzame warmtevoorziening gebouwde
omgeving gemeente Den Haag (PJ/jaar)



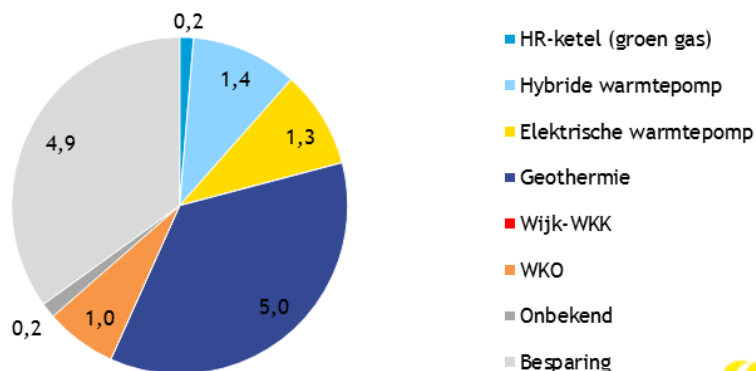
Figuur 9 Labelstappen woningen van huidig naar 2040 in Scenario 2b



B.4 Scenario 3

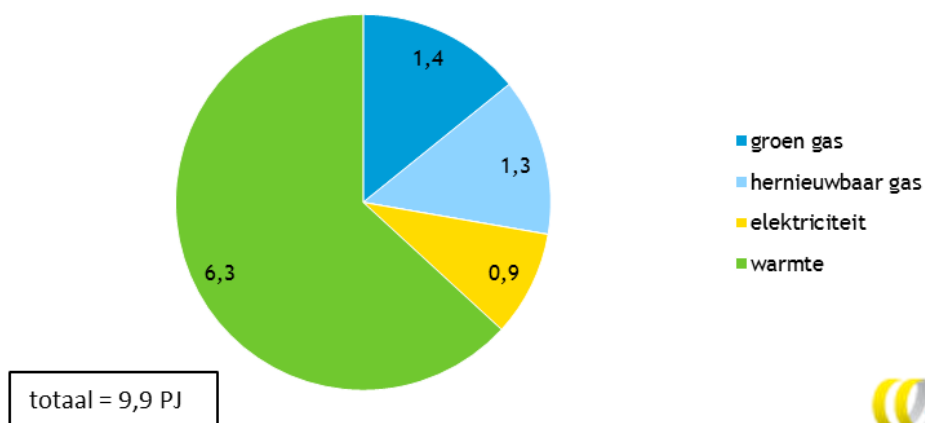
Figuur 10 Resultaten besparing en technieken Scenario 3

Invulling huidige warmtevraag in energieneutraal eindbeeld
gemeente Den Haag (PJ/jaar)

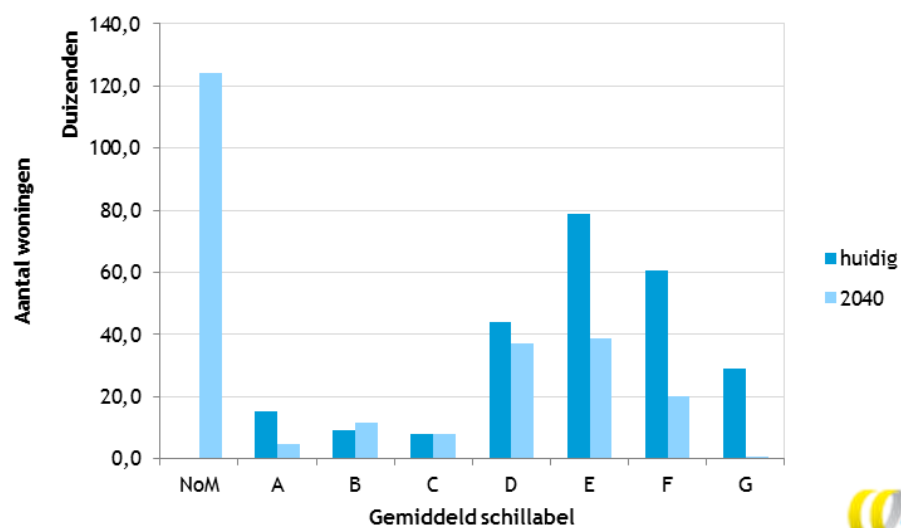


Figuur 11 Resultaten energieverbruik Scenario 3

Energieverbruik duurzame warmtevoorziening gebouwde
omgeving gemeente Den Haag (PJ/jaar)



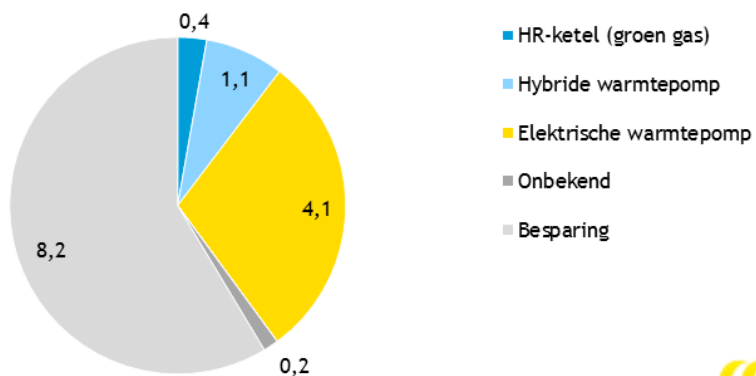
Figuur 12 Labelstappen woningen van huidig naar 2040 in Scenario 3



B.5 Scenario 4

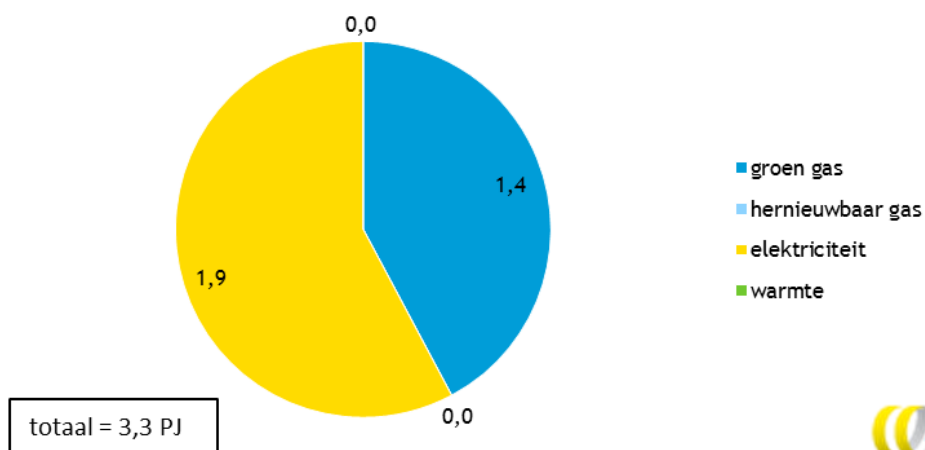
Figuur 13 Resultaten besparing en technieken Scenario 4

Invulling huidige warmtevraag in energieneutraal eindbeeld
gemeente Den Haag (PJ/jaar)

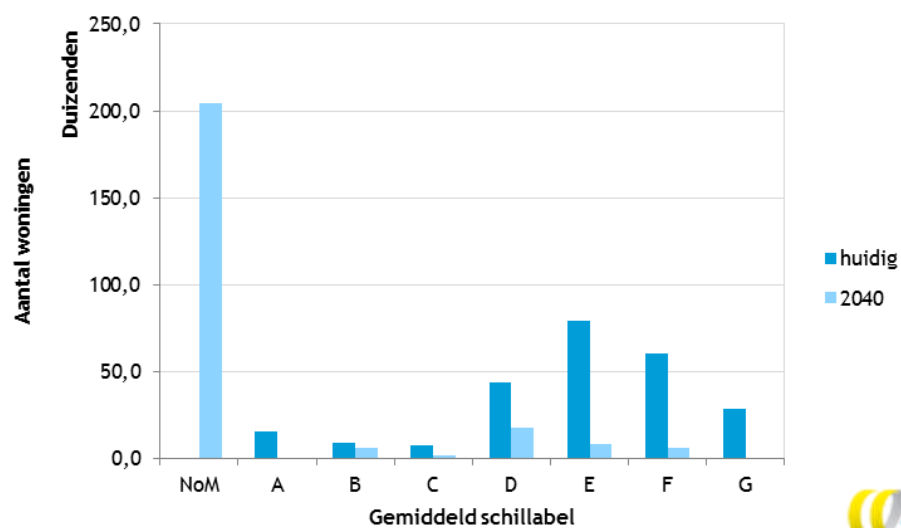


Figuur 14 Resultaten energieverbruik Scenario 4

Energieverbruik duurzame warmtevoorziening gebouwde
omgeving gemeente Den Haag (PJ/jaar)



Figuur 15 Labelstappen woningen van huidig naar 2040 in Scenario 4



In deze bijlage wordt een modeluitleg gegeven van CEGOIA, zodat de gepresenteerde uitkomsten begrijpelijk zijn.

CE Delft heeft de afgelopen jaren het CEGOIA-rekenmodel ontwikkeld om berekeningen te maken van de totale keten-kosten van een klimaatneutrale warmtevoorziening. De berekeningen worden gemaakt op buurniveau. Met het CEGOIA-model worden voor elke buurt alle mogelijke kostencombinaties doorgerekend voor schilisolatie van de gebouwen en wijze van invulling van de resterende warmtevraag, inclusief de daarbij horende kosten van energie-infrastructuur. We benadrukken dat het geen blauwdruk oplevert van hoe het *moet*, maar wel een transparante doorrekening geeft van welke combinatie in een buurt de laagste kosten over de keten heeft. De investeringen in die combinatie leveren daarmee ook het hoogste CO₂-rendement, met daarbij de kanttekening dat in het eindbeeld alle resterende ingezette energiedragers klimaatneutraal zijn.

Overigens kunnen de uitkomsten van de integrale ketenkosten-aanpak verschillen van een uitkomst waarbij de zgn. Trias Energetica wordt gevolgd. Daarbij worden eerst rendabele besparingsinvesteringen gedaan die zichzelf terugverdienen over hun levensduur, waarna in een vervolgstap de resterende warmtevraag klimaatneutraal wordt ingevuld. Het kan zijn dat de totale kosten van die aanpak hoger uitkomen dan wanneer direct van het begin af aan een integrale afweging wordt gemaakt zoals in dit project. Daarnaast kunnen prijzen afwijken van kosten. Zo worden de kosten van elektriciteits- en gasnetten bijvoorbeeld gesocialiseerd, hetgeen betekent dat ze over alle aangeslotenen worden omgeslagen ook als maar een beperkt deel van die aangeslotenen de feitelijke veroorzaker van de kosten is. Die uitkomst kan gebruikt worden als input voor een proces om gezamenlijk te bepalen hoe de gewenste eindsituatie er uit ziet.

C.1 Buurniveau als basis

Er zijn verschillende soorten oplossingen om de warmtevraag van gebouwen klimaatneutraal in te vullen. Sommige oplossingen zijn ‘individueel’, zoals ‘geheel elektrisch’ in combinatie met een forse na-isolatie en een laag-temperatuur warmte-afgiftesysteem in het gebouw. Andere oplossingen zijn ‘collectief’, zoals de aanleg van een warmtedistributienet.

Wat de kosten-optimale oplossing per buurt is, hangt sterk af van het type, de eigenschappen en mogelijkheden van de gebouwen in de buurt. Gaat het bijvoorbeeld om dichtbebouwde historische binnensteden, recente hoogbouw, een dorpskern, buitengebied of bedrijventerrein? En zijn er mogelijkheden voor restwarmte, geothermie, WKO of groen gas? CEGOIA maakt daarom berekeningen op buurniveau (CBS-indeling), waarbij de karakteristieken van een buurt worden gebruikt als input voor het model. Hierbij valt te denken aan het type bebouwing (gestapeld, grondgebonden, gemiddeld oppervlak, woningtype), het bouwjaar van de gebouwen, de gebouwfuncties (woningen, kantoren, winkels, etc.) en de dichtheid van de bebouwing (aantal gebouwen per hectare). Daarnaast wordt ook het huidige energieverbruik en het gemiddelde energielabel van de buurt gebruikt als input voor het model.

C.2 Totale keten-kosten

CEGOIA berekent de kosten over de gehele keten: distributie (de energie-infrastructuur), productie (energieverbruik), installaties (warmteopwek-technieken), gebouwmaatregelen (isolatie) en belastingen. Hierbij worden zowel de investeringskosten ('CAPEX') als de jaarlijkse kosten ('OPEX'; energiegebruik, onderhoudskosten, e.d.) meegenomen.

Er staan twee zaken centraal in de transitie: de investering in isolatie van de gebouwschil en in de gebouw-installatie, en de rol van de energie-infrastructuren die oplossingen mogelijk maken: gas-, elektriciteits- en warmtenetten. Het is dan ook essentieel dat deze schakels in de keten van de energievoorziening integraal meegenomen worden bij de afweging voor de keuze van een toekomstige warmtevoorziening. Zonder warmtenet kan een woning immers niet op een restwarmtebron aangesloten worden. En ook de kosten van de netverzwaring die nodig is bij een geheel elektrische oplossing dienen inzichtelijk te zijn in de afweging, ook al worden die laatste via de netbeheerder door iedereen betaalt. Het model rekent met de werkelijke kosten voor de energie-infrastructuur. Dit wil zeggen dat bijvoorbeeld het onderhouden van een gasnet in het buitengebied per woning wezenlijk duurder is dan voor een buurt met recente hoogbouw, ook al is dat niet zichtbaar in de tarieven van de netbeheerder.

De energiekosten hangen samen met gebruikte techniek en het isolatieniveau van de gebouwen. Een klimaatneutrale HR-ketel draait op groen gas, een hybride warmtepomp maakt daarnaast ook gebruik van elektriciteit om in de warmtebehoefte te voorzien. Het model berekent de energiekosten van alle gekozen technieken bij alle mogelijke schil-isolatieniveaus (G t/m A+ voor de woningen en drie isolatieniveaus voor utiliteitsbouw). Hierbij wordt het huidige gemiddelde energieverbruik en energielabel van de buurt als uitgangspunt gebruikt.

De installatiekosten hangen af de verwarmingstechniek. In dit onderzoek wordt gerekend met de volgende 9 technieken:

1. HR-ketel (op groen gas).
2. Hybride warmtepomp op buitenlucht.
3. Hybride warmtepomp op ventilatielucht.
4. Elektrische lucht-waterwarmtepomp.
5. Elektrische bodemwarmtepomp.
6. Restwarmte.
7. Geothermie.
8. Wijk-WKK.
9. WKO.

Bij warmtedistributie (restwarmte, geothermie, wijk-WKK) wordt de zogenaamde piekwarmte geproduceerd met hernieuwbaar gas, dus niet met aardgas.

Alle technieken worden doorgerekend in combinatie met alle mogelijke besparingsniveaus van de gebouwen. Bij de elektrische warmtepomp wordt hierbij een minimale schileis van label B verondersteld. Dit om een gelijkwaardig comfort van de warmtevoorziening te waarborgen. De hybride warmtepomp op ventilatielucht wordt alleen doorgerekend voor woningen met huidig label C en beter³. Dit in verband met de aanwezigheid van een

³ Er is in de modelberekeningen aangenomen dat deze optie t.z.t. ook toepasbaar is in de gestapelde bouw.



ventilatiekanaal, dat nodig is om de hybride warmtepomp toe te kunnen passen.

De belastingen worden door het model optioneel meegenomen. De belastingen bestaan uit BTW op alle kostenonderdelen, de energiebelasting op gas en elektriciteit, de opslag duurzame energie op gas en elektriciteit en de belastingvermindering op de energierekening van woningen. Hierbij worden de tarieven van 2016 gehanteerd. In de berekeningen voor de gemeente Den Haag zijn belastingen meegenomen.

C.3 Van investering naar jaarlijkse kosten

Het model berekent de jaarlijkse kosten, CAPEX en OPEX voor alle ketenonderdelen van de warmtelevering. Alle investeringskosten worden omgerekend naar jaarlijkse kosten, door middel van een specifieke discontovoet en afschrijftermijn. Hiermee wordt impliciet dus ook rekening gehouden met het doen van vervangingsinvesteringen.

C.4 De gebouwde omgeving

In dit onderzoek worden utiliteitsbouw en woningen aangeduid als ‘gebouwde omgeving’. De energievraag van de industrie en landbouw valt buiten de scope van deze studie. De berekeningen voor utiliteit worden uitgesplitst naar sector. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende utiliteitssectoren:

- kantoren;
- winkels;
- gezondheidszorg;
- logies;
- onderwijs;
- bijeenkomst;
- sport;
- cellengebouw.

De focus van de berekeningen is de bestaande bouw. Het merendeel van de gebouwen die er vandaag staan zullen er immers in 2040 nog steeds staan. Bovendien gelden er strenge eisen voor de energiezuinigheid van nieuwbouw (EPC-eisen) en vanaf eind 2020 moeten alle nieuwe gebouwen in Nederland bijna energieneutrale gebouwen (BENG) zijn. De bijkomende warmtevraag door nieuwbouw is daarom zeer gering in vergelijking tot de totale warmtevraag van de bestaande bouw.

C.5 Restwarmte uit Rotterdam

De gemeente Den Haag heeft zelf weinig industriële restwarmte, maar zou gebruik kunnen maken van restwarmte uit Rotterdam. Hiervoor moeten één of meerdere leidingen worden aangelegd van Rotterdam naar Den Haag. Eén van deze leidingen is de Leiding door het Midden, waarmee restwarmte van de AVR Rozenburg via een aantal gemeenten naar Den Haag wordt vervoerd (zie Figuur 16). In totaal kan Den Haag hiermee in 2030 2,2 PJ van de warmtevraag invullen. De kosten voor basislast warmte inclusief transport bedragen naar schatting € 10,40 per GJ. De transportleiding zelf kost voor Den Haag ongeveer 80% van de totale aanlegkosten van de leiding, die geraamd zijn op € 130 miljoen (Raadscommissie Leefomgeving Den Haag, 2016). (Het is nog niet duidelijk wie deze kosten van de transportleiding zal dragen indien het project wordt uitgevoerd.)



Figuur 16 Leiding door het Midden en Leiding over West



Bron: gemeente Den Haag.

Naast de Leiding door het Midden, kan ook restwarmte uit Rotterdam worden geleverd via de Leiding over West (Figuur 16). Er is nog niet exact duidelijk hoeveel restwarmte er via deze leiding naar Den Haag kan worden getransporteerd. In dit onderzoek gaan we uit van een capaciteit van 3,8 PJ/jaar aan restwarmte dat beschikbaar is voor Den Haag. Ook is nog niet duidelijk welke deel van de kosten van de transportleiding voor rekening komt van Den Haag en welk deel van de kosten wordt toebedeeld aan de gemeenten waar de leiding doorheen komt en die tevens gebruik gaan maken van de restwarmte. In dit onderzoek gaan we ervan uit dat de kosten van de transportleiding evenredig hoog zullen zijn per GJ warmtelevering als de kosten van warmte afkomstig van de Leiding door het Midden. Ook de kosten per GJ warmtelevering zijn gelijkgesteld aan die van de warmte van de Leiding door het Midden.

C.6 Ontwikkeling beschikbaarheid gas en gasprijs

CE Delft neemt aan dat het potentieel van groen gas in 2050 2 bcm (miljard kubieke meter) bedraagt. Omdat groen gas één-op-één uitwisselbaar is met aardgas, wordt in deze studie ervan uitgegaan dat voor de gebouwde omgeving groen gas rechtstreeks beschikbaar is (maximaal 2 bcm gehele gebouwde omgeving; maximaal 1,5 bcm alleen woningen) en dat voor de piekvoorziening van collectieve warmte hernieuwbare gas beschikbaar is.

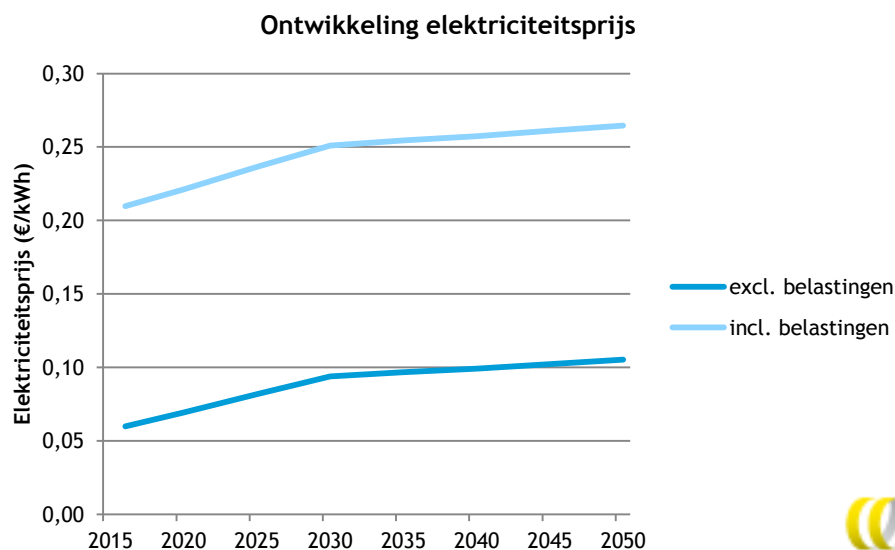
Voor de ontwikkeling van de aardgasprijs wordt aangesloten bij de studie Welvaart en Leefomgeving⁴. Hierbij is gebruikt gemaakt van het scenario 'Hoog'. Voor de groen gasprijs wordt 0,75 €/m³ exclusief belastingen aangenomen. Het model rekent in tussenliggende jaren met een gecombineerde gasprijs op basis van het aandeel aardgas en het aandeel groengas.

C.7 Ontwikkeling elektriciteitsprijs

Voor de ontwikkeling van de elektriciteitsprijs wordt ook aangesloten bij het scenario 'Hoog' uit de studie Welvaart en Leefomgeving⁴.

⁴ KLIMAAT EN ENERGIE ACHTERGRONDDOCUMENT, WLO - Welvaart en Leefomgeving, Toekomstverkenning 2030 en 2050, CPB/PBL, 30 maart 2016.

Figuur 17 Ontwikkeling elektriciteitsprijs



C.8 Gehanteerde discontovoeten en afschrijftermijnen

Alle investeringen worden in het model omgerekend naar jaarlijkse kosten. Dit gebeurt met een specifieke discontovoet en afschrijftermijn, afhankelijk van het type investering. De gehanteerde discontovoeten zijn weergegeven in Tabel 13 en de gehanteerde afschrijftermijnen in Tabel 14.

Tabel 13 Gehanteerde discontovoeten

Onderdeel	Discontovoet
Energie-infrastructuur	6,0%
Woningen	5,5%
Utiliteit	8,0%
Glastuinbouw	8,0%

Tabel 14 Gehanteerde afschrijftermijnen

Onderdeel	Afschrijftermijn
Collectieve installaties	25 jaar
Gebouwinstallaties	15 jaar
Energie-infrastructuur	40 jaar
Gebouwmaatregelen	25 jaar
Zonneboiler	20 jaar
Zonnepanelen	20 jaar

Tabel 15 Inputwaarden individuele warmtetechnieken

Techniek	Investering	Leercurve ⁵	Rendement ⁶	Onderhoud ⁷
HR-ketel	€ 1.500	Langzaam	0,94/0,70	2%
Hybride warmtepomp (buitenlucht)	€ 5.000	Snel	Variabel ⁸	2%
Hybride warmtepomp (ventilatie)	€ 4.023	Snel	Variabel ⁸	2%
Elektrische lucht-warmtepomp	€ 8.000	Snel	3,7/-	2%
Elektrische bodemwarmtepomp	€ 15.000	Snel	4,4/-	2%
CV-ketel (vaste biomassa)	€ 8.000	Langzaam	0,86/-	5%
Elektrische boiler (warm tapwater)	€ 1.112	Langzaam	-/0,75	0%

Tabel 16 Inputwaarden collectieve warmtetechnieken

Techniek	Investering	Leercurve ⁵	Onderhoud ⁷
Restwarmte industrie	250 €/kW	Snel	5%
Geothermie	1.820 €/kW	Snel	3%
Wijk-WKK	1.300 €/kW	Langzaam	1%
WKO	1.133 €/kW	Snel	0,5%

Tabel 17 Inputwaarden hybride warmtepomp

Techniek	Schil	Aandeel elektrisch	Rendement elektrisch	Rendement gas
Buitenlucht	A	0,52	3,68	0,70
	B	0,49	3,72	0,70
	C	0,47	3,75	0,70
	D	0,45	3,78	0,70
	E	0,42	3,81	0,70
	F	0,40	3,84	0,70
	G	0,38	3,86	0,70
Ventilatielucht	A	0,58	4,27	0,70
	B	0,56	4,28	0,70
	C	0,49	4,29	0,70

Tabel 18 Inputwaarden afgiftesystemen per bruto vloeroppervlak

Afgiftesysteem	Investering
LT-radiatoren	14 €/m ²
HT-radiatoren	16 €/m ²
Vloerverwarming	72 €/m ²

⁵ Zie Figuur 18.

⁶ Het rendement voor ruimteverwarming/warm tapwater.

⁷ De jaarlijkse onderhoudskosten zijn uitgedrukt als percentage van de investering.

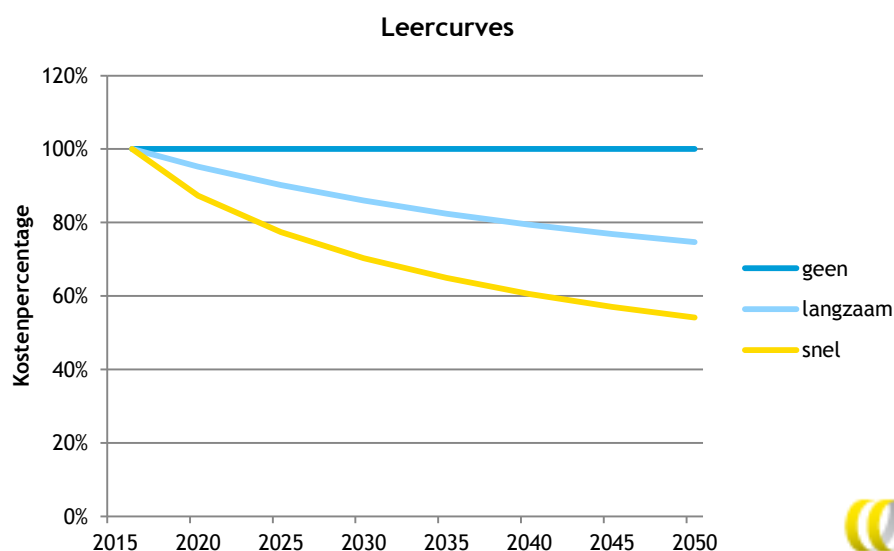
⁸ Zie Tabel 17.



Tabel 19 Inputwaarden overige technieken

Techniek	Investering	Leercurve ⁵	Rendement	Onderhoud ⁷
Monoblock koelsysteem	€ 1.000	Snel	0,40	0%
Mechanische ventilatie	€ 377	Snel	0,80	2%
WTW - douche pijp	€ 487	Snel	50% besparing ⁹	2%
Zonneboiler voor warm tapwater	€ 2.524	Snel	50% besparing ⁹	2%
Zon-PV	285 €/m ²	Snel	150 kWh/m ²	0%

Figuur 18 Leercurves op investeringen door innovaties



Tabel 20 Besparing op de warmtevraag voor ruimteverwarming van woningen per schilstep

Schil	A+ ¹⁰	A	B	C	D	E	F	G
Huidig G	73%	45%	34%	28%	18%	10%	3%	0%
Huidig F	69%	43%	32%	26%	15%	7%	0%	-
Huidig E	62%	39%	27%	20%	8%	0%	-	-
Huidig D	54%	34%	20%	13%	0%	-	-	-
Huidig C	43%	24%	8%	0%	-	-	-	-
Huidig B	33%	17%	0%	-	-	-	-	-
Huidig A	23%	0%	-	-	-	-	-	-
Huidig A+	0%	-	-	-	-	-	-	-

Op de investeringskosten voor isolatiemaatregelen wordt de langzame leercurve toegepast, met uitzondering van isoleren naar energielabel A+, hierbij wordt de snelle leercurve toegepast.

⁹ De installatie zorgt voor een besparing van 50% op de warm tapwatervraag.

¹⁰ Het label A+ wordt enkel toegepast in combinatie met een elektrische warmtepomp en zonnepanelen: de zogenaamde Nul-op-de-Meter-woning.



Tabel 21 Investeringskosten in €/m² voor isolatiemaatregelen van *gestapelde* woningen

Schil	A+	A	B	C	D	E	F	G
Huidig G	441	141	116	102	80	57	30	0
Huidig F	337	138	107	89	61	30	0	-
Huidig E	337	132	96	75	43	0	-	-
Huidig D	253	160	80	34	0	-	-	-
Huidig C	267	157	72	0	-	-	-	-
Huidig B	119	84	0	-	-	-	-	-
Huidig A	64	0	-	-	-	-	-	-
Huidig A+	0	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 22 Investeringskosten in €/m² voor isolatiemaatregelen van *grondgebonden* woningen

Schil	A+	A	B	C	D	E	F	G
Huidig G	303	170	140	123	96	66	33	0
Huidig F	277	166	128	106	72	35	0	-
Huidig E	232	147	107	85	49	0	-	-
Huidig D	198	122	76	49	0	-	-	-
Huidig C	218	185	69	0	-	-	-	-
Huidig B	82	70	0	-	-	-	-	-
Huidig A	31	0	-	-	-	-	-	-
Huidig A+	0	-	-	-	-	-	-	-

De toegepaste leercurve op de isolatiekosten voor utiliteitsgebouwen in de langzame curve.

Tabel 23 Warmtevraag in GJ/m² en investeringskosten voor isolatiemaatregelen in €/m² van utiliteit

BAG-functie	Bouwjaar	Huidige warmtevraag (GJ/m ²)	Isolatie- niveau B (GJ/m ²)	Isolatie- niveau A (GJ/m ²)	Kosten niveau B (€/m ²)	Kosten niveau A (€/m ²)
Kantoor	Tot 1920	1,01	0,27	0,19	78	104
	1920-1974	0,80	0,24	0,17	77	104
	1975-1989	0,41	0,22	0,16	71	98
	1990-1994	0,37	0,22	0,15	70	97
	Vanaf 1990	0,31	0,21	0,15	67	93
Winkel	Tot 1920	0,51	0,15	0,10	92	121
	1920-1974	0,41	0,13	0,09	91	121
	1975-1989	0,21	0,12	0,09	83	113
	1990-1994	0,20	0,11	0,08	82	111
	Vanaf 1990	0,16	0,11	0,08	77	107
Gezondheidszorg	Tot 1920	1,15	0,39	0,27	92	122
	1920-1974	0,84	0,37	0,26	91	122
	1975-1989	0,47	0,34	0,24	84	114
	1990-1994	0,47	0,31	0,22	82	112
	Vanaf 1990	0,39	0,30	0,21	78	108
Logies	Tot 1920	0,75	0,27	0,19	88	117
	1920-1974	0,60	0,24	0,17	87	117
	1975-1989	0,33	0,23	0,16	81	111
	1990-1994	0,31	0,22	0,16	79	109
	Vanaf 1990	0,27	0,21	0,15	76	106

BAG-functie	Bouwjaar	Huidige warmtevraag (GJ/m ²)	Isolatie- niveau B (GJ/m ²)	Isolatie- niveau A (GJ/m ²)	Kosten niveau B (€/m ²)	Kosten niveau A (€/m ²)
Onderwijs	Tot 1920	0,55	0,16	0,11	85	114
	1920-1974	0,42	0,15	0,10	85	114
	1975-1989	0,23	0,13	0,09	75	105
	1990-1994	0,22	0,12	0,08	74	103
	Vanaf 1990	0,17	0,12	0,08	69	98
Bijeenkomst	Tot 1920	0,55	0,21	0,14	78	106
	1920-1974	0,79	0,34	0,24	77	105
	1975-1989	0,60	0,41	0,28	71	99
	1990-1994	0,61	0,40	0,28	70	98
	Vanaf 1990	0,42	0,34	0,24	66	94
Sport	Tot 1920	0,80	0,32	0,22	128	180
	1920-1974	0,65	0,34	0,23	127	179
	1975-1989	0,42	0,31	0,22	115	167
	1990-1994	0,42	0,30	0,21	112	164
	Vanaf 1990	0,35	0,28	0,19	105	157
Cel	Tot 1920	1,21	0,38	0,27	53	72
	1920-1974	0,82	0,38	0,27	53	71
	1975-1989	0,49	0,33	0,23	50	68
	1990-1994	0,49	0,30	0,21	49	67
	Vanaf 1990	0,39	0,30	0,21	47	65

Tabel 24 Overige energievragen van woningen

Woningschil	Ventilatie (GJ/m ²)	Koude (GJ/m ²)	Hulpenergie (GJ/m ²)	Warm tapwater (GJ/pp)
A+	0,03	0,05	0,01	3,0
A	0,03	0,05	0,01	3,0
B	0,02	0,05	0,01	3,0
C	0,02	0,00	0,01	3,0
D	0,02	0,00	0,01	3,0
E	0,01	0,00	0,01	3,0
F	0,01	0,00	0,01	3,0
G	0,00	0,00	0,01	3,0

Tabel 25 Overige energievragen van utiliteit

BAG-functie	Ventilatie (GJ/m ²)	Koude (GJ/m ²)	Hulpenergie (GJ/m ²)	Koudevraag (GJ/m ²)	Warm tapwater (GJ/m ²)
Kantoor	0,019	0,034	0,007	0,034	0,006
Winkel	0,008	0,011	0,010	0,011	0,006
Gezondheidszorg	0,046	0,030	0,016	0,030	0,095
Logies	0,048	0,077	0,019	0,077	0,065
Onderwijs	0,009	0,002	0,009	0,002	0,007
Bijeenkomst	0,048	0,077	0,019	0,077	0,065
Sport	0,081	0,000	0,042	0,000	0,079
Cel	0,048	0,077	0,019	0,077	0,065

Tabel 26 Ouderdomsfactoren: kostenverhogende factor vanwege de ouderdom van de gebouwen

Investeringsonderdeel	Bouwjaar voor 1900	Bouwjaar 1900-1945	Bouwjaar na 1945
Isolatiemaatregelen	2	1,5	1
Amovering	1,3	1	0,65
Energie-infrastructuur	2	1,5	1

Tabel 27 Inputwaarde potentieel dakoppervlakte zon-PV

BAG-functie	Ratio dak/bruto vloeroppervlak	Aandeel dakoppervlak beschikbaar
Woning - grondgebonden	0,25	1/3
Woning - gestapeld	0,33	1/2
Kantoor	0,48	1/2
Winkel	0,50	1/2
Gezondheidszorg	0,40	1/2
Logies	0,50	1/2
Onderwijs	0,71	1/2
Bijeenkomst	0,40	1/2
Sport	1,00	1/2
Cel	0,26	1/2

De kosten voor netverzwaring bij gebruik van elektrische warmtepompen bedragen 961 €/kW (zonder leercurve).

Tabel 28 Inputwaarde netverzwaring elektriciteit

Techniek	Isolatieschil	Netverzwaring ¹¹ (kW)
Bodemwarmtepomp	A+	0,5
	A	1,1
	B	1,7
Lucht-waterwarmtepomp	A+	1,9
	A	4,1
	B	7,2

Tabel 29 Productiekosten warmtebronnen

Warmtebron	Kosten (€/GJ)	Opmerking
Biomassacentrale	20	-
Geothermie	Elektriciteitsprijs/20	SPF 20 (pompenergie)
WKO	Elektriciteitsprijs/3,5	SPF 3,5

¹¹ Inclusief gelijktijdigheidsfactor.

Tabel 30 Bijstookfactor warmtebronnen

Schil	Bijstook (%)	Rendement bijstook
A+	10,0%	0,9
A	12,5%	0,9
B	15,0%	0,9
C	17,5%	0,9
D	20,0%	0,9
E	22,5%	0,9
F	25,0%	0,9
G	27,50%	0,9

Voor warmtelevering met een warmtenet wordt een leidingverlies aangehouden van 15%. De gelijktijdigheidsfactor voor de aansluitingen op het warmtenet wordt verondersteld op 50%.

Tabel 31 Inputwaarde warmtenet

Type gebouw	Aansluitkosten	Aansluitwaarde
Gestapelde woning	€ 8.000	7,5 kW
Grondgebonden woning	€ 12.000	9,0 kW
Utiliteit	150 €/kW	0,5 kW/m ²

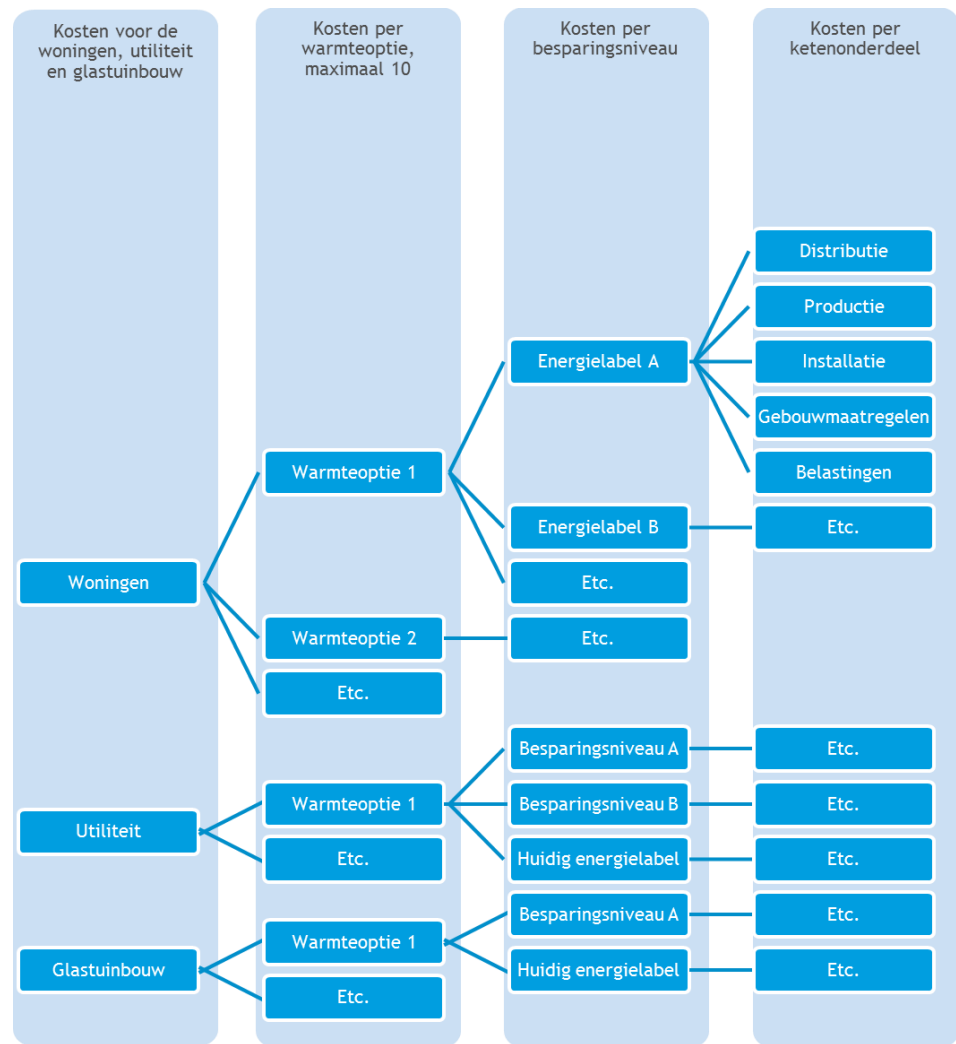
Tabel 32 Belastingtarieven 2016

Onderdeel	Woningen	Utiliteit
BTW	21%	21%
Opslag duurzame energie gas	1,13 €/m ³	1,13 €/m ³
Opslag duurzame energie elektriciteit	0,56 €/kWh	0,43 €/kWh
Energiebelasting gas	25,168 €/m ³	25,168 €/m ³
Energiebelasting elektriciteit	10,07 €/kWh	3,67 €/kWh
Belastingvermindering	€ 310,81	€ 0

C.9 Berekeningen

De totale ketenkosten worden apart berekend voor de woningen, utiliteit en glastuinbouw. Per buurt worden alle gekozen warmte-opties (maximaal 10) doorgerekend bij alle mogelijke besparingsniveaus. Voor de woningen zijn dat met alle 8 energielabels maximaal 80 berekeningen per buurt. Het model rekent alleen de labelsprongen uit die een verbetering opleveren van het energiegebruik. Indien het huidige gemiddelde energielabel van de woningen in een buurt bijvoorbeeld D is, dan worden alleen labels A t/m D uitgerekend en niet E t/m G. De berekening van de totale ketenkosten is uitgesplitst in vijf onderdelen, namelijk: distributie, productie, installatie, gebouwmaatregelen en belastingen. Hieronder wordt de berekening van deze onderdelen voor de woningen beschreven.

Figuur 19 Schematische weergave van de berekeningen



C.10 Distributie

Onder het distributiedeel vallen de kosten voor de benodigde infrastructuur. Voor alle infrastructuur worden de werkelijke kosten berekend en wordt geen rekening gehouden met reeds bestaande infrastructuur. Hierdoor zijn de jaarlijkse kosten voor bestaande en nieuwe infrastructuur gelijk.

elektriciteitsnet

Ongeacht de gekozen warmte-optie is het elektriciteitsnet altijd nodig. De kosten voor het elektriciteitsnet bestaan uit een vast deel, een variabel deel en onderhoud. Het vaste deel is een eenmalige investering per woning, voor het aanleggen van de aansluiting. Het variabele deel is een eenmalige investering per woning die varieert met de adressendichtheid van de woningen. De totale investering voor het elektriciteitsnet in de buurt wordt afgeschreven met het afschrijftermijn van de leidingen en de discontovoet van het energiebedrijf. De totale kosten voor het elektriciteitsnet, de verdisconteerde kosten per jaar en de jaarlijkse onderhoudskosten, worden vermenigvuldigd met een ouderdomsfactor. De ouderdomsfactor is een gewogen gemiddelde voor het aantal woningen met een bouwjaar voor 1900 (factor 2), een bouwjaar tussen 1900 en 1945 (factor 1,5) en een bouwjaar na 1945 (factor 1). Tot slot worden voor all electric opties de totale kosten van

het elektriciteitsnet vermenigvuldigd met een all electric factor (1,5), om rekening te houden de benodigde verzwaring van het net.

Gasnet

De infrastructuur voor gas wordt alleen meegenomen in de berekeningen voor de warmte-opties met gas als warmtedrager. De kosten worden op eenzelfde wijze uitgerekend als voor het elektriciteitsnet, met afwezigheid van de all electric factor.

Warmtenet

Het warmtenet wordt berekend voor de geothermie, wijk-wkk en restwarmte opties. De totale investering in het warmtenet bestaat uit: de aansluiting, de onderstations, de zijleidingen, een hoofdleiding, de warmteoverdrachtstations (WOS) en de transportleiding. Onder de aansluiting vallen de kosten voor het distributienet en de woningaansluiting (warmtewissel, meter, etc.). Er wordt onderscheid gemaakt in de kosten voor grondgebonden en gestapelde woningen en vanwege het distributienet lopen de kosten op naarmate de adressendichtheid afneemt. Het aantal onderstations dat nodig is hangt samen met de aansluitwaarde en gelijktijdigheid van het totaal aan utiliteit en woningen in de buurt. (De kosten voor de onderstations, leidingen en het warmteoverdrachtstation worden evenredig toegekend aan de woningen en utiliteit o.b.v. de verhouding tussen woningen en utiliteit in de buurt.) Voor ieder onderstation is een zijleiding nodig. De zijleidingen komen samen op een hoofdleiding. De kosten voor de leidingen hangen samen met de benodigde capaciteit en de oppervlakte van de buurt. De hoofdleiding is via een warmteoverdrachtstation verbonden met de transportleiding naar de warmtebron. De lengte van de transportleiding is afhankelijk van de oppervlakte van de buurt. Verder wordt onderscheid gemaakt tussen een lokale warmtebron (geothermie en wijk-WKK) of een externe bron (restwarmte) met een langere transportpijp. De totale investering wordt net als bij het gas- en elektriciteitsnet verdisconteerd met het afschrijftermijn van de leidingen en de discontovoet van het energiebedrijf. Samen met de jaarlijkse onderhoudskosten, berekend als een percentage van de investeringen, vormen de verdisconteerde kosten de totale jaarlijkse kosten voor het warmtenet. Net als bij het gas- en elektriciteitsnet wordt er gerekend met een ouderdomsfactor over de totale kosten van het warmtenet.

WKO-net

Voor de WKO-optie is een apart net nodig. Deze bestaat uit de aansluitingen, een hoofdleiding, zijleidingen en een aantal bronnen. De aansluitkosten van het WKO-net zijn gelijk aan die van het warmtenet. Het aantal benodigde bronnen en de capaciteit van de leidingen voor de buurt wordt, net als bij het warmtenet, berekend aan de hand van de totale aansluitwaarde van utiliteit en woningen in de buurt. De totale investering wordt verdisconteerd en opgeteld bij de jaarlijkse onderhoudskosten. De onderhoudskosten zijn ingevoerd als percentages over de investeringsonderdelen van het WKO-net. Tot slot wordt er door middel van de ouderdomsfactor rekening gehouden met de hogere kosten voor de aanleg van het net in bijvoorbeeld historische binnensteden.

C.11 Productie

De productiekosten worden berekend op basis van de totale vraag naar elektriciteit, gas, warmte en biomassa. De energievraag bestaat uit de vraag naar ruimteverwarming, warm tapwater, bijstook met gas, koeling, ventilatie, hulpenergie en energie voor apparatuur en verlichting. De vraag kan worden verminderd door isolatiemaatregelen, maar ook d.m.v. WTW, zonneboilers en

zon-PV. Bij de berekening van de energievraag worden de rendementen van de verschillende installaties in acht genomen. Bij de elektrische warmtepomp varieert het rendement met het energielabel van de woningen of utiliteitbouw.

C.12 Installaties

Onder het onderdeel installatie vallen alle kosten voor de individuele ruimteverwarmingsinstallatie of de uitkoppelingskosten bij de collectieve warmte-opties, de kosten voor de warm tapwatervoorziening, de koelinstallatie het ventilatiesysteem en het afgiftesysteem. De jaarlijkse kosten worden berekend door de totale investering te verdisconteren met het afschrijftermijn van de gebouwinstallaties en de discontovoet van de woningen. Bij de WKO-optie worden extra investeringskosten in rekening gebracht als de woning niet optimaal is geïsoleerd. Deze kosten moeten worden gemaakt om de bron in balans te houden: bij een slechter label zijn de warme/koudevraag steeds slechter in balans.

C.13 Besparing

De gebouwmaatregelen bestaan uit de kosten voor de isolatiemaatregelen per labelsprong en eventuele kosten voor WTW, zonneboilers en zon-PV. Alle gebouwmaatregelen worden afgeschreven met een discontovoet voor de woningen en het afschrijftermijn voor respectievelijk gebouwmaatregelen, zonneboilers en zon-PV.

C.14 Belastingen

Alle kosten die worden gehanteerd in het model zijn exclusief belastingen. Als de belastingen worden meegenomen in de berekeningen worden deze apart uitgerekend. De belasting bestaat uit BTW over alle totale jaarlijkse kosten voor distributie, productie, installaties en gebouwmaatregelen. Daarnaast wordt energiebelasting en opslag duurzame energie (ODE) berekend over het gebruik van gas en elektriciteit. Tot slot wordt de heffingskorting in mindering gebracht op de totale belasting per woning.

C.15 Utiliteit

Voor utiliteit wordt er gerekend met in totaal 3 besparingsniveaus per warmte-optie, dus maximaal 30 berekeningen per buurt. De berekeningen voor de utiliteit gaan op eenzelfde manier als voor de woningen, echter wordt er onderscheid gemaakt tussen de verschillende functies van de utiliteitbouw: kantoren, winkels, gezondheidszorg, logies, onderwijs, bijeenkomst, sport en cel. Verder zijn er een aantal kostenparameters enkel uitgedrukt in een investeringsbedrag per woning. Dit betreft het vaste en variabele deel van de investering in de elektriciteit en gas infrastructuur en de investeringskosten in de individuele ruimteverwarmingsinstallatie, de warm watervoorziening, de koelinstallatie en het ventilatiesysteem. Voor deze kostenparameters wordt aangenomen dat een woningequivalent is aan 150 m² utiliteit.